

### Zeichnerische Ermittlung des Fahrtverlaufs, der Fahrzeit, der Erwärmung und des Verbrauchs für Dampf- und Elektrolokomotiven.

Von Oberbaurat Dr. techn. Franz Nußbaum, Wien.

Hierzu Tafel 1 und 2\*).

Diese Arbeit ist im wesentlichen die auszugsweise Wiedergabe einer vom Verfasser für die Österreichischen Bundesbahnen im Jahre 1923 fertiggestellten Anleitung, welche die praktische Erfassung und wirtschaftliche Ausnutzung der Lokomotiveigenschaften bezweckte. Die Messung der erforderlichen Lokomotivgrößen ist eine Sache für sich und wurde hier weggelassen. Von den elektrischen Lokomotiven ist die Ausführung mit Einphasenreihenschlußmotoren angenommen.

#### I. Bezeichnungen und Beziehungen für Dampf- und Elektrolokomotiven gemeinsam und für Dampflokomotiven allein.

l in km = Abszissen des Längenprofils = Weg, worunter stets die Projektion verstanden wird (zu beachten, weil der Höhenmaßstab gegen den Längenmaßstab groß gewählt wird); daher ist die Steigung = Höhe: Weg = tang des Neigungswinkels, das 1000 fache = Steigung in ‰.

h in m = Ordinaten des Längenprofils.

Das Verfahren setzt das in passendem Maßstab ( $m_l, m_h$ ) gezeichnete Längenprofil voraus, im Bogen zuzüglich des Krümmungswiderstands als Steigung; doch genügt es, bis auf die schwerst zu befahrende Stelle jeder Belastungsstrecke, den Krümmungswiderstand statt örtlich nur durchschnittlich zu berücksichtigen, indem das Längenprofil statt über der Wagrechten einfach über einer Steigung gezeichnet wird, mit der Endhöhe in m = Summe aus Bogenlänge in km  $\times$  Bogenwiderstand in ‰. Wenn besondere Genauigkeit nötig ist, kann noch der günstige Einfluß der Zuglänge Berücksichtigung finden, indem an der schwerst zu befahrenden Stelle die Ecken des Längenprofils in der Länge des Zuges abgerundet werden.

$h_v$  in m = Geschwindigkeitshöhe des Zuges bei der Geschwindigkeit

$v$ ,  $h_v = \frac{\left(\frac{v}{3,6}\right)^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,06$ , wo 1,06 die Trägheit der

umlaufenden Massen berücksichtigt (für Wagen und für gewöhnliche Dampflokomotiven ungefähr gleich); für Züge mit elektrischen und anderen Lokomotiven mit großen umlaufenden Massen ist dieser Faktor etwas größer

$= \frac{\lambda \cdot G_L + 1,06 \cdot G_W}{G_L + G_W}$ , wo  $\lambda = 1,2$  und bedeutend darüber.

Das Verfahren benötigt über dem ganzen Längenprofil die Geschwindigkeitshöhenenteilung für  $v = 5, 15, 25, \dots$ , weshalb in diesen Teilstrecken das Längenprofil nachzuziehen ist, so daß laut Abb. 7, Taf. 1 gleichsam Streifen der mittleren Geschwindigkeit  $v = 0, 10, 20, \dots$  entstehen. Dieser Längenprofilbehelf sollte für alle Strecken, und zwar für beide Fahrtrichtungen von links nach rechts gezeichnet, vervielfältigt vorliegen.

$v$  in km/Std. = Fahrgeschwindigkeit;  $\bar{v}$  = der bei einer gewissen Zugkraft  $Z_i$  dauernd in Betracht kommende Höchstwert.  $Z_i$  in t = indizierte Zugkraft der Dampflokomotive oder »innere« Zugkraft der Elektrolokomotive = Zugkraft der wider-

standslosen Lokomotive in der Wagrechten ohne Beschleunigung.

Für die Dampflokomotive ist  $Z_i$  bei praktisch voller Dauerleistung mit verschiedenen  $v$  nach Abb. 1, Taf. 1 begrenzt durch die Leistungsfähigkeit des Kessels (Kesselgrenze, fallend mit steigendem  $v$  entsprechend der noch wirtschaftlichen Dauerleistung, etwas abhängig von der Brennstoffgüte) und durch die Zugkraft bei größter Zylinderfüllung (Maschinengrenze), ferner auch für vorübergehende Leistungen begrenzt durch die Reibungsgrenze, die in der Regel unter der Maschinengrenze liegt. Über den Brennstoff- und Wasserverbrauch sagt das  $v, Z_i$ -Schaubild nichts aus; zur Beantwortung solcher Fragen dient das vollständige X, Y, Z-Schaubild nach Abb. 4, Taf. 1.

Für die Elektrolokomotive mit Einphasenreihenschlußmotoren ist — zunächst ohne Rücksicht auf die Erwärmung der Motoren oder des Transformators —  $Z_i$  bei verschiedenen  $v$  nach Abb. 2, Taf. 1, begrenzt durch die Leistungsfähigkeit des Kommutators (Kommutierungsgrenze = Grenze dauernd guten Arbeitens und zulässiger Erwärmung; ist zwar nicht ausgeprägt, macht sich aber früher oder später geltend; ist genau genommen eine Stufenlinie entsprechend den Fahrstufen; die erhöhte Grenze für nur vorübergehendes Anfahren und Beschleunigen wird Funkengrenze genannt), für größere oder auch schon mittlere Geschwindigkeiten durch die letzte vorhandene oder zulässige Fahrstufe, ferner wie allgemein, durch die Reibungsgrenze, welche unter der Funkengrenze liegen soll. Weiteres enthält der Abschnitt VI.

Es möge nicht unerwähnt bleiben, daß die Reibungsgrenze, hier auf das Maschineninnere bezogen = Reibungskraft auf den Schienen + Teil des Fahrwiderstandes vom Lokomotivinneren bis zum Umfang der getriebenen Räder, entgegen der gebräuchlichen Darstellung mit  $v$  merklich abnimmt (in  $v = 0$  ist der nur beim Anfahren erreichbare Wert aufzutragen) und mit der Kessel- bzw. Kommutierungsgrenze keine scharfe Ecke, sondern praktisch eine Abrundung bildet (Schnitt zweier schwankenden Grenzen, ungünstige Rückwirkung des Rädergleitens auf die Kessel- bzw. Kommutierungsgrenze); dennoch kann von der Reibungsgeschwindigkeit gesprochen werden, die ungefähr dem Schnittpunkt ohne Abrundung entspricht.

$G_L$  in t = Gewicht der Lokomotive mit Tender und halben Vorräten.

$G_W$  in t = Gewicht des Wagenzuges.

$W_L$  in t = Fahrwiderstand der Lokomotive samt Tender (möglichst zu messen, Formeln sind unsicher).

$W_W$  in t = Fahrwiderstand des Wagenzuges. Benötigt wird die Kenntnis zumindest für Güterzüge mit gemischten Wagen und für Schnellzüge, Personenzüge liegen dazwischen. Im Winter ist der Fahrwiderstand besonders bei kleinen Geschwindigkeiten etwas größer als im Sommer; man rechnet meist mit dem Jahresmittel.

Bei Aufstellung der Belastungstafel einer Lokomotivreihe besteht die Schwierigkeit, daß dieselbe Reihe zur

\*) Auf den Tafeln 1 und 2 sind die Abb. 1 bis 14 mit fortlaufenden Nummern bezeichnet.

Führung verschiedener Zuggattungen dienen kann. Da empfiehlt sich (außer im Flachland) in größerer Annäherung die Verwendung einer einzigen Mittelformel, die für kleine Geschwindigkeiten auf Güterzüge, für mittlere Geschwindigkeiten auf Personenzüge und für große Geschwindigkeiten auf Schnellzüge paßt, in der einfachsten Form

$$W_w = \frac{G_w}{1000} \cdot \left(2 + \frac{v}{30}\right);$$
 für  $v = 0$  ist aber  $W_w$  bedeutend größer, mindestens so groß, wie für  $v = 50$ , bei Anfahrt mit gespanntem Zuge in der Steigung noch darüber.

Da die Vergrößerung des Fahrwiderstandes im Bogen wie gebräuchlich als Steigungszuschlag im Längenprofil Berücksichtigung findet, sind die Fahrwiderstandszahlen für die Gerade zu verstehen. Genau genommen aber ist der Fahrwiderstand im Bogen eine Eigenschaft des Fahrzeugs. (Beispielsweise ist  $W_L$  einer 1 E-Lokomotive in der Geraden größer als einer E-Lokomotive gleichen Achsdruckes, in scharfen Bögen aber umgekehrt.)

$s$  in  $\frac{0}{100}$  = Steigung (vgl. 1), welche die Lokomotive mit der zu führenden Belastung bei irgend einer Geschwindigkeit dauernd überwinden kann.

Aus der Beziehung  $Z_i = \frac{G_L + G_w}{1000} \cdot s + W_L + W_w$

ergibt sich  $s$  zeichnerisch rasch aus einem Rechenbild nach Abb. 3, Taf. 1 (in Abb. 6 mit anderem vereinigt). Es enthält die lotrechte  $Z_i$ ,  $\bar{v}$  — Doppelteilung aus Abb. 1 oder 2, die wagrechte gleichförmige  $(G_L) + G_w$  — Teilung und über ihr die zugehörigen Fahrwiderstände  $W_L + W_w$  im  $Z_i$ -Maßstab. Letztere Teilung ergibt sich, indem in  $G_L$  die der Lokomotive eigentümlichen Werte  $W_L$  und in  $G_L + (G_w$  z. B. = 1000) die Werte  $W_L + W_w = 1000$  aufgetragen und die Wertpunkte desselben  $v$  geradlinig verbunden werden. Auf der Lotrechten ist ferner die gleichförmige  $s$ -Teilung und im Abstand ( $s$ ) der zugehörige Festpunkt verzeichnet. Z. B. ergibt sich für  $G_w = 300$  und  $\bar{v} = 50$  die gestrichelte Steigung  $a$   $b$  (die Parallele aus ( $s$ ) zeigt  $s = 7\frac{1}{2}\frac{0}{100}$ ), für  $Z_i = 0$  (Auslauf) und  $v = 42$  das gestrichelte Gefälle  $g$   $o$ .

$m_1$  mm = 1 km = Längenmaßstab des Längenprofils, der Weg-Zeitlinie, usw.

$m_h$  mm = 1 m = Höhenmaßstab des Längenprofils und der Geschwindigkeitshöhen.

$m_z$  mm = 1 t = Zugkraftmaßstab in Abb. 3.

$m_G$  mm = 1000 t = Gewichtmaßstab für Lokomotive und Wagen in Abb. 3.

Von diesen vier Maßstäben sind drei zu wählen und

der vierte zu rechnen aus  $\frac{m_h}{m_1} = \frac{m_z}{m_G}$ . Zweckmäßig ist  $m_h$

nicht unter 2 und  $m_1$  etwa so groß, daß die Tangente des Neigungswinkels im Profil höchstens = 2 bis 3 wird.

$m_s$  mm =  $1\frac{0}{100}$  Steigung = Steigungsmaßstab in Abb. 3.

( $s$ ) mm = Abstand des Festpunktes zur  $s$ -Teilung in Abb. 3.

Von diesen beiden Größen ist die eine zu wählen und

die andere zu rechnen aus  $\frac{m_h}{m_1} = \frac{m_s}{(s)}$ .

$t$  in min = Zeit.

$m_t$  mm = 1 min = Zeitmaßstab der Weg-Zeitlinie.

$m_v$  mm = 1 km/Std. = Geschwindigkeitsmaßstab in Abb. 6, 12, 13, 14; kann in jedem Rechenbild anders gewählt werden.

( $v$ ) mm = Abstand des Festpunktes zur  $v$ -Teilung in Abb. 6 für das Zeichnen der Weg-Zeitlinie.

Zwei dieser drei Größen sind zu wählen und die

dritte zu rechnen aus  $\frac{60 \cdot m_t}{m_1} = \frac{(v)}{m_v}$ .

$X$  in 1000 000 WE/Std. = stündlicher Brennstoffverbrauch (pro qm Rostfläche, Rostanstrengung genannt).

$Y$  in t/std. = Stündliche Dampferzeugung des Kessels = stündlicher Dampfverbrauch der Dampfmaschine nebst Verlusten und Verbrauch der Bremse + Bedarf der Dampfheizung im Winter.

Verbrennung und Dampferzeugung einer Lokomotive mit Feueranfachung durch den Abdampf stehen praktisch in eindeutigem Zusammenhang, sie sind nahezu unabhängig davon, ob die Maschine die gleiche Dampfmenge mit großer Füllung bei kleiner Fahrgeschwindigkeit oder umgekehrt verbraucht; dies gilt auch bei veränderlichem Blasrohr, wenn es nur bei unzureichender Luftdurchlässigkeit des Feuers oder aber stets in gleicher Weise mit der Kesselbeanspruchung veränderlich angewendet wird. Das den Kessel charakterisierende  $X, Y$ -Schaubild ist sonach eine einzige Kurve, die aber laut Abb. 4 (unten), Taf. 1 von der Güte des Brennstoffes merklich abhängt. Die bei manchen Lokomotiven immerhin feststellbare Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit kann berücksichtigt werden, indem man wie in Abb. 6, Taf. 1 die nahe beieinander liegenden  $X, Y$ -Kurven für  $v$  = Höchstgeschwindigkeit und etwa  $v$  = Reibungsgeschwindigkeit (auf 10 km/Std. abgerundet) zeichnet und im Gebrauch zwischenschaltet. Ferner kommt der Punkt  $Y = 0, v = 0$ , d. i. das Dampfhalten bei Stillstand in Betracht. Die Kurvenform ist mit guter Übereinstimmung eine Ellipse mit lot- und wagrechten Hauptachsen (im Grenzfall eine Parabel), also bei einem gewissen Maßstabverhältnis  $m_x : m_y$  ein Kreis. Durch Teilungen auf der  $Y$ -Achse kann noch der Dampfzustand angegeben werden, d. i. der Druck, und bei Heißdampf noch die Temperatur (bei Nafsdampf eigentlich noch die Dampfmasse), und zwar zweckmäßig im Schieberkasten bei voller (nötigenfalls nicht voller) Regleröffnung gemessen.

Entsprechend der Hintereinanderschaltung von Kessel und Dampfmaschine sind die Ordinaten  $Y$  der Kesselcharakteristik zugleich Abszissen der Dampfmaschinencharakteristik, als deren Ordinaten für vorliegenden Zweck  $Z_i$  aufzutragen ist. Das  $Y, Z_i$ -Schaubild besteht nach Abb. 4 (oben), Taf. 1 aus einer Schar von Kurven, auf welchen noch die etwa ermittelten Füllungsgrade der Steuerung sowie die leicht zu berechnenden wirklichen Füllungsgrade

(=  $\frac{Y}{V \cdot \rho}$ , wo  $V$  = abgelaufener Zylinderinhalt in  $m^3$ /st

und  $\rho$  = spezif. Gewicht in  $t/m^3$  des im zugehörigen Punkt der  $X, Y$ -Achse angegebenen Dampfes) verzeichnet werden können. Im Winter ist der Dampfverbrauch der Heizung angenähert in der Weise zu berücksichtigen, daß die Lotrechten vom oberen ins untere Schaubild um diesen Dampfbedarf nach rechts verschoben werden. Da bei Kälte die Abkühlungsverluste von Kessel und Dampfmaschine größer sind als bei Wärme, wäre richtigerweise ein Sommerschaubild und ein Winterschaubild (bei mittlerem Heizbedarf) aufzustellen.

Mit der Kesselbeanspruchung geht man nur bis zu einem gewissen Punkt der  $X, Y$ -Linie (praktische »Volleistung«),

weil darüber hinaus  $\frac{dY}{dX}$  zu schlecht wird. Für Nafsdampf

geht man etwa bis  $\frac{dY}{dX} = \frac{1}{2} \frac{Y}{X}$ , für Heißdampf noch

weiter, weil die steigende Überhitzung für das Fallen des Wirkungsgrades teilweise entschädigt. Der weitere Verlauf der Kurve wird mehr und mehr unsicher und von der Zeit abhängig, weil die übertriebene Kesselbeanspruchung nicht beliebig andauern kann. Die Lotrechte über dem Volleistungspunkt und andererseits die Reibungsgrenze (bisweilen auch die Maschinengrenze) schneiden die Kurvenschar in verschiedenen Höhen  $Z_i$ , die mit den zugehörigen  $v$  das gebräuchliche Zugkraftschaubild Abb. 1, Taf. 1 ergeben, welches durch diese Darstellung erst vollständig begründet

ist. Bei Annahme des Volleistungspunktes muß auch die Wirtschaftlichkeit der Dampfmaschine, also die Gestalt der Y, Z-Kurven Berücksichtigung finden und es wird bisweilen nötig, den Punkt mit  $v$  veränderlich, also die Grenze in den Y, Z-Kurven abweichend von der Lotrechten anzunehmen.

Die Darstellung X, Y,  $Z_i$  (statt  $Z_i$  auch  $Z = Z_i - W_L$ ) ist besonders für wirtschaftliche Fragen wertvoll, aber auch dann, wenn nur das  $v, Z_i$ -Schaubild einer Lokomotivreihe aufgenommen werden soll. Letztere Arbeit ist bekanntlich recht unsicher, weil nämlich die aufgenommenen Punkte etwas verschiedener Kesselbeanspruchung entsprechen und daher einer Sichtung nach Abb. 4 bedürfen.

Die Kurven gelten für den Dauerzustand und ergeben für das Anfahren einen zu geringen Brennstoffverbrauch, der durch den Zuschlag  $B_0$  zu berücksichtigen ist. Ferner kann noch die Möglichkeit vorübergehend größerer Dampfentnahme bei sinkendem Wasserstand dargestellt werden, indem außer der besprochenen X, Y-Kurve für Kesselnachspeisung = Verbrauch noch die X, Y-Kurve für Nachspeisung = 0 gezeichnet und darauf als Teilung die mögliche Dauer der Dampfentnahme (gerechnet aus dem vollen oder mittleren Wasserstand) verzeichnet wird; die zugehörigen Y, Z-Kurven sind unverändert (für Heißdampf wegen geringerer Überhitzung genau genommen etwas ungünstiger).

$B$  in 1 000 000 W E = Brennstoffverbrauch.  $B_0$  = kleiner Mehrverbrauch gegen die Ermittlung bei jedem Anfahren wegen rascher Leistungssteigerung des Kessels (Mitreißen von Wasser) und insbesondere wegen mehr oder weniger kalter Zylinder; kann angenähert durch das in Abb. 6 (links unten), Taf. 1 enthaltene kleine Schaubild dargestellt werden.  
 $m_B$  mm = 1 Million W E = Brennstoffverbrauchsmaßstab der Weg-Brennstoffverbrauchslinie.

$m_X$  mm = 1 Million W E/Std. = Maßstab des stündlichen Brennstoffverbrauchs in Abb. 4.

$m_Y$  mm = 1 t Wasser/Std. = Maßstab der stündlichen Dampferzeugung in Abb. 4.

Der Maßstab  $m_Y$  ist beliebig und zweckmäßig so groß, daß die X, Y-Ellipse ein Kreis wird. Für die übrigen Maßstäbe gilt die Beziehung  $\frac{m_B}{m_1} = \frac{m_X}{m_Y}$ , so daß entweder  $m_B$  oder  $m_X$  zu wählen bleibt.

## II. Geschwindigkeitshöhenlinie über dem Längenprofil.

Das Verfahren besteht darin, daß über dem Längenprofil (= Linie der wirklichen Steigungen + Krümmungswiderstände) die Linie der möglichen Steigungen  $s$  gezeichnet wird. Der Höhenunterschied der beiden Linienzüge ist die jeweilige Geschwindigkeitshöhe des Zuges. Denn der Steigungsunterschied der beiden Linien dient der Beschleunigung (Verzögerung), so daß der mit dem Steigungsunterschied wachsende Höhenunterschied in Geschwindigkeit umgesetzt wird. Der Beweis ist kaum nötig, mag aber kurz folgen.

Wenn im Wegkilometer 1 der Fahrt die Steigung  $s_1$  kleiner ist, als sie bei der eben vorhandenen Geschwindigkeit  $v$  aus dem Rechenbild Abb. 3, Taf. 1 sein könnte =  $s$ , so kann der Zug so beschleunigt werden, als würde er in einem Gefälle von  $s - s_1$  widerstandslos rollen. Die Beschleunigung ist also  $p = \frac{s - s_1}{1000} \cdot \frac{9,81}{1000} \cdot 3600^2 \text{ km/Std.}^2$  Der Geschwindigkeits-

zuwachs  $dv$  auf einem Wegstückchen  $dl$  km ist  $dv = p \cdot \frac{dl}{v}$ ,

daraus mit dem für  $p$  gefundenen Wert  $\frac{v \cdot dv}{9,81 \cdot 3,6^2} = (s - s_1) \cdot dl$ ,

oder für den Weg von 0 bis 1  $\frac{v^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 3,6^2} = \int_0^1 s \cdot dl$  —

—  $\int_0^1 s_1 \cdot dl$ . Der Ausdruck links ist die Geschwindigkeits-

höhe  $h_v$ , der Ausdruck rechts ist einfach der Höhenunterschied zwischen dem Längenprofil und der Linie der möglichen Steigungen. Letzterer Linienzug kann nach folgender Anleitung absatzweise gezeichnet werden, und zwar sind die angenommenen Geschwindigkeitsstufen von 10 zu 10 km/Std. meist genügend genau.

Arbeitsvorgang: Man entnimmt der Abb. 3, Taf. 1 (siehe Bezeichnung  $s$ ) oder Abb. 6, in welcher die Schau- und Rechenbilder für die Dampflokomotive vereinigt sind, zur angenommenen Belastung z. B.  $G_W = 300 \text{ t}$  die mögliche Steigung für  $v = 0$  und zieht im Längenprofilbehelf Abb. 7, Taf. 1 (siehe Bezeichnung  $h_v$ ), aus dem Ausgangspunkt die Parallele zu dieser Steigungslinie im Streifen  $v = 0$  (in der Zeichnung verschwindend), entnimmt weiter dem Rechenbild die mögliche Steigung für  $v = 10$  und zieht im Längenprofilbehelf weiter die Parallele im Streifen der mittleren Geschwindigkeit  $v = 10$  usf. (zum Beispiel Strecken a b, e f in Abb. 7 parallel a b in Abb. 3). Wenn die Höchstgeschwindigkeit des Zuges (oder der Lokomotive) oder eine an gewissen Stellen niedrigere Grenze der Streckengeschwindigkeit erreicht ist, darf die Lokomotive nicht mehr voll arbeiten (kleineres  $Z_i$  als beim betreffenden  $v$  möglich, kann dem Rechenbild durch die Parallele zur Steigung des Längenprofils an dieser Stelle entnommen werden), bis wieder die volle Arbeit gestattet ist. (Der Linienzug folgt hier dem Profil c d). Die vom Haltepunkt zurückzuziehende Bremslinie ist in der Geschwindigkeitshöhendarstellung gleich wie die Anfahrline ungefähr eine Gerade; ihre Neigung ergibt sich aus einem Dreieck, dessen Grundlinie die Streckenneigung in solcher Länge hat, daß die Projektion 700 m beträgt (angenommener Bremsweg) und dessen lotrechte Seite die Geschwindigkeitshöhe zu der in der betreffenden Neigung gestatteten Höchstgeschwindigkeit ist, weil bei der Höchstgeschwindigkeit der volle Bremsweg in Anspruch genommen wird. Vor dem Bremsweg liegt noch ein Auslaufweg (für Güterzüge lang, für Schnellzüge kurz und bei kürzester Fahrzeit = 0; Abb. 7 ist mit und ohne Auslauf gezeichnet). Falls an ungünstiger Stelle bisweilen anzuhalten ist (Blocksignal), so muß nötigenfalls geprüft werden, ob dort der Zug überhaupt oder genügend rasch anzufahren vermag. — Wenn die so gezeichnete Geschwindigkeitshöhenlinie und die nach Abschnitt III zu findende Fahrzeit entspricht, so ist die Belastung richtig angenommen, andernfalls ist die Arbeit mit anderer Belastung zu wiederholen.

Diese Anleitung bedarf einer praktischen Ergänzung. Wenn die Geschwindigkeitshöhenlinie ziemlich parallel zur Längenprofilinie wird, so sucht man im Rechenbild die mögliche Geschwindigkeit zur jeweiligen Steigung, z. B.  $v = 27$ , zeichnet nach Abb. 5 (oben), Taf. 1 in dieser Geschwindigkeitshöhe die Parallele 1 und sucht für das mittlere  $\bar{v}$  im restlichen

Streifen =  $\frac{27 + 35}{2} = 31$  die Steigung des noch fehlenden

Zwischenstückes 2. Wenn die Geschwindigkeitshöhenlinie nach Abb. 5 (unten) einen Streifen, z. B. für  $v = 30$  nur seitlich von  $v = 35$  bis  $v = 31$  abschneidet, so muß die mögliche

Steigung dieser Stelle nicht  $\bar{v} = 30$ , sondern  $\bar{v} = \frac{31 + 35}{2} = 33$

entsprechen, was durch Probieren zu finden ist. Wenn besondere Genauigkeit verlangt wird, kann mit engeren Streifen also 10 zu 10 km/Std. gearbeitet werden (durch weiteres Nachziehen des Längenprofils in  $v = 10, 20, 30, \dots$ , so daß Streifen der mittleren Geschwindigkeiten  $v = 2^{1/2}, 7^{1/2}, 10^{1/2}, 12^{1/2}, \dots$  km/Std. entstehen, was auch nur örtlich leicht anwendbar ist.

Die so gewonnene Geschwindigkeitshöhenlinie gibt ein sehr gutes Bild des Fahrtverlaufes, z. B. der Bewältigung kürzerer starker Steigungen mit Schwung (maßgebende Steigung = stärkste Steigung der Geschwindigkeitshöhenlinie außer beim Anfahren, bisweilen im Anfahren selbst). Die Fahrgeschwindigkeit ist an jeder Stelle leicht ablesbar, obzwar für die weiteren

Ermittlungen meist nur die klar sichtbaren Bruchpunkte der Geschwindigkeitshöhenlinie benötigt werden.

### III. Weg-Zeitlinie.

Durch Absenken der Brechpunkte der in Abb. 7, Taf. 1 gefundenen Geschwindigkeitshöhenlinie auf eine Wagrechte ergeben sich die mit den mittleren Geschwindigkeiten  $v = (0, 10, 20, 30, 40, 50, 57\frac{1}{2}, 60)$  durchfahrenen Teilwege  $Om, mn, no \dots$  und darnach aus einer Fahrzeittafel oder mit einem anderen denselben Zweck erfüllenden Behelf die Teilfahrzeiten und als Summe die ganze Fahrzeit. Doch empfiehlt sich auch hier der zeichnerische Weg, indem nach der Beziehung  $\frac{dt}{dl} = \frac{v}{v}$  ein in Abb. 6, Taf. 1 mitenthaltenes aus wagrechter  $v$ -Teilung mit Festpunkt ( $v$ ) bestehendes Rechenbild die Steigung der Weg-Zeitlinie von einer Lotrechten zur anderen liefert, woraus sich durch Ziehen der Parallelen die obere Kurve in Abb. 8, Taf. 1 ergibt. Es ist also beispielsweise  $p' q'$  in Abb. 8 parallel ( $v$ ) 50 in Abb. 6 zu ziehen, weil die mittlere Geschwindigkeit im Streckenabschnitt  $p q$  (Abb. 7) 50 km/Std. beträgt. (Das Beispiel zeigt, wie gering die Fahrzeitkürzung und im weiteren wie groß der Brennstoffmehrverbrauch ist, wenn man garnicht auslaufen läßt). Beim Anfahren ist ein Zeitverlust zu berücksichtigen (etwa  $= 0,1 + \frac{G_w}{2000}$  min, in Zugausgangs- und Lokomotivwechselstationen das Doppelte). Die Endordinate ist die Fahrzeit, und zwar wegen der angenommenen vollen Ausnützung der Leistung und der Geschwindigkeitsgrenzen die kürzeste Fahrzeit für die betreffende Belastung. Die Regelfahrzeit wird nach Verkehrsrücksichten von 0 bis etwa 15% länger festgesetzt (durchschnittliche Kürzungsmöglichkeit 10%).

### IV. Weg-Brennstoffverbrauchslinie der Dampflokomotive.

Im Wegelement  $dl$  ist der Brennstoffverbrauch  $dB = X \frac{dl}{v}$ , daraus die Steigung der gesuchten Linie  $\frac{dB}{dl} = \frac{X}{v}$ . Zeichnerisch ergibt sich diese Steigung aus dem in Abb. 6, Taf. 1 mit enthaltenen, nur aus der lotrechten  $X$ -Teilung und der wagrechten  $v$ -Teilung bestehenden Rechenbild, womit die Weg-Brennstoffverbrauchslinie in Abb. 8 Stück für Stück zwischen den Lotrechten aus den Brechpunkten der gefundenen Geschwindigkeitshöhenlinie gezeichnet werden kann. Dabei ist  $X$  größtenteils der zur Volleistung gehörige gleichbleibende Wert. Wo aber wegen einer Geschwindigkeitsbegrenzung die Lokomotive nicht voll arbeitet (vorübergehend kann auch übermäßige Arbeit angenommen werden), ist in Abb. 6 links das in der betreffenden Neigung nötige  $Z_i$  und rechts wagrecht, lotrecht und wieder wagrecht das erforderliche  $X$  zu finden; die Verbindungslinie dieses  $X$ -wertes mit der Geschwindigkeit liefert die Steigung der Brennstofflinie für die Strecke verminderter Leistung. Für die nicht arbeitende Lokomotive gilt der kleine Wert  $X$  zu  $Y = 0$ ; dieser Wert für  $v = 0$  gilt für das Dampfhalten bei Stillstand, ist also mit dem Aufenthalt in Stunden zu multiplizieren. Der Mehrverbrauch  $B_0$  beim Anfahren wird einfach im Anfangspunkt aufgetragen.

Diese Ermittlung ist sehr geeignet, wenn z. B. herausgefunden werden soll, welche Belastung und Fahrzeit in einer bestimmten Strecke die geringsten Brennstoffkosten oder die geringsten gesamten Betriebskosten für die beförderte  $t$  ergibt. An dem Zwecke kann mit Hilfe der Abb. 6, Taf. 1 die Geschwindigkeitshöhenlinie und die Fahrzeit- und Brennstoffverbrauchslinie nicht nur für verschiedene Belastungen, sondern auch für verschiedene Kesselanstrengungen (Verschiebung des Volleistungspunktes, also andere  $v$ -Teilung) gezeichnet werden; für jede Zunahme sind die sich ergebenden Kosten durch die beförderte Tonnanzahl zu dividieren.

### V. Weitere Bezeichnungen und Beziehungen für Elektrolokomotiven.

$\frac{M}{T}$  Zeichen für Motor und Transformator.

$u$  in  $^{\circ}C$  = Übertemperatur gegen die kühlende Luft im gefährdetsten Punkte.

$\Theta$  in  $^{\circ}C/Std.$  = Wärmung, = Temperaturzunahme mit der Zeit, wenn keine Wärme abgeführt würde.

Auf die Temperaturverteilung wird hier nicht eingegangen, daher ist mit dem für den gefährdetsten Punkt geltenden  $\Theta$  und nicht mit dem stets kleineren Durchschnittswert zu rechnen.

$\Theta$  entspricht dem Leistungsverlust  $N$  und hat — zwar für einen bestimmten Punkt nur angenähert — den Verlauf wie in Abb. 10 und 11 auf Taf. 2 dargestellt, beim Motor noch mit einem von den mechanischen Verlusten (Bürstenreibung) herrührenden Zuschlag proportional  $v$ , also  $\Theta_M = c_M \cdot N_M + C_M \cdot v$ ,  $\Theta_T = c_T \cdot N_T$ , wo  $c_M, C_M$  und  $c_T$  Festwerte bedeuten. (Wenn außer der Erwärmung im Motorinneren noch die des Kollektors zu verfolgen ist, so gilt für diesen  $\Theta_K = c_K \cdot N_M + C_K \cdot v$ , wo  $c_K$  und  $C_K$  weitere Festwerte sind.)

$\vartheta \cdot u$  in  $^{\circ}C/Std.$  = Kühlung, = Temperaturabnahme mit der Zeit, wenn keine Wärme zugeführt wird; in dieser Form geschrieben, weil proportional  $u$ . In der Literatur ist gebräuchlich  $\frac{1}{g}$  in Std. = thermische Zeitkonstante

$\vartheta_M$  wächst etwa mit  $\sqrt{\text{Luftgeschw. im Motor} + \text{Festwert}}$ , also bei bloßer Eigenlüftung mit  $\sqrt{v + k}$ . Bei der heute gebräuchlichen kräftigen Fremdlüftung ist die  $\vartheta_M$ -Kurve nach Abb. 9, Taf. 2 nur wenig ansteigend, bisweilen wohl auch fallend, und es wird oft die Annäherung hinreichen

$\vartheta_M = \vartheta_{M_0} + \vartheta'_M \cdot \frac{v}{100}$ , wo  $\vartheta_{M_0}$  und  $\vartheta'_M$  Festwerte sind.

$\vartheta_T$  hat nach Abb. 9 einen ähnlichen Verlauf wie  $\vartheta_M$  und es wird bei Fremdlüftung auch oft die Annäherung genügen  $\vartheta_T = \vartheta_{T_0} + \vartheta'_T \cdot \frac{v}{100}$ , wo  $\vartheta_{T_0}$  und  $\vartheta'_T$  Festwerte sind.

$m_u$  mm = 1  $^{\circ}C$  = Temperaturmaßstab der Weg-Übertemperaturlinie.

$m_{\Theta}$  mm = 1  $^{\circ}C/Std.$  =  $\Theta$  und  $\vartheta \cdot u$  = Maßstab in Abb. 12 und 13.

Die Maßstäbe sind verknüpft durch die Beziehung

$\frac{m_u}{m_1} = \frac{m_{\Theta}}{m_v}$ ;  $m_1$  ist der gleiche Maßstab wie im Längen-

profil,  $m_v$  zweckmäßig gleich dem in Abb. 6, Taf. 1, so daß  $m_u$  oder  $m_{\Theta}$  frei zu wählen bleibt.

$A$  in kWh = verbrauchte Arbeit der elektrischen Lokomotive (Umrechnung: 1 kmt = 2,725 kWh).

$N_M$  in kW = Leistungsverlust der Motoren ohne mechanische Verluste; letztere sind im Fahrwiderstand der Lokomotive berücksichtigt.

Beim Reihenschlußmotor gehört zu jedem Wert der Ankerstromstärke eine bestimmte Ankerumfangskraft und ein bestimmter Verlust, also zu jedem  $Z_i$  ein bestimmtes  $N_M$  nach Abb. 10, praktisch unabhängig von der Drehzahl. Dafs die Schaltung eigentlich stufenweise erfolgt, kann wegen der beträchtlichen Stufenzahl hier außer Betracht bleiben.

$N_T$  in kW = Leistungsverlust des Stufentransformators = 1) Verluste in der Primärwicklung + 2) Eisenverluste + 3) Verluste in der Sekundärwicklung.

1) wächst quadratisch mit der primären Stromstärke und diese in gewisser Weise mit der weitergegebenen Leistung; diese ist = 2) + 3) +  $N_{II} + N_M + 2,725 \cdot v \cdot Z_i$ .

2) ist von der Belastung praktisch unabhängig.

3) wächst quadratisch mit der sekundären Stromstärke; diese ist in dem auf die Hilfsbetriebe und die Heizung

treffenden Teil unveränderlich (bisweilen eigener Heiztransformator), dagegen im Hauptteil für die Motoren proportional der Zugkraft, ferner ist der Widerstand veränderlich mit der sekundären Windungszahl und diese ungefähr proportional  $v$  (genau genommen stufenweise Schaltung, wie bei  $N_M$  erwähnt). Zusammengefaßt wächst  $N_T$  in nicht einfacher Weise mit  $Z_i$  und  $v$ , aber in brauchbarer Annäherung irgendwie mit der Leistung  $v \cdot Z_i$  nach Abb. 11, Taf. 2 für unseren Zweck hinreichend:  $N_T = N_{T_0} + N'_T \cdot \frac{v}{100} \cdot Z_i$ , wo  $N_{T_0}$  und  $N'_T$  Festwerte sind.

$N_H$  in kW = Leistungsbedarf der Hilfsbetriebe und besonders der elektrischen Zugheizung, ist ein je nach dem Heizbedarf verschiedener Festwert.

$m_A$  mm = 1 kWh = Arbeitsmaßstab der Weg-Arbeitsverbrauchsline.

$m_N$  mm = 1 kW = Leistungsmaßstab in Abb. 14, Taf. 2.

Die Maßstäbe sind verknüpft durch die Beziehung

$\frac{m_A}{m_1} = \frac{m_N}{m_v}$ ;  $m_1$  ist das gleiche wie im Längenprofil,  $m_v$  ist zweckmäßig das gleiche wie in Abb. 6, 12, 13, so daß noch  $m_A$  oder  $m_N$  frei zu wählen bleibt.

## VI. Weg-Übertemperaturlinien der Elektrolokomotive.

Für Elektrolokomotiven mit Einphasenreihenschlußmotoren ergibt sich mit dem Zugkraftschaubild Abb. 2, Taf. 1 und dem Rechenbild Abb. 3, Taf. 1 zu einer angenehmen Belastung die Geschwindigkeitshöhenlinie über dem Längenprofil in gleicher Weise wie nach Abb. 7, Taf. 1 für die Dampflokomotive. Wenn bei letzterer die Geschwindigkeitshöhenlinie und die Fahrzeit befriedigt, so ist die Belastung richtig gewählt, während bei der elektrischen Lokomotive oft erst geprüft werden muß, ob die Motoren und bei langer Anstrengung auch der Transformator nicht zu heiß werden; letztere Überprüfung ist besonders bei hoher Heizleistung ohne eigenen Transformator ratsam. Mit der im Winter zwar zulässigen höheren Übertemperatur rechnet man besser nicht, um für den Fall bedeutend erhöhten Fahrwiderstandes infolge Schnees eine Reserve zu haben. Die Untersuchung wird wieder zeichnerisch vorgenommen:

In der dem Wegelement  $dl$  entsprechenden Zeit  $\frac{dl}{v}$  ist die Änderung der Übertemperatur sowohl für den Motor, als auch für den Transformator  $du = (\Theta - \vartheta \cdot u) \cdot \frac{dl}{v}$  und daraus

die Neigung der gesuchten Linie  $\frac{du}{dl} = \frac{\Theta - \vartheta \cdot u}{v}$ . Zeichnerisch

ist diese Neigung dem Rechenbild Abb. 12 bzw. 13, Taf. 2 leicht zu entnehmen und ergibt, ausgehend von der bis zu diesem Haltepunkt erreichten und etwa durch Aufenthalt herabgesetzten Übertemperatur, Stück für Stück zwischen den Lotrechten aus den Brechpunkten der Geschwindigkeitshöhenlinie (vgl. Abb. 8, Taf. 1) die gesuchte Übertemperaturlinie.

Das Rechenbild für die Erwärmung des Motors Abb. 12 enthält lotrecht die Doppelteilung  $\Theta_M - C_M \cdot v$  und  $Z_i$  aus Abb. 10 und zum bequemeren Arbeiten als dritte Teilung die zu  $Z_i$  gehörigen  $\bar{v}$  aus Abb. 2, Taf. 1 wagrecht und um  $C_M \cdot v$  nach abwärts verschoben die  $v$ -Teilung und über deren Teilstrichen die zugehörigen  $\vartheta_M \cdot u$  im  $\Theta_M$ -Maßstab in richtigen Kurven oder in angenäherten Geraden. Als Beispiel ist die Neigung für  $\bar{v} = 30$  und  $u = 16$ , ferner für den Auslauf  $Z_i = 0$  mit  $v = 50$  und  $u = 63$  gestrichelt gezeichnet.

Diesem Rechenbild ist ohne weiteres die zulässige Dauerzugkraft für die höchstzulässige Motorübertemperatur z. B.  $\bar{u} = 70^\circ$  zu entnehmen, indem man die den Punkten  $u = 70$  und  $v = 10, 20, 30, \dots$  zugehörigen  $Z_i$  abliest. In das Zugkraftschaubild Abb. 2 eingetragen zeigt sich bei

bloßer Eigenlüftung eine steigende, bei Fremdlüftung und beträchtlicher Bürstenreibung eine mäßig fallende Kurve. Etwas umständlicher findet man die Einstundenzugkraft, bei der nämlich bei gleichbleibender Geschwindigkeit die Übertemperatur von  $u = 0$  in einer Stunde auf  $u = \bar{u}$  z. B.  $= 70$  steigt, indem man die Zeit-Übertemperaturlinie für eine zunächst schätzungsweise angenommene Zugkraft zeichnet und diese Arbeit mit einem richtigeren Wert wiederholt. (Auf richtige Maße achten: z. B. für  $v = 30$  wagrecht 1 Std. = 30 km Weg =  $30 \times 40 = 1200$  mm, lotrecht  $10^\circ C = 100$  mm, z. B. zehnfach verkleinert 1 Std. = 120 mm und  $10^\circ C = 10$  mm.)

Das Rechenbild für die Erwärmung des Transformators Abb. 13, Taf. 2 enthält wagrecht die  $v$ -Teilung und darüber  $\vartheta_T \cdot u$  im  $\Theta_T$ -Maßstab in richtigen Kurven oder angenäherten Geraden, lotrecht  $\Theta_T$  (angenommener Maßstab doppelt so groß wie in Abb. 12). Die zu  $\Theta_T$  gehörigen  $Z_i$  aus Abb. 11 hängen von  $v$  ab, also wären lotrecht  $Z_i$ -Teilungen für  $v = 10, 20, 30, \dots$  nötig. Wird aber die Kurve in Abb. 11 durch eine mittlere Gerade ersetzt, so genügt eine  $Z_i$ -Teilung z. B. für  $v = 60$ ; die zu  $Z_i$  gehörigen  $v$  können wie sonst aus Abb. 2 aufgetragen werden. Um die Neigung z. B. für  $\bar{v} = 40$  und  $u = 53$  zu finden, ist durch den Punkt  $v = 40, u = 53$  und den Festpunkt  $\Theta_{T_0}$  eine Gerade zu legen und deren Schnittpunkt in der Lotrechten  $v = 60$  mit dem Punkt  $\bar{v} = 40$  zu verbinden. Beweis:

$$\text{Mit } \Theta_T = \Theta_{T_0} + \Theta'_T \cdot \frac{v}{100} \cdot Z_i \text{ ist}$$

$$\frac{du}{dl} = \frac{\Theta_{T_0} - \vartheta_T \cdot u}{v} + \frac{60 \cdot \Theta'_T \cdot Z_i}{v = 60}$$

Diesem Rechenbild kann ohne weiteres die zulässige Dauerzugkraft des Transformators für eine höchstzulässige Übertemperatur  $\bar{u}$  z. B.  $= 70$  entnommen werden, indem man aus den Punkten  $\bar{u} = 70$  und  $v = 10, 20, 30, \dots$  Strahlen zum Festpunkt  $\Theta_{T_0}$  zieht und die zu den Schnittpunkten in der Lotrechten  $v = 60$  gehörigen  $Z_i$  abliest. In das Zugkraftschaubild eingetragen zeigt sich eine der Kommutierungsgrenze ähnliche, aber oft weit von ihr abweichende Kurve. Die Einstundenzugkraftlinie des Transformators liegt meist außerhalb der vorkommenden Beanspruchungen.

Die Abkühlung während eines Aufenthaltes entnimmt man der leicht zu zeichnenden Zeit-Abkühlungslinie des Motors bzw. des Transformators. Mit  $\Theta = 0$  und  $v = 0$  ist  $du = -\vartheta_0 \cdot u \cdot \frac{dt}{60}$ , also die Neigung  $\frac{du}{dt} = -\frac{\vartheta_0}{60} u$ , womit sich eine gleichbleibende Subtangente, also die einfache Exponentialkurve ergibt.

## VII. Weg-Arbeitsverbrauchsline der Elektrolokomotive.

Der Arbeitsverbrauch ab Bügel beträgt im Wege  $dl$   $dA = (N_M + N_H + N_T) \cdot \frac{dl}{v} + 2,725 \cdot Z_i \cdot dl$ , daraus ist mit

der Annäherung  $N_T = N_{T_0} + N'_T \cdot \frac{v}{100} \cdot Z_i$  die Neigung der gesuchten Linie  $\frac{dA}{dl} = \frac{N_M + N_H + N_{T_0}}{v} + \left( \frac{N'_T}{100} + 2,725 \right) \cdot Z_i$ .

Zeichnerisch kann diese Neigung dem Rechenbild Abb. 14, Taf. 2 entnommen werden und ergibt Stück für Stück zwischen den Lotrechten aus den Brechpunkten der Geschwindigkeitshöhenlinie die gesuchte Arbeitsverbrauchsline.

Das Rechenbild für den Arbeitsverbrauch Abb. 14 enthält wagrecht die  $v$ -Teilung und lotrecht auf und ab die  $N$ -Teilung, und zwar abwärts  $N_M$  bzw. die entsprechende  $Z_i$ -Teilung aus Abb. 10 und wie sonst die  $Z_i$  entsprechende  $v$ -Teilung aus Abb. 2, Taf. 1, ferner zur Bequemlichkeit ein Netz von Wagrechten und Lotrechten, aufwärts

$N_H + N_{T0} + \left(\frac{N'_T}{100} + 2,725\right) \cdot v \cdot Z_i$ , und zwar genügt wie in Abb. 13, die entsprechende  $Z_i$ -Teilung für nur einen Wert  $v$  z. B. = 30 (in Abb. 13, Taf. 2 ist  $v = 60$  gewählt), dazu wie sonst die zu  $Z_i$  gehörige  $\bar{v}$ -Teilung aus Abb. 2, Taf. 1. Um z. B. die Neigung für  $\bar{v} = 40$  ( $Z_i = 5$ ) zu finden, ist durch den Punkt  $v = 40$  im Netz und den Festpunkt  $N_H + N_{T0}$  eine Gerade zu legen und deren Schnittpunkt in der Lotrechten  $v = 30$  mit dem Punkt  $\bar{v} = 40$  der oberen Teilung zu verbinden.

In Aufenthalt ist der Arbeitsverbrauch =  $(N_H + N_{T0}) \cdot \frac{t}{60}$ .

Zu dem so ermittelten Verbrauch ab Bügel ist je nach der Fragestellung noch der Verlust in den Leitungs- und Umformungsanlagen oder auch noch die Krafterzeugung in Betracht zu ziehen. Da aber die Verzinsung und Tilgung der Anlagekosten meist eine überwiegende Rolle spielt, ist die genaue Ermittlung des Arbeitsverbrauches der Elektrolokomotive grösserenteils nicht so sehr wichtig, als die eingehende Verfolgung des Brennstoffverbrauches der Dampflokomotive.

## Die Dampf-, Öl- und Druckluftlokomotiven auf der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin.

Von Oberregierungsbaurat a. D. R. P. Wagner, Mitglied des Eisenbahn-Zentralamtes Berlin.

### A. Einleitung.

Wohl bei keiner früheren Ausstellung von Eisenbahnfahrzeugen, mag es sich um Sonderausstellungen oder um Teilgebiete allgemeiner Weltausstellungen handeln, ist eine solche grosse Zahl von Lokomotiven ausgestellt worden, als bei der in Seddin im Zusammenhang mit der Eisenbahntechnischen Tagung im September und Oktober ds. Js. veranstalteten Ausstellung. Die Zahl an Vollbahndampflokomotiven betrug 22, an Neben- und Kleinbahnlokomotiven 24, an Diesellokomotiven für verschiedene Verwendungszwecke 9. Dazu kommen drucklufterlektrische und Sonderlokomotiven. Demgegenüber waren auf der Ausstellung in Brüssel 1910 nur 57, in Mailand 1906 52, in St. Louis 1904 39 Lokomotiven ausgestellt. Freilich ist das Bild des in Seddin ausgestellten Lokomotivparks nicht so vielfarbig, wie es auf den genannten Ausstellungen war, denn während dort Lokomotiven aus verschiedenen Ländern zu sehen waren, enthielt die Seddiner Ausstellung nur in Deutschland gebaute und — mit geringen Ausnahmen — für die Deutsche Reichsbahn bestimmte Lokomotiven. Eine österreichische 2 D Lokomotive deren Ausstellung beabsichtigt war, konnte leider nicht rechtzeitig fertig gestellt werden. Aber doch ist die Ausstellung nach mancher Hinsicht nicht nur ein Markstein, sondern ein Meilenstein der Entwicklung. Die Dampf-Kolbenlokomotive beherrscht nicht mehr allein das Feld. Das Auftreten der elektrischen Lokomotive, die auf der Ausstellung stark vertreten war, sei hier nur gestreift, denn für den Wettbewerb zwischen Dampf- und elektrischen Lokomotiven sind weitausgreifende, teilweise auf nichttechnischem Gebiete liegende Fragen bestimmend. Was die Seddiner Ausstellung als Zukunftsanal so hervortreten läßt, ist vielmehr das Auftreten der mit der Dampflokomotive den Vorzug des unabhängigen Energieträgers teilenden Turbolokomotive und der Diesellokomotive, die beide an dem schwachen Punkte der Dampf-Kolbenlokomotive altgewohnter Bauart, ihren schlechten thermischen Wirkungsgrad einsetzen. Welcher Erfolg diesen Neuerscheinungen beschieden sein wird, läßt sich ja noch keineswegs angeben. Für ortfesten Antrieb geht ja die Verwendung der Kondensation im Dampfbetrieb auf alte Zeiten zurück und die Dieselmachine hat sich zu einer hochwirtschaftlichen betriebssicheren Maschine für diese Zwecke entwickelt. Die konstruktive Ausführungsmöglichkeit für die hinsichtlich Raum und Gewicht so sehr beschränkte Lokomotive haben die Erbauer ja gezeigt. Ob die Anpassung an die ausserordentlich schwierigen Betriebsbedingungen: bald eine höchste Zugkraft auf schwieriger Strecke, bald schnellste Fahrt bei voller Kraft, das einermal eine Fahrt mit wenigen Wagen, das anderemal Schleppen eines vollausgelasteten Zuges, — befriedigend und wirtschaftlich erfüllt werden kann, ob die gerade im Eisenbahnbetrieb erforderliche höchste Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit gewährleistet ist, in welcher Weise sich die verwickelten Einrichtungen in der Unterhaltung der Fahrzeuge auswirken —, das alles sind Fragen, die vorerst noch ihrer Beantwortung harren. Aber selbstverständlich; ohne Versuch werden sie nie

gelöst werden und darum kann es nur lebhaft begrüßt werden, wenn die den Fortschritt bergenden Gedanken in die Tat umgesetzt werden.

### B. Schnell- und Personenzuglokomotiven.

Auf der Ausstellung waren die in Zusammenstellung 1 aufgeführten 7 Schnell- und Personenzugmaschinen zu besichtigen, von denen 1—3 und 6—7 der Reichsbahn gehören und 5 nach Ablauf der Versuche übernommen werden soll. Laufende Nummer 1—5 sind ausgesprochene Schnellzuglokomotiven. Die Vielfältigkeit ergibt sich aus der Verschiedenheit der bisherigen Länderbauarten.

Zusammenstellung 1.

	1	2	3	4	5	6	7
	2 C 1 - h 4 v Sz.-Lok. D. R. G. S 36 17 (Bad. IV h) Maffei	2 C 1 - h 4 v Sz.-Lok. D. R. G. S 36 17 (Bayr. S 36) Maffei	1 D 1 - h 4 v D. R. G. S 46 17 (Sächs. XX HV) Hartmann	2 C 1 - Turbo-Heißdampf- Kondensations-Lokom. Krupp	2 C 1 - h 4 Sz.-Lok. Jug. slavien Schwarzkopf	1 D 1 - h 3 Pz.-Lok. D. R. G. P 46 19 (Preuss. P 10) Borsig	2 C 0 - h 2 Pz.-Lok. D. R. G. P 35 17 (Preuss. P 8) Hohenzollern, Linke- Hofmann E. A. W. Darnst.
Zylinder- durchmesser dH	2×440	2×425	2×480	Turbinen- antrieb	4×410	3×520	2×575
Zylinder- durchmesser dN	2×680	2×650	2×720		—	—	—
Verhältnis dN/dH	1:2,39	1:2,57	1:2,25		—	—	—
Kolbenhub s . . .	680	610/670	630	—	650	660	630
Triebrad- durchmesser D .	2100	1870	1905	1650	1850	1750	1750
Kesselüberdruck p	15	15	15	15	12	14	12
Rostfläche R . . .	5,0	4,5	4,5	3,1	3,0	4,0	2,64
Heizfläche der Feuerbüchse H <sub>b</sub>	15,6	14,36	15,46	—	15,06	17,51	14,58
Heizfläche der Rohre H <sub>r</sub> . . . .	209,2	200,84	209,66	—	111,45	203	130,38
Gesamte Heizfläche f <sub>H</sub> .	224,8	215,2	225,12	162	126,51	220,51	144,96
Überhitzer- heizfläche H <sub>ü</sub> .	77,6	62	74	66	38,55	82	58,9
Leergewicht G <sub>l</sub> .	87,5	86,4	90,3	~ 106	62,8	100,4	70,7
Dienstgewicht G <sub>d</sub>	97	94,1	99,9	~ 115	69,2	110,4	78,2
Reibungs- gewicht G <sub>r</sub> . . .	53,4	52,9	68,6	—	45,3	75,7	51,6
Grösste Geschwind. V <sub>gr</sub>	100	120	100	100	—	100	100
fH/R . . . . .	45	47,8	50	52,25	42,2	55,2	54,9
H <sub>ü</sub> /fH . . . . .	0,345	0,288	0,329	0,4075	0,304	0,372	0,406
Zugkraft- konstante C <sub>1</sub> . .	1497	1515	1716	—	1181	1530	1190
Zugkraft Z <sub>i</sub> *) . . .	8980	9100	10300	—	7090	10700	7140
Z <sub>i</sub> /G <sub>r</sub> . . . . .	168,1	172	150	—	156,5	141,3	138,5
J **) . . . . .	494	445	513	—	343	420	327
J/fH . . . . .	2,195	2,07	2,28	—	2,71	1,905	2,257
J/R . . . . .	98,8	99	114	—	114,4	105	124

\*)  $Z_i = p m C_1$ , worin  $p m = 0,4 p$  bei Verbundlokomotiven = 0,5 p bei Lokomotiven mit einfacher Expansion.  
\*\*) J = Gesamthalt aller Auspuffzylinder.

Als geeignetste Bauart für die Flachlandschnellzuglokomotive darf für deutsche Betriebsverhältnisse auch für die nächste Zukunft die 2 C 1 Lokomotive bezeichnet werden. Sie erlaubt den ungehinderten Ausbau einer Feuerbüchse für Leistungen bis 2500 PS<sub>i</sub> bei Achsdrücken bis 20 t und bis etwa 2000 PS<sub>i</sub> bei 17 t Achsdruck. Die Bauart ist schon frühzeitig in schönen Bauformen von der Lokomotivfabrik Maffei, München entwickelt worden und durch die Nummern 1 und 2 der Zusammenstellung vertreten.

Die Nr. 1, die badische Type S 36.17 (früher IV h, Abb. 1) ist eine ausgesprochene Flachlandmaschine mit 2100 mm Treibraddurchmesser, bestimmt für den durchgehenden schweren Schnellzugverkehr auf den etwa 300 km langen Strecken Mannheim bzw. Heidelberg—Basel und für hohe Geschwindigkeiten. Sie wurde in den Abmessungen der Zusammenstellung 1 erstmals im Jahre 1918 beschafft, und folgte der

auf 2100 mm vergrößert. Die Lokomotive ist mit einem Speisewasservorwärmer Bauart Wehrle, einer Kolbenspeisepumpe Bauart Knorr und einer selbsttätigen Vorrichtung zur Verhütung des Kaltspaisens bei geschlossenem Regler versehen. Der Tender hat vier Achsen, wovon die beiden vorderen in einem Drehgestell vereinigt sind, während die zwei hinteren Achsen, um den Gesamtradstand zu verringern, fest im Tenderhaupttrahmen gelagert sind (sog. bayerischer Tender). Die vorletzte Achse hat geschwächte Spurkränze. Bemerkenswert an der Maschine ist die ungewöhnlich große Rostfläche von 5 qm ( $fH/R = 45$ , bei der vorausgegangenen Lokomotive noch 4,5 qm), die trotz Vorhandenseins eines Spindelkipprostes für nötig erachtet wurde, um 300 km ohne Verminderung der Dampflieferung zu durchfahren. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß eine derartige Maschine bei geringer Belastung und Ruhe im Feuer recht große Kohlenmengen verbraucht und so die Gesamt-

Abb. 1. 2 C 1-h 4 v Schnellzuglokomotive der vorm. Badischen Staatsbahn (IV. h) D. R. G. S 36.17.

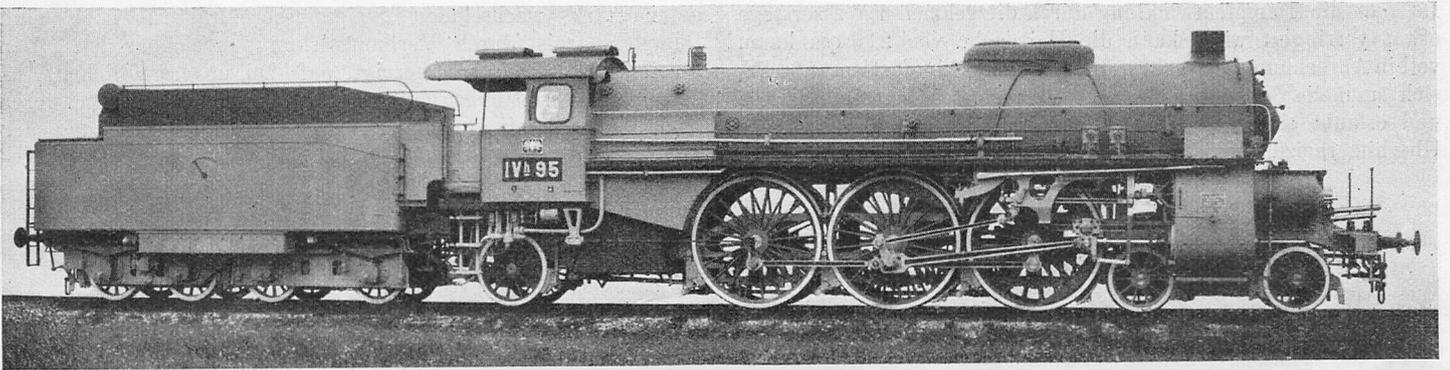
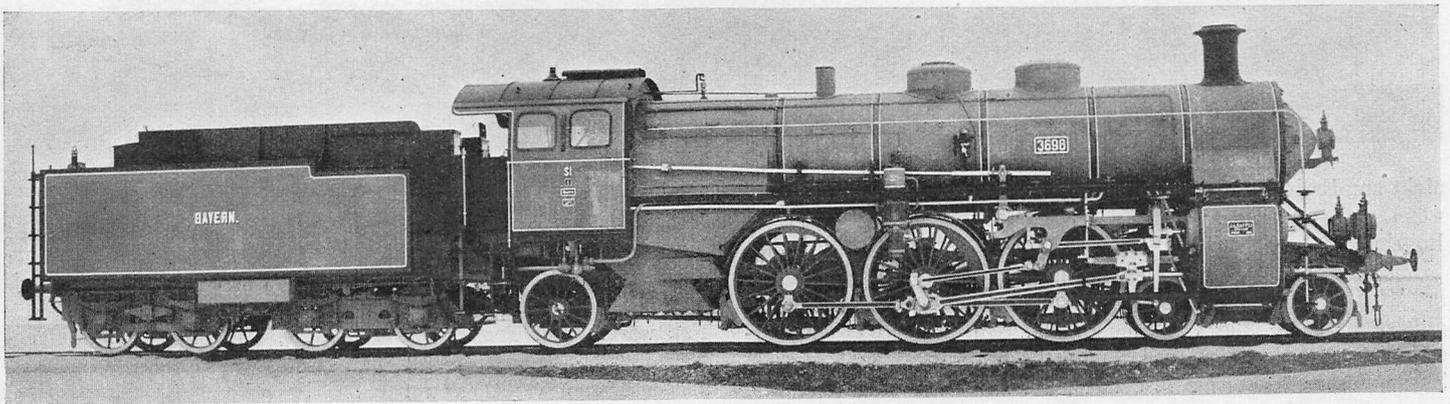


Abb. 2. 2 C 1-h 4 v Schnellzuglokomotive der vorm. Bayerischen Staatsbahn (S 3/6) D. R. G. S 36.17.



im Jahre 1908 für die badischen Staatsbahnen beschafften, auch für Gebirgsstrecken verwendbaren, 2 C 1 Lokomotive, der ersten in Deutschland, nach\*). Es ist eine Vierzylinder-Heißdampf-Verbundlokomotive, deren innen liegende Hochdruckzylinder auf die erste gekuppelte Achse und deren außen liegende Niederdruckzylinder auf die zweite gekuppelte Achse arbeiten. Jeder Zylinder besitzt einen eigenen Kolbenschieber, welche hintereinander auf einer gemeinsamen Schieberstange angeordnet sind, so daß auf jeder Maschinenseite nur eine einzige äußere Steuerung vorhanden ist. Die Lokomotive unterscheidet sich von ihrer Vorgängerin vor allem in einer Vergrößerung des Reibungsgewichtes von 49,6 t auf 53,4 t (Achsdruk also fast 18 t) und der Heizfläche (verdampfende H 224,8 gegen 208,7 qm, Überhitzerheizfläche 77,6 qm gegen 50,0 qm). Der Durchmesser der Triebräder wurde von 1800

\*) Organ 1908, S. 141.

wirtschaft herabzieht. Bei strenger Durchführung niedriger Feuerhaltung hätten sich die mit der Lokomotive erreichbaren 2200 PS<sub>i</sub> mit etwa 4,2 qm Rostfläche erreichen lassen.

Hiervon abgesehen ist die Lokomotive in allen Abmessungen gut abgestimmt und recht leistungsfähig.

Der IVh ähnlich, jedoch in allen Abmessungen etwas kleiner, ist die ebenfalls von Maffei entworfene und gebaute bayerische 2 C 1 Lokomotive der Gattung S 36.17 (früher S 3/6 Abb. 2). Sie wurde erstmals im Jahre 1908 kurz nach der oben erwähnten ersten badischen Lokomotive gebaut. Die ausgestellte Lokomotive zeigt die allerneueste Ausführung. Es ist eine Vierzylinder-Heißdampf-Verbundlokomotive, deren sämtliche Zylinder auf die zweite gekuppelte Achse arbeiten. Jeder Zylinder besitzt einen eigenen Kolbenschieber, jedoch werden die Schieber je eines Hoch- und Niederdruckzylinders von einer einzigen äußeren Steuerung angetrieben. Die Lokomotive ist

mit einem Speisewasservorwärmer, Bauart Maffei, Kolben- speisepumpe und selbsttätiger Vorrichtung zur Verhütung des Kaltspeisens bei geschlossenem Regler versehen. Die Um- steuerung wird durch eine einfache Hilfsvorrichtung wesentlich erleichtert. Der Tender hat vier Achsen, wovon die beiden vorderen in einem Drehgestell vereinigt sind, während die zwei hinteren Achsen fest im Tenderhauptrahmen gelagert sind.

Die Lokomotive ist keine reine Flachlandmaschine mehr, sondern durch ihren Treibraddurchmesser von 1870 mm dem Dienst auf Hügellandstrecken angepaßt. Allerdings ist sie ebenso wie die bisherigen preussischen 2 C-Schnellzuglokomotiven ähnlichen Reibungsgewichtes (die als veraltet nicht mehr aus- gestellt wurden) zur Beförderung der jetzt üblichen Schnellzüge von 540—580 t auf 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> Steigung nicht mehr völlig zu- reichend.

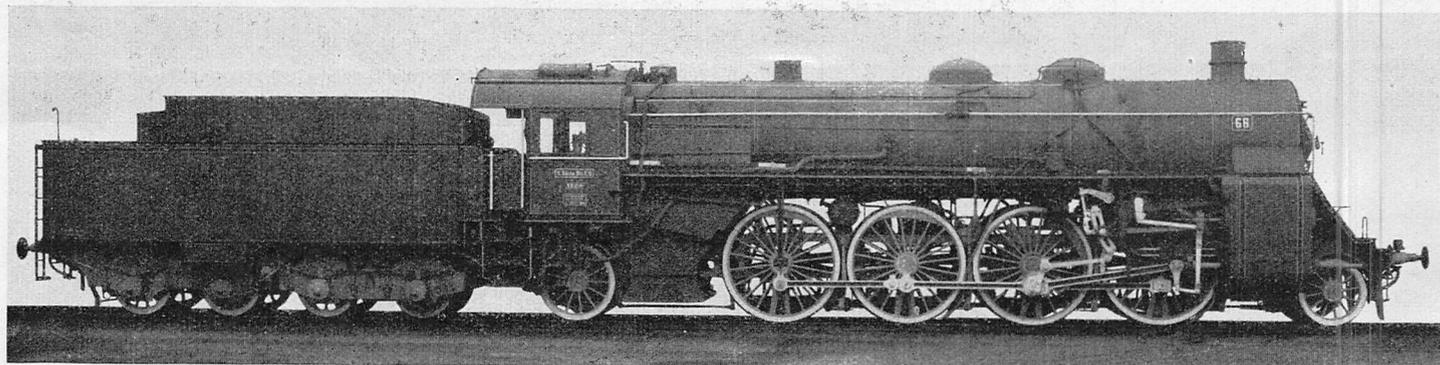
Ihre Leistung in PS ist rechnerisch nicht leicht zu bestimmen, da die Entwurfsfirma, um viel Leistung bei geringem Kessel- gewicht unterzubringen, den Abstand der Heiz- und Rauch- rohre voneinander kleiner gemacht hat als allgemein üblich. Da nun die Dampfentwicklung durch die schmalen Wasserstege etwas verringert wird, kann die Heizfläche von 215 qm kaum voll in Anrechnung gebracht werden. Immerhin dürften 1800 PS<sub>i</sub> sich mühelos erreichen lassen. Der Rost ist grofs gehalten und erlaubt ein zeitweiliges Überanstrengen des Kessels. Die Überhitzerheizfläche ist sichtlich zu klein gehalten und genügt

allen auf langen Radstand des führenden Zweiachsgestelles ankommt. Da bezüglich der Geschwindigkeit auf der Steigung keine überhohen Ansprüche gestellt wurden, war es mithin möglich, mit einer 1 D 1 Lokomotive auszukommen und einen größeren Gewichtsanteil als bei einer 2 D 1 für die Reibung nutzbar zu machen.

Die Leistung der Maschine sollte der Heizfläche nach sich rechnerisch über 2000 PS<sub>i</sub> steigern lassen. Da jedoch die Überhitzerheizfläche verhältnismäfsig klein ist und die Heizrohre selbst für ihre ungewöhnliche Länge von 5800 mm mit 52 mm l. W. relativ zu weit sind, liefsen sich bisher nicht mehr als etwa 1800 bis 1900 PS<sub>i</sub> erreichen. Ein für die Zukunft beabsichtigter Kesselumbau wird die Leistung auf 2100 PS<sub>i</sub> steigern. Die Feuerbüchse ist breit gehalten und liegt gänzlich hinter den gekuppelten Achsen. Der Gewichtsverteilung wegen wurde die Halsplatte so schräg wie angängig gelegt.

Zum Antriebe wurde die Vierzylinder-Verbundbauart gewählt, wobei alle Stangen auf die zweite gekuppelte Achse arbeiten. Es ist reichlich zweifelhaft, ob bei Verwendung einer Maschine unter stark wechselnden Steigungsverhältnissen noch eine Dampfersparnis durch Verbundwirkung erreichbar ist. Der Betrieb hat doch schon gezeigt, dafs bei unvermeidlichen Änderungen des Leistungsprogramms die Verbundmaschine schwerer leidet, als die mit einstufiger Dehnung. Nach Erhöhung der Zuggewichte von 450 auf 500 bis 550 t liefs sich die ange-

Abb. 3. 1 D 1 - h 4 v Schnellzuglokomotive der vorm. Sächsischen Staatsbahn (XX H. V.) D. R. G. S 46.17.



nicht zur Erzielung hoher Dampftemperaturen, auch dann nicht, wenn man annimmt, dafs der Dampf aus dem eng gesetzten Rohrbündel trockener als sonst aufsteigt.

Die Maschine ist, wie die meisten Maffei-Lokomotiven, in allen Einzelheiten vorzüglich durchgebildet. Der Stahl- gulsträger z. B., der die Steuerwelle, Schwinde und den Vor- eilhebel trägt, ist ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für genauen Zusammenbau. Ferner ist bemerkenswert ein sehr übersichtlich angeordneter Dampfentnahmestutzen\*), der sich leider bei der hohen Kessellage noch größerer Lokomotiven nicht mehr im Profil unterbringen läfst.

Die Nr. 3 der Zusammenstellung 1 ist die erste deutsche Schnellzuglokomotive mit vier gekuppelten Achsen (S 46.17, früher Sächs. XX H. V., Abb. 3). Sie wurde im Jahre 1918 für die Strecke Reichenbach—Hof mit langen Steigungen von 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> und anschließenden Flachlandstrecken entworfen und gebaut. Das Hügelland verlangte mehr als drei gekuppelte Achsen, das Flachland hohe Geschwindigkeiten. Um beiden Anforderungen einigermäfsen gerecht zu werden, wurde ein Treibraddurchmesser von rund 1900 mm gewählt und das Reibungsgewicht auf 68,6 t erhöht. Die Achsanordnung 1 D 1 mit Kraufgestell vorn und Schleppachse hinten hat sich im Betriebe durchaus bewährt und beweist, dafs es für eine gute Führung nicht auf ein reines Laufachs-drehgestell, sondern vor

\*) Vergl. Organ 1923, S. 210.

strebte Geschwindigkeit von 65 km/Std. auf 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> nicht mehr annähernd erreichen, und das Anfahren schwerer Züge auf dieser Steigung macht trotz der Lindnerschen Anfahr- vorrichtung ungleich mehr Schwierigkeiten als bei einer Drei- zylinderlokomotive mit ihrem gleichmäfsigen Drehmoment der Fall wäre. Der Tender ist wie bei Nr. 1 und 2 der Zusammen- stellung mit Drehgestell vorn und zwei enggestellten festen Lauf- achsen hinten versehen worden.

Die gleiche Achsanordnung 2 C 1 zeigte auch die Kruppsche Heifsdampf-Turboschnellzuglokomotive mit indirekter Kondensation und Verdunstungsrückkühlung (Zusammenstellung 1, Nr. 4, Abb. 4), die einen der Hauptanziehungspunkte der Ausstellung bildete.

Da sie schon mehrfach eingehend beschrieben und besprochen worden ist (u. a. in den Kruppschen Monatsheften August- September 1924 von Dr. R. Lorenz, Organ 1925 Heft 1 und 2 vom Verfasser), soll hier von einer Beschreibung abgesehen werden. Hier sei nur auf die Zahlen der Zusammenstellung 1 hingewiesen, die im Vergleich zu Auspufflokomotiven recht interessant sind. U. a. konnte für 100 km Höchstgeschwindigkeit (eine etwas knappe Grenze für den Schnellzugbetrieb) wegen des Fehlens der hin- und hergehenden Massen und der Kolben- geschwindigkeitsgrenze ein Treibraddurchmesser von 1650 mm, d. h.  $n > 5$  Umdr./Sek. gewählt werden. Die Gröfse der Heizfläche zeigt deutlich den Vorteil der wirtschaftlicheren

Dampfausnutzung bei dieser für eine Leistung von 2000 PS<sub>i</sub> an der Blindwelle gebauten Maschine und der selbst für diese Heizfläche noch verhältnismäßig kleine Rost den thermischen Vorteil der höheren Temperatur des Kesselspeisewassers infolge seiner zweistufigen Vorwärmung in Abdampf- und Abgasvorwärmern.

Die Lokomotive mußte der Ausstellung wegen ihre Prüfstandsversuche in Essen unterbrechen und setzt sie nach Schluß der Ausstellung fort, ehe sie von der Reichsbahn Betriebsversuchen unterworfen wird. Es war jedoch möglich, sie kurz vor der Eröffnung der Ausstellung einer Probefahrt von 300 km Länge zu unterziehen, die ergab, daß die Maschine günstige Fahreigenschaften hat, daß die Bedienung während der Fahrt sich einfacher gestaltet als vorausgesehen und daß alle Bauteile und Apparate ordnungsgemäß zusammenarbeiten. Einzelne anfängliche Mängel sind erkannt worden und werden anlässlich der Prüfstandsversuche beseitigt werden. Bemerkenswert war, daß die Lokomotive beim Anfahren zum Radschleudern neigte, also das Reibungsgewicht reichlich ausgenutzt ist.

Als einzige außerdeutsche Schnellzuglokomotive ist von der Berliner Maschinenbau A.-G. vorm. Schwarzkopf eine ihrer für die Jugoslawischen Staatsbahnen gelieferten 1 C 1 Heißdampf-Vierlingslokomotiven ausgestellt worden (Zusammenstellung 1, Nr. 5). Der geringe Treibraddurchmesser kenn-

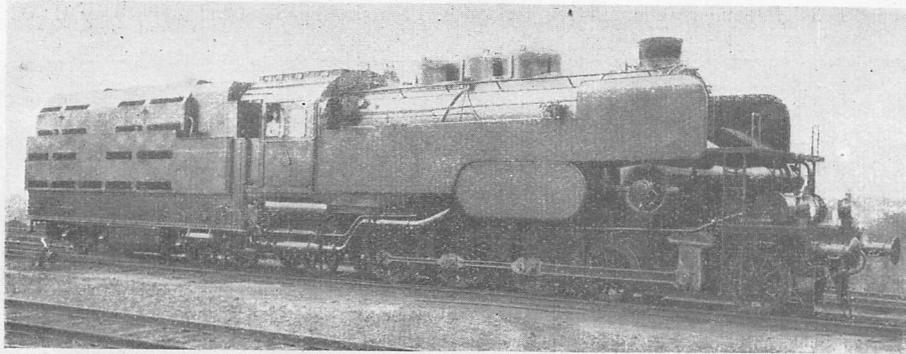
äußerlich kennzeichnend ist für die Maschine u. a. der auf dem Kessel liegende Schlammabscheider Bauart Pecz-Rejtó\*), der hier hinter einen Abdampfvorwärmer geschaltet ist. Er arbeitet ähnlich wie der Winkelrostabscheider der Reichsbahn nach dem Grundsatz der Speisung in den Dampfraum, verlegt jedoch die Abscheidung in einen mit dem Kessel verbundenen Vorraum. Bei sehr weitem Dampfübertrittsrohr zum Vorraum läßt sich die Ausfälltemperatur der Sinkstoffe schnell erreichen, doch kann der Oberkessel schwerlich groß genug gehalten werden, um die stets aufkommenden großen Schlammengen aufzuspeichern. Ein großer Teil des Schlammes wird also dennoch in den Kessel übertreten und muß hier durch Abschlammen beseitigt werden.

Die Maschine ist leicht und elegant gebaut und wird den gestellten Anforderungen gut entsprechen.

Die eigentlichen Personenzuglokomotiven, für die in Preußen schon seit langem und künftig auch für die Reichsbahn ein einheitlicher Treibraddurchmesser von 1750 mm festgelegt ist, waren auf der Ausstellung nur durch zwei ehemals preussische Gattungen vertreten.

Die P 46.19 (früher P 10, Zusammenstellung 1, Nr. 6, Abb. 5) darf als allgemein bekannt vorausgesetzt werden; sie ist in Glasers Annalen 1922 Heft 1089 und 1090 von Ministerialrat Fuchs eingehend beschrieben worden. Die ausgestellte Maschine

Abb. 4. 2 C 1 Heißdampf-Turboschnellzuglokomotive.



zeichnet diese Lokomotive noch mehr als Abb. 3 als eine reine Hügellandmaschine und als einen Grenzfall zwischen Schnell- und Personenzuglokomotiven. Das Bauprogramm sah die Beförderung von Zügen von 260 t Gewicht auf langen Steigungen von 12,5 ‰ mit 50 km/Std. und von 5 ‰ mit 75 km/Std. vor. Die Heizfläche entspricht etwa 1250 Ps<sub>i</sub> Maschinenleistung, die ungewöhnlich große Rostfläche ist auf die zu verfeuernde minderwertige Kohle zurückzuführen; das Programm der Steilstrecke ist also mit Sicherheit zu erfüllen, das der Steigung von 5 ‰ mit Leichtigkeit.

Die Maschine ist noch mit Blechrahmen ausgeführt, was bei dem aus Gewichtsrücksichten sehr lang auseinandergezogenen Radstand kleine Gewichtsvorteile verspricht. Die erste Kuppelachse ist mit der führenden Laufachse durch ein Kraufgestell verbunden. Der besseren Beweglichkeit in engen Krümmungen wegen wurde dem Drehzapfen des Gestells noch ein Seitenausschlag von 18 mm gegeben. Da auch die Schleppachse seitenbeweglich ist, ergibt sich kurzer fester Radstand und genügende Führungslänge bei allen verlangten Geschwindigkeiten.

Für die verhältnismäßig kleine Leistung wäre ein einfaches Zweizylindertriebwerk völlig ausreichend gewesen, doch wären dessen Gegengewichte ohne unzulässige Überschreitung der freien Fliehkräfte für den geringen zulässigen Achsdruck von 15 t kaum unterzubringen gewesen. Das Fahrzeug mußte hier also dem unzureichenden Oberbau zu Liebe vierteilig gestaltet werden. Die Innenschieber werden durch Übertragungshebel von der Außensteuerung mit angetrieben.

ist aus der letzten Lieferung entnommen worden und zeigt die neueste Ausführung mit Windleitblechen.

Die Maschine konnte ihres ruhigen Laufs wegen eine Höchstgeschwindigkeit von 110 km/Std. erhalten und dient zur Beförderung von schweren Schnell- und Personenzügen im Hügelland und auf anschließenden Flachstrecken. Hierfür macht sie das Reibungsgewicht von 75,7 t, die Dampfleistung von 2000 PS<sub>i</sub> und das gleichmäßige Drehmoment der Dreizylinderanordnung gut verwendbar. Mit ihrer durchschnittlichen Achsbelastung von ~ 18,9 t auf den gekuppelten Achsen ist sie dem Umbauprogramm für die Brücken vorausgeeilt und unterliegt daher noch bis zum April 1925 Fahrbeschränkungen. Ihre reichlich schwere Bauart (55 kg Dienstgewicht für 1 PS<sub>i</sub>) macht sie zwar teuer in der Anschaffung, dürfte sich aber in der Unterhaltung günstig auswirken.

Neben der P 46.19 ist noch in drei Ausführungen die erstmals im Jahre 1906 beschaffte, in mehr als 3000 Stück vorhandene ehemals preussische P 8 (jetzt P 35.17, Zusammenstellung 1, Nr. 7, Abb. 6) ausgestellt. Nach einer Reihe anfänglich erforderlicher Abänderungen hat sie sich als äußerst vielseitig verwendbar und sparsam gezeigt, so daß sie heute, obwohl tatsächlich längst durch die Entwicklung überholt, als eine der beim Personal beliebtesten Gattungen und wohl als die überhaupt verbreitetste angesprochen werden kann.

Die Maschine hat Blechrahmen, ein führendes Drehgestell mit 40 mm Ausschlag nach jeder Seite und drei feste Achsen, deren

\*) Organ 1923, S. 190.

mittlere angetrieben wird. Die Leistung erreicht 1450 PS<sub>i</sub>. Die Maschine dient zur Beförderung schwerer Personen- (und gelegentlich auch Schnell-)züge im Flachland und mittelschwerer Personen- sowie leichter Schnellzüge im Hügelland. Viele Nachbeschaffungen bis zum Jahre 1922 zeigen ihre Bewährung\*).

Die von der Lokomotivfabrik Hohenzollern in Düsseldorf ausgestellte P 35.17 zeigt die Regelausführung. Die zweite, erbaut von den Linke-Hofmann-Lauchhammer-Werken in Breslau, ist versuchsweise mit Lentz-Ventilsteuerung versehen worden.

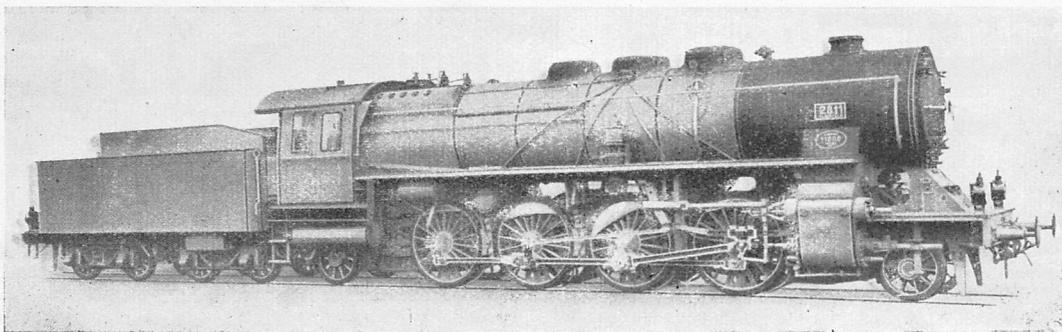
Die Ausführung ist die neuere Lentz'sche Anordnung mit liegenden Ventilen, aber noch ohne die von den Österreichischen Bundesbahnen angebrachten Verbesserungen. Die Nockenwelle liegt wagrecht quer zur Längsachse der Lokomotive und wird von einer normalen Heusingersteuerung schwingend bewegt. Der ganze Ventilkasten ist oben auf die Zylinder aufgeschraubt, so daß die Teilungsfuge durch die Dampfkanäle geht. Nach der Absicht des Erfinders sollen diese Ventilkästen freizügig sein und beim Schadhaftwerden ausgetauscht und in Sonderwerkstätten wiederhergestellt werden. Bei der vorliegenden Anordnung muß der stoßfreie Anlauf des Nockens an den Ventilstößel durch die entsprechende Größe einer in den Ventilstößel eingebauten gehärteten Laufrolle gesichert werden, d. h. es ist nicht zu vermeiden, daß jede Zwillingslokomotive acht Laufrollen verschiedenen Durchmessers hat

Die dritte, vom Eisenbahn-Ausbesserungswerk Darmstadt ausgestellte P 35.17 Lokomotive bot für Betriebs- und Werkstättenfachleute besonderes Interesse, denn sie sollte zeigen, wieviel verschiedene, nicht austauschbare Ausführungsformen wichtiger Bauteile, besonders Armaturstücke, an den verschiedenen Lokomotiven einer Gattung z. Z. noch vorhanden sind, die eine einheitliche, fabrikmäßige Wiederherstellung und Lagerhaltung bisher unmöglich machten.

Die Studie, die jetzt zur Beseitigung der Spielarten und hoffentlich zur einheitlichen Durchbildung des vorhandenen Lokomotivparks führen wird, ist eingehend im Vortrag des Oberregierungsbaurats Iltgen (Novemberheft der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure) enthalten. Hier soll nur kurz auf die Ursachen dieses unzweifelhaft bestehenden Mangels hingewiesen werden.

Eine Ursache der Ungenauigkeit liegt bereits in der bisher üblichen Art der Herstellung der Lokomotiven und in ihrer Abnahme. Die von der Urheberfirma herkommenden Zeichnungen wurden von den nachbauenden Firmen der überall verschiedenen Werkorganisation zuliebe vielfach umgezeichnet. Wenn eine größere Anzahl von Blättern in verhältnismäßig kurzer Zeit von nicht durchaus geschultem Personal umgezeichnet werden soll, ist das Einschleichen von Mafsfehlern praktisch unvermeidlich. Ferner wurden die Fertigungslehren ohne Vergleich mit anderen Herstellern von jedem Werk für den eigenen

Abb. 5. 1 D 1 - h 3 Personenzuglokomotive der vorm. Preussischen Staatsbahn (P 10) D. R. G. P 46.19.



und beim geringsten Verschleiß sowie beim Nachschleifen der Ventile Ersatzrollen größeren oder kleineren Durchmessers eingebaut werden müssen. Die schon erwähnte österreichische Anordnung, bei der der Ventilstößel indirekt angetrieben wird, vermeidet diesen offenbaren Mangel, indem sie einen doppelarmigen Antriebshebel vorsieht, dessen rückwärtiger (fester) Drehpunkt fein einstellbar ist.

Die ausgestellte Maschine ist eine Reihe von Monaten im Parallelbetriebe mit einer gleichzeitig gelieferten P 35.17 der Regelbauart gelaufen und für die Ausstellung aus dem Betriebe gezogen worden. Bei den zuerst vorgenommenen Versuchsfahrten des Lokomotivversuchsamtes zeigte sich keinerlei Unterschied in Verbrauchs- und Leistungsziffern; die Dampf-schaulinien der Lentzmaschine wiesen die Eigentümlichkeiten aller Ventilsteuerungen für veränderliche Drehzahl auf: sehr frühe Voreinströmung bei niedriger, zu späte bei hoher Drehzahl, d. h. hohe Gegendrücke zu Zeiten, wo eine möglichst völlige Schaulinie erwünscht ist, und niedrige zu Zeiten, wo große Verzögerungsdrücke des Gestänges frühe Einströmung erfordern. Die anschließenden Betriebsversuche haben bisher noch keine nennenswerten Vorteile einer der beiden Vergleichsausführungen in Brenn- und Schmierstoffverbrauch und Unterhaltungskosten ergeben.

\*) Sie ist beschrieben: Garbe, die Dampflokomotive der Gegenwart 1920, S. 407; Brückmann Heißdampflokomotive mit einfacher Dehnung des Dampfes, S. 1003.

Bedarf angefertigt. Endlich wurde auch gelegentlich in den Werkstätten einzelner Fabriken eigenmächtig von den Zeichnungen abgewichen; z. R. um falsch bearbeitete Stücke verwenden zu können. Die bisherige Art der Stichprobenabnahme liefs solche Fehler, von denen natürlich die leitenden Werkbeamten ebenfalls nichts erfahren durften, unbemerkt durchschlüpfen. Das ging so weit, daß z. B. bei einer Lokomotive die Zahl der Dampfdombefestigungsschrauben von der Zeichnung abweichend vorgefunden wurde.

Solche Mängel in der Herstellung sind nur dadurch zu vermeiden, daß einerseits jedes Umzeichnen der Urheber-Zeichnungen unterbleibt, daß ferner jede Lokomotivfabrik sich eine einwandfrei arbeitende Werkkontrolle für alle Bauteile einrichtet, diese nach einheitlich hergestellten Lehren prüft, und schließlich, daß die Abnahme seitens des Käufers sich so lange auf alle bindenden Mafse jedes Bauteils erstreckt, bis eine völlig zeichnungsgemäße und mafshaltige Herstellung sichergestellt ist.

Eine weitere, ebenso wichtige Ursache für Abweichungen von der Bauform liegt jedoch im inneren Dienst der Reichsbahn. Selbstverständlich müssen einwandfrei erkannte Mängel der Bauart behoben werden. Es muß jedoch, falls nicht überhaupt Unmögliches vorgeschlagen ist, in jedem einzelnen Falle eingehend geprüft werden, ob nur eine persönliche Ansicht oder Vorliebe dem Vorschlag zugrunde liegt oder ein wirklicher Übelstand zu beseitigen ist. Im ersteren Falle wird man ohne

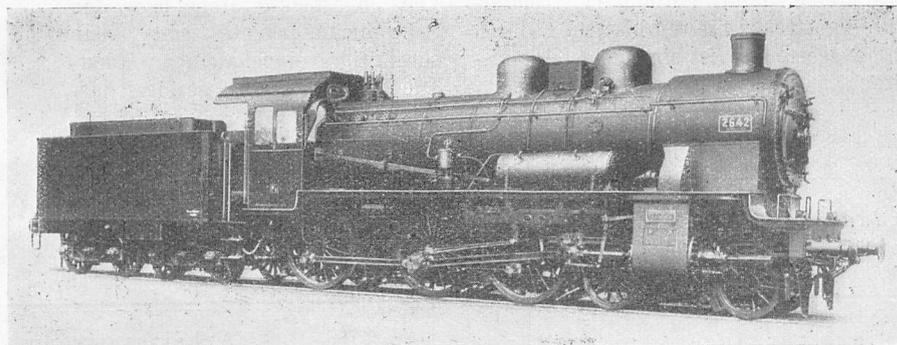
Schaden von einer Bauartänderung abgehen können, im letzteren muß man sie unbedingt vornehmen. Hierbei muß aber leitender Gesichtspunkt sein, daß die vorhandenen fehlerhaften Teile sämtlich nach und nach beseitigt werden müssen, wobei die Änderung auf möglichst zweckentsprechendem und billigem Wege erreicht werden muß.

Auch beim Einbau neuer Bauteile muß Rücksicht auf möglichst einfache nachträgliche Anbringung an den vorhandenen Lokomotiven genommen werden. Die einheitlich an alle Eisenbahnausbesserungswerke hinausgehenden Änderungsaufträge müssen aber dann auch pünktlich erledigt und nicht nach eigenem Ermessen beliebig lange zurückgestellt werden. Die

eingeführt werden. Bei der seit dem Kriegsbeginn durchgeführten ziemlich großen Freizügigkeit der Lokomotiven führt das zu endlosen Erschwerungen in den Werkstätten.

Daneben gibt es aber noch eine dritte Art von Bauartänderungen, die wohl die verhängnisvollste sein dürfte. Tatfreudige Dienststellenvorsteher und Vorstände von Maschinenämtern und Werkstätten nehmen ohne Kenntnis der Zentralstelle und entgegen allen nur zu begründeten Verboten eigenmächtig versuchsweise oder endgültig Bauartänderungen vor. Die Zentralstelle darf froh sein, wenn sie nachträglich davon benachrichtigt wird und so erfährt, daß eine bereits mehrfach ohne Erfolg erprobte Änderung nun wieder einmal erprobt

Abb. 6. 2 C - h 2 Personenzuglokomotive der vorm. Preussischen Staatsbahn (P 8) D. R. G. P 35.17.



Behebung eines wesentlichen Mangels bedeutet stets eine Ersparnis, auch wenn zuerst damit Aufwendungen verknüpft sind.

Anträge auf Bauartänderungen sind bei der großen Zahl des an den Lokomotiven beschäftigten Personals zahlreich und dankenswert, wenn sie wohl überlegt sind und dem vorhandenen nicht nur etwas anderes, sondern etwas besseres entgegenhalten. Sie dürfen jedoch nicht, wie häufig der Fall, ohne eingehende Prüfung durch eine größere Zahl anderer Betriebsstellen zu einer Bauartänderung führen; denn meist zeigt sich, daß an anderen Stellen entgegengesetzte Beobachtungen gemacht worden sind. Bei solchen Gutachten müssen auch die Stimmen gewogen, nicht nur gezählt werden; das bedeutet, daß der Konstruktionsbeamte der Zentralstelle sich in laufender Fühlung mit Betrieb und Werkstätten halten muß, daß er persönlich den Fehler nachgeht oder durch geschulte Reiseingenieure nachgehen läßt, und daß niemals einzelnen Betriebsstellen freigestellt wird, gemäß ihrer örtlichen Auffassung Bauartänderungen durchzuführen, die nicht allgemein

wird, natürlich mit unnütz aufgewendeten Kosten. Bei manchem Fehlschlag wird auch versäumt an Stelle der Versuchsbauart die ursprüngliche Ausführung wiederherzustellen; meist aber »bewähren« sich solche Änderungen örtlich, so lange der Erfinder ihnen erhöhte Aufmerksamkeit widmet, und eine weitere Spielart ist geschaffen.

Die Dienstzucht muß jeden verantwortlichen Beamten dazu bringen, vor der Änderung vorschriftsgemäß sich an die Zentralstelle zu wenden und ihr nicht sein »besseres Ermessen« überzuordnen, dann aber sich der auf das überwiegende Urteil aller Betriebsstellen gegründeten Entscheidung der Zentralstelle zu fügen. Vornehmste Pflicht der Zentralstelle aber ist es, alle wertvollen Vorschläge auszusondern und möglichst ohne Zeitverlust und mit geringsten Kosten allgemein durchzuführen.

Nur so kann Einheitlichkeit der Bauart innerhalb der Lokomotivgattung und billige Reihenherstellung in den Eisenbahnwerken gesichert und kostspielige Flickarbeit in den hierfür nicht eingerichteten Betriebswerken vermieden werden.

(Fortsetzung folgt.)

## Gleisbau mit gestampfter Bettung.

Von Ministerialrat a. D. **Hundsorfer**, München.

In allen Zweigen der Eisenbahntechnik pulst reges Leben. Auch die Unterhaltung der Gleise in Höhe und Richtung und ihre Lagerung auf der Bettung machten in den letzten Jahren Fortschritte. So wurde in den Schnellzugstrecken vielfach Sand und Kies durch Kleinschlag ersetzt, die Stöße wurden durch Einbau von Meirhoferschen Betonrosten in die Bettung verstärkt und neuerdings wird in immer größerem Umfange die Handarbeit durch Maschinenarbeit — Einführung von Gleisstopfmaschinen — ersetzt. Die Art der Befestigung der Schwellen in der Bettung ist aber seit den ersten Tagen des Eisenbahnbaues gleich geblieben. Die Schwellen werden gestopft (gekrampft), indem mit dem Kramper (der Stopfhacke) der Bettungsstoff in horizontaler Richtung unter die Schwellen geschlagen oder bei Verwendung von Gleisstopfmaschinen gedrückt wird. Mit dieser Arbeit will man erreichen, daß die Bettungsstoffe unter der Schwelle in lotrechter Richtung verdichtet werden. Der Zweck wird zwar mittelbar dadurch erreicht, daß die einzelnen

Steinstücke als Keile wirken; hierzu ist aber ein großer Aufwand an Kraft erforderlich, wobei ein Teil des Schotters zerschlagen wird. Die Überlegung, daß die Verfestigung der Bettung mit viel weniger Mühe erreicht wird, wenn die Bettung unmittelbar von oben nach unten zusammengedrückt wird, bewog mich, im Frühjahr 1921 bei Holzschwellenoberbau Versuche im kleinen anzustellen, ob nicht durch Stampfen der Bettung die Schwellen besser und ohne Schädigung der Bettungsstoffe gelagert werden können. Da die Versuche sich zu bewähren schienen, bildete ich das Stampfverfahren weiter aus und lief in den Jahren 23/24 50 km Gleis anlässlich ihres Umbaues im Stampfverfahren ausführen. Diese Versuche lassen gute Erfolge erwarten; ich unterbreite deshalb das Stampfverfahren den Fachgenossen.

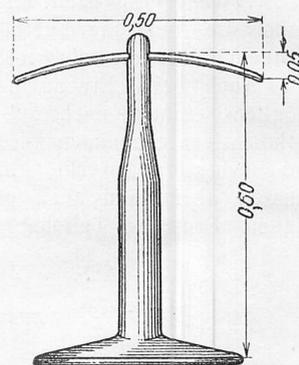
Um eine vollwertige Arbeit zu erzielen, soll die umzubauende Gleisstrecke auf die Dauer des Umbaues oder wenigstens für einige Stunden im Tage für den Betrieb gesperrt sein. Im

letzten Falle muß alles gut vorbereitet sein; die Länge der täglichen Arbeitsstrecke muß entsprechend der verfügbaren Zeit bemessen werden.

Zweckmäßig ist vor Beginn des Umbaus die Richtung und Höhenlage des Gleises festzulegen. Auf Grund der Festpunkte sind sodann die Umbauabsteckungen für Richtung und Höhenlage der Bettungssohle (Unterbaukrone), der Schwellenunterkante und der Schienenoberkante herzustellen. Die Angaben für Schwellenunterkante und Bettungssohle sollen so angelegt werden, daß mit Hilfe eines etwa 3,5 m langen Richtscheites die Fläche des Schwellenaufagers in ihrer ganzen Ausdehnung zwischen den einzelnen Höhenangaben bestrichen werden kann. Die Arbeit ist von vorneherein planmäßig so einzuteilen, daß alle Einzelarbeiten von einem Ende der Baustrecke an begonnen und von einer dafür bestimmten Arbeitergruppe gleichmäßig über die Baustrecke hinweg bis zum anderen Ende durchgeführt werden. Nachstehend ist ein solcher Arbeitsplan zur Darstellung gebracht.

festgelagerten Unterbau wird der Schotter oder Kies in mehreren, etwa 10 cm hohen Lagen bis Schwellenunterkante aufgebracht. Hierbei ist jede Lage für sich mit Ausnahme eines 50 cm breiten, in der Gleismitte liegenden Streifens sorgfältig eben zu stampfen. Der Streifen von je 25 cm zu beiden Seiten der Gleisachse wird lockerer gelagert, damit die Schwellen, wenn sie sich unter dem Schienenaufleger in die Bettung drücken, nicht reiten. Die abgesteckte Höhenlage der Schwellenunterkante muß sehr sorgfältig eingehalten werden. Die Versuche haben gezeigt, daß

Abb. 1.  
Stampfer aus Pufferscheiben.  
Gewicht etwa 30 kg.



Gleiserneuerung auf gestampfter Bettung.

Arbeitsplan.

Arbeitsplan für 9stündige  
Tagesarbeitszeit

Rottenstärke . . . . . 36 Mann.  
Tagesleistung . . . . . 60 m Gleis- und Bettungserneuerung.  
Die üblichen Arbeitspausen sind bei der schematischen Darstellung des Arbeitsvorganges nicht berücksichtigt.

Einzelvorgänge	Arbeitszeitraum										Summe der Stunden			
	30' 1	30' 2	30' 3	30' 4	30' 5	30' 6	30' 7	30' 8	30' 9					
Abstecken und Vorbereiten (am Vortag) . . . . .											16 16 24	28		
Alte Bettung zwischen den Schwellen ausheben . . . . .	36	36	36	12	Mann							60		
Abbrechen der alten Oberbauteile . . . . .			24	7								12		
Aushub und Reinigen der alten Bettung, Ebnen und Stampfen der Unterbaukrone . . . . .			36	36	24	12	8	8	8	Mann		66		
1. Bettungsschichte einbringen und dreimal stampfen . . . . .				12	12	12	12	4	Mann		32			
2. Bettungsschichte desgleichen . . . . .				12	12	12	12	8	Mann		34			
Bettung auf Schwellenunterkante abgleichen, letzte Schichte dreimal stampfen . . . . .					4	4	4	4	8	8	Mann	16		
Vorstrecken des neuen Gleises samt Lückenschluß . . . . .							16	16	16	20	Mann	34		
Ausgleich der letzten Höhenunterschiede durch Unterlegen der höhl liegenden Schwellen mit Grus oder Riesel . . . . .								4	4	4	8	8	M.	14
Teilweises Verfüllen der Schwellen einschließlic Stampfen . . . . .									8	12	12	12	12	28
													SE	324-Std.

← Gleis außer Betrieb →

Zur Befestigung der Bettung genügen Betonstößel wegen ihrer geringen Stampffläche nicht; als zweckmäßig haben sich ebene Pufferscheiben erwiesen, die dem Schrot der Werkstätten entnommen werden können. Sie erhalten abwärts gebogene Handgriffe wie in Abb. 1 dargestellt.

Diese Form hat sich als die handlichste erprobt, da sich solche Griffe der natürlichen Handstellung am besten anschmiegen. Nach Aushub der alten Bettung ist die Erdkrone des Bahnquerschnittes mit vorgeschriebenen Erhöhungen gegen die seitlichen Bermen abzugleichen und festzustampfen. Letzteres ist besonders wichtig, weil sich sonst beim Stampfen der Bettungsstoff in die oft nachgiebige Unterbaukrone eindrückt und für den Bettungsquerschnitt verloren geht. Auf diesem

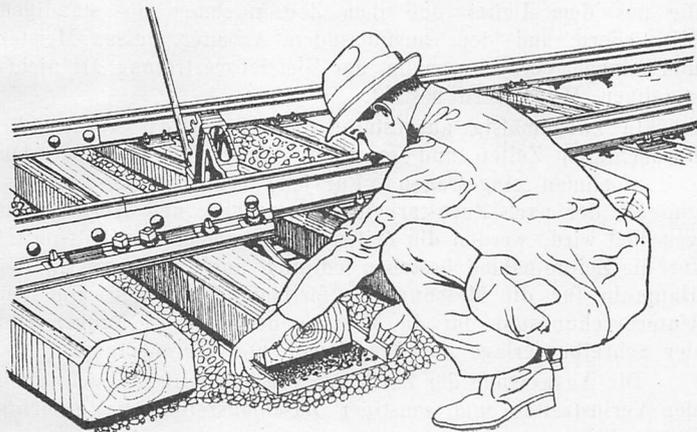
es möglich ist, mit dem Schotter allein ein völlig ebenes Schwellenlager herzustellen, auf dem der Oberbau verlegt werden kann.

Auf der ebenen und befestigten Bettung werden die Schwellen aufgelegt und das Gleis zusammengebaut. Die feineren Höhenunterschiede, die nach dem Einbau des Gleises noch verbleiben, sind durch Unterlegen der Schwellen mit Grus bei Schotterbettung und mit feinem Riesel bei Kiesbettung auszugleichen. Diese Grusschicht wird mit einem 3 mm starken Eisenblechrahmen unter die Schwellen gebracht. (Abb. 2.)

Sie ist unter die Schwellenfläche nur soweit einzubringen, als die Bettung gestampft wurde. Der Grus darf nicht mit anderen Geräten, z. B. der Schaufel unter die angehobenen

Schwellen gebracht werden, da hierbei das ebene Schwellenlager zerstört wird. In gleicher Weise werden einzelne Schwellen, die sich nach Inbetriebnahme des Gleises, im nächsten Frühjahr oder später senken, unterlegt.

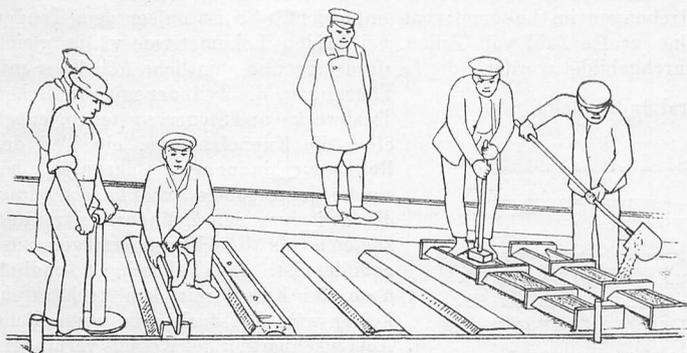
Abb. 2.



Wenn das Gleis in Richtung und Höhe festliegt, werden die Schwellen verfüllt. Der zwischen die Schwellen kommende Bettungsstoff ist ebenfalls einzustampfen, damit er sich mit der bis Schwellenunterkante gestampften Bettung verbindet und so bei Schienenwanderungen mehr Widerstand leistet. Das Gleis darf nicht zu lange befahren werden, ohne daß die Schwellen vollständig eingefüllt sind. Nach längstens achttägigem Betrieb werden die etwa sich setzenden Schwellen in beschriebener Weise gehoben und sodann verfüllt.

Auch für Oberbau mit eisernen Schwellen wurde das Stampfverfahren durchgeführt. Oberbau mit eisernen Schwellen bedarf nach seinem Einbau noch mehrere Jahre der besten Unterhaltung, bis er sich gefestigt hat. Es ist dies natürlich, da beim Krampen fast nur der in dem Trog der Schwellen befindliche Schotter zusammengepreßt wird, während die ganze übrige Masse des Bettungsstoffes zwischen der Unterbaukrone

Abb. 3.



und dem Schwellentrog fast unberührt bleibt und erst durch den Betrieb allmählich zusammengedrückt wird. Das Verfahren ist bis zur Schwellenunterkante das gleiche wie vorher beschrieben. Auf diese gestampfte Bettung werden nun, ähnlich wie dies schon in Oldenburg für eiserne Querschwellen geschieht, hölzerne Rahmen, die die Form des Schwellentrogbesitzen, an den Stellen, wohin die Schwellen zu liegen kommen, aufgesetzt und mit Schotter ausgestampft. (Abb. 3.)

Kleine Höhenunterschiede werden durch Stößen mit dem Stampfer auf die Schwelle, wenn sie zu hoch liegt, wobei selbstverständlich Holzstücke unterzulegen sind, ausgeglichen, andernfalls durch Unterlegen von etwas Grus. Zu diesem Zwecke werden die Schwellen etwas aufgehoben.

Die auf diese Weise hergestellte Bettung hat eine natürliche Lagerung und ein dichtes Gefüge, ohne die Wasserdurchlässigkeit zu beeinträchtigen. Der von den durchrollenden Zügen ausgeübte Druck wird von der Bettung aufgenommen und gut auf den Untergrund verteilt. Die Schwellen geben im Betriebe nur wenig nach. Eine gleichmäßig gute Lage des Gleises ist die Folge. Das Stampfen erfordert bei gleicher Höhe der Bettung etwas mehr Bettungsstoff. Es ist dieses jedoch nur scheinbar, da bei gekrampften Gleisen im Laufe der folgenden Jahre die sich inzwischen setzende Bettung wieder nachgefüllt werden muß. Sehr zu beachten ist, daß die Bettungssohle vor Einbringen des Bettungsstoffes gut gestampft worden ist, damit nicht durch Eindrücken des Bettungsstoffes in die Unterbaukrone Verluste entstehen. Verschiedene Messungen haben ergeben, daß unter Berücksichtigung des Nachhebens nach achttägigem Betrieb beim Stampfen 15 bis 20% mehr Schotter notwendig ist, wobei festgestellt wurde, daß die Schwellen sich in die gestampfte Bettung vollkommen gleichmäßig um 12 mm eindrückten, während die gekrampfte Bettung sich unregelmäßig bis zu 36 mm eingedrückt hatte. Während nun beim Krampen die Bettung teilweise zerschlagen wird, was sich bei jeder Nachregulierung wiederholt, so daß in etwa 20 Jahren je nach der Beschaffenheit des Bettungsstoffes mindestens  $\frac{1}{4}$  nachgefüllt werden muß, bleibt der Bettungsstoff bei gestampfter Bettung völlig unbeschädigt, und da er auch in der Folge nicht berührt wird, erleidet er keinerlei Verluste. Der größte Vorteil, den die gestampfte Bettung mit sich bringt, liegt dann in der Unterhaltung. Zwei Mann, die die Strecke durchgehen, brauchen nur jene Schwellen, die sich etwas eingedrückt haben, anzuheben und mit dem weiter vorne beschriebenen Bleche etwas Grus unterzulegen.

Wenn auch die bisherigen umfangreichen Versuche ergeben haben, daß mit dem Stampfen eine vorzügliche Gleislage geschaffen werden kann, bei deren Unterhaltung in großem Maße Zeit und Arbeit gespart wird, so ist das Verfahren doch zu jung, um nicht noch weiter entwickelt werden zu können. Bevor ich meine Ausführungen schliesse, möchte ich daher eine Andeutung geben, in welcher Richtung Versuche im Gange sind, das Verfahren noch zu verbessern. So wurde vor kurzem versucht, das Stampfen durch das viel einfachere Walzen zu ersetzen. Bei richtiger Wahl der Walze kann ich schon jetzt sagen, daß sich damit ausgezeichnete Ergebnisse erzielen lassen. Die Bettung wird hierdurch noch viel gleichmäßiger gefestigt und es wird hierbei an Arbeitern gespart.

Einige Sorgfalt erfordert das gleichmäßige Unterlegen nicht satt liegender Schwellen mit dem Blechrahmen. Vielleicht könnte mit dem Spritzverfahren die Hebung noch vereinfacht werden. Ich bin hierwegen mit einem Werk in Verbindung getreten und werde im nächsten Jahre Versuche hierüber anstellen. Ich denke mir das Verfahren so, daß die zu hebenden Schwellen am Kopf von der Bettung bloßgelegt werden und mit einem kleinen, von zwei Mann getragenen oder auf einem Schubkarren gelagerten Spritzapparat Grus oder Kiesel bis zur festen Ausfüllung des hohlen Raumes zwischen Schwelle und Bettung eingeblasen wird.

Ich hoffe, daß meine Ausführungen anregen werden, auch bei anderen Eisenbahnverwaltungen Versuche mit gestampfter oder gewalzter Bettung zu machen, zur Weiterentwicklung einer wirtschaftlichen Gleisunterhaltung.

## Aus amtlichen Verfügungen der Vereinsverwaltungen.

### Anweisung für die Ausführung von Zeitaufnahmen in Eisenbahnausbesserungswerken.

Mit Erlaß vom 2. Juli 1924 der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn ist die »Anweisung für die Ausführung von Zeitaufnahmen in Eisenbahnausbesserungswerken« zur Einführung genehmigt worden. Die Anweisung\*), die als Heft 8 der Sammlung von Schriften für die Werkstätten erscheint, ist mit Spannung von den beteiligten Kreisen erwartet worden, weil sie dem längst empfundenen Bedürfnis, Zeitaufnahmen nach einheitlichen Grundsätzen vorzunehmen abhelfen soll.

Die in knapper Form, aber klar und eindeutig gehaltene Anweisung bezeichnet als Ziel und Zweck der Zeitaufnahmen, richtige Stückzeiten für das Gedingeverfahren zu ermitteln, die Abwicklung eines bestmöglichen Arbeitsganges festzustellen, Hemmungen im Arbeitsgang an Werkzeugmaschine, Werkzeug und Vorrichtung zu beseitigen, unzuweckmäßige Bewegungen des Arbeiters zu erkennen, geschätzte Stückzeiten in Streitfällen nachzuprüfen, Fehler in der Werkorganisation festzustellen, die Grundlage zu einer Arbeitsunterweisungskarte zu schaffen, Zeitnormen für häufig wiederkehrende Arbeitsgänge, Teilarbeitszeiten, Hand- und Maschinenzeiten sowie Verlustzeiten aufzustellen.

Die Zeitaufnahme umfaßt die Aufschreibung der Teilarbeitszeiten eines jeden Arbeitsganges nebst den Verlustzeiten. Bevor mit den eigentlichen Zeitaufnahmen begonnen wird, sind die im Werk am meisten vorkommenden sächlichen und persönlichen Verlustzeiten durch einfache Beobachtung oder Zeitmessung zu ermitteln und in einen Sammelbogen einzutragen. Sie werden später bei der Bildung der Stückzeit verwertet als Häufigkeitswerte aus dem Verlustzeitsammelbogen.

Die Zeitaufnahme eines Arbeitsvorganges selbst wird durch Prüfung der organisatorischen Arbeitsvorbereitung, der Maschinen,

\*) Die Anweisung ist auch im Buchhandel erschienen und kann durch den Verlag H. Apitz in Berlin W 57 zum Preise von M. 3.— bezogen werden.

Werkzeuge und Vorrichtungen, sowie durch eine Grobuntersuchung der Zweckmäßigkeit der Arbeitsweise vorbereitet. Vorgenommen wird sie durch die Zeitaufnahme-Gemeinschaft, die aus dem Leiter und dem Zeitaufnehmer als ständigen Mitgliedern und dem ausführenden Arbeiter, dessen Meister und einem Vertrauensmann der Betriebsvertretung als nicht-ständigen Mitgliedern besteht.

In zweckmäßig ausgestalteten Zeitbögen werden die beobachteten Zeiten und sonstigen Wahrnehmungen bei den Zeitaufnahmen eingetragen. Für jede Teilarbeit des Arbeitsganges, der nach Zurüstarbeit, Hauptarbeit und Abrüstarbeit geordnet wird, werden die Zeiten abgenommen. Die Hilfsmittel für die Zeitaufnahme bestehen lediglich aus 2 Zeitmessern, der Hauptuhr für die Messung der fortlaufenden Zeiten und der Unterbrechungsur für die Messung der Unterbrechungen und der Schreibunterlage mit Tragriemen und Uhrenträgern.

Die Auswertung der Zeitbögen ergibt mit Berücksichtigung der Verlustzeiten und sonstiger Zuschlagszeiten die gesuchte Stückzeit.

Besonders wertvoll erscheint, daß nach jeder Zeitaufnahme eine Niederschrift über Wahrnehmungen aus dem Zeitbogen und Verbesserungsvorschläge zu fertigen ist. Die Durchforschung der Betriebe wird auf diesem Wege am besten erreicht. Die Ausarbeitung von Unterweisungskarten für die verschiedenen Arbeitsgänge bereitet auf Grund der Zeitaufnahmen keine Schwierigkeit mehr. Durch die der Anweisung beigegebenen Formblätter wird die Einführung des Verfahrens in den Werken sehr erleichtert.

Den Eisenbahnausbesserungswerken wird mit der Einführung des Verfahrens ohne Zweifel eine außerordentliche Arbeit aufgebürdet. Die gesteckten Ziele sind aber so wertvoll, daß sich jeder Aufwand sie zu erreichen lohnt. Eb.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Lokomotiven und Wagen.

#### 2 C 1 und 1 D 1-h 2 Lokomotiven der Bombay, Baroda und Central India Bahn.

(The Railway Engineer 1924, Mai.)

Die beiden neuen für den schweren Schnellzug- bzw. Güterzugverkehr der Bahn beschafften Lokomotivtypen sind dadurch

bemerkenswert, daß die Erbauerin, die Firma Kitson und Co. in Leeds, bei ihrem Entwurf von dem Bestreben nach weitestgehender Normalisierung sich hat leiten lassen, wie dies den neueren Bestrebungen im Lokomotivbau entspricht. So ist außer dem Tender eine große Zahl von Teilen bei beiden Lokomotiven völlig gleich

Abb. 1. 2 C 1-h 2 Lokomotive der Bombay, Baroda und Central India Bahn.

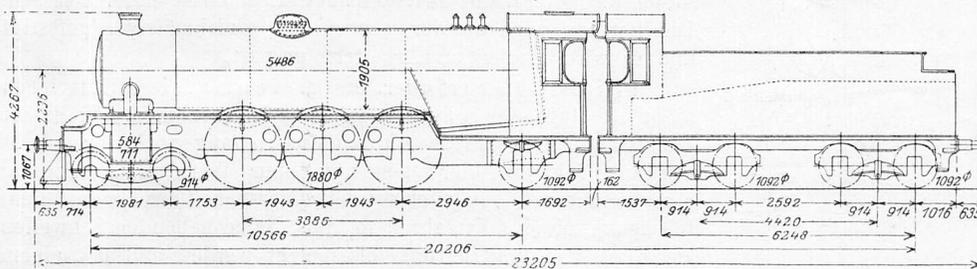
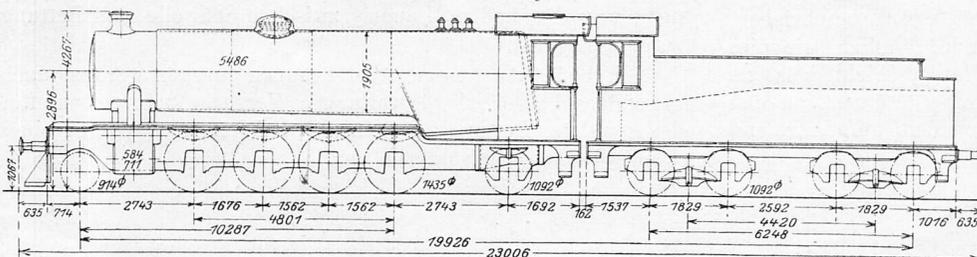


Abb. 2. 1 D 1-h 2 Lokomotive der Bombay, Baroda und Central India Bahn.



die Laufradsätze und sämtliche Achslager mit Führungen, die Zylinder mit sämtlichen Triebwerks- und Steuerungsteilen, jedoch ohne die Kuppelstangen, ein Teil der Rahmenverbindungen, darunter besonders eine solche aus Flußeisenguß, die zwischen den Zylindern sitzt und zugleich als Rauchkammerträger ausgebildet ist, das Führerhaus, endlich noch der Kessel mit dem Aschkasten. Leider wird die doch sehr wesentliche Austauschbarkeit des Kessels verhindert oder doch zum mindesten sehr erschwert durch den Umstand, daß wohl aus Gründen der Gewichtsverteilung die Rauchkammer bei den beiden Lokomotiven nicht völlig gleich ist.

Die Lokomotiven sind für breite Spur von  $5\frac{1}{2}' = 1676$  mm gebaut. Sie haben Blechrahmen und Aufsenzylinder. Bei der 2 C 1 Lokomotive treiben diese die zweite, bei der 1 D 1 Lokomotive die dritte Kuppelachse an. Zur Dampfverteilung dienen Kolbenschieber von 279 mm Durchmesser mit innerer Einströmung, die von einer ebenfalls außen

liegenden Heusinger-Steuerung bewegt werden. Die Einströmrohre liegen außerhalb der Rauchkammer und sind gegen diese mit Asbestpackungen abgedichtet. Der Kessel ist mit einer Verbrennungskammer und mit einem Stirling-Überhitzer der Marine- und Lokomotiv-Überhitzergesellschaft, sowie mit einem Ventilregler von Owen ausgerüstet. Der vordere Teil des, bei beiden Lokomotiven hinter der letzten Kuppelachse liegenden, quadratischen Rostes ist als Kipprost ausgebildet.

Der Tender läuft auf zwei zweiachsigen Drehgestellen und besitzt vorn wie bei allen neueren indischen Lokomotiven einen Führerstand zum Schutz gegen Sonnenstrahlen und Tropenregen.

Im folgenden sind die Hauptabmessungen der beiden Lokomotiven zusammengestellt. Ein Typenbild der 2 C 1 Lokomotive zeigt die Textabbildung.

	2 C 1 Lok.	1 D 1 Lok.	
Spurweite . . . . .	1676		mm
Kesselüberdruck p . . . . .	11,2		at
Zylinderdurchmesser d . . . . .	584		mm
Kolbenhub h . . . . .	711		"
Kesseldurchmesser aufsen (größter) . . . . .	1905		"
Kesselmitte über Schienoberkante . . . . .	2896		"
Rohrlänge . . . . .	5486		"
Heizfläche d. Feuerbüchse samt Tragrohren . . . . .	22,2		qm
"    "    Rohre . . . . .	197,0		"
"    "    des Überhitzers . . . . .	51,0		"
"    "    — im ganzen — H . . . . .	270,2		"
Rostfläche R . . . . .	4,45		"
Durchmesser der Treibräder D . . . . .	1880	1435	mm
"    "    "    Laufräder vorn . . . . .	914		"
"    "    "    hinten . . . . .	1092		"
"    "    "    Tenderräder . . . . .	1092		"
Fester Achsstand (Achsstand der Kuppelachsen) . . . . .	3886	4801	"
Ganzer Achsstand der Lok. . . . .	10566	10287	"
"    "    "    "    einschl. Tender . . . . .	20206	19926	"
Achsdruck der 1. Achse . . . . .	18,05	7,95	t
"    "    2. " . . . . .	18,05	17,75	"
"    "    3. " . . . . .	19,75	18,00	"
"    "    4. " . . . . .	19,75	18,00	"
"    "    5. " . . . . .	19,75	18,00	"
"    "    6. " . . . . .	16,90	14,95	"
Reibungsgewicht G <sub>1</sub> . . . . .	59,25	71,75	"
Dienstgewicht der Lok. G . . . . .	94,20	94,65	"
"    "    des Tenders . . . . .	73,55		"
Vorrat an Wasser . . . . .	28,3		cbm
"    "    Brennstoff . . . . .	14,0		t
H : R . . . . .	60,8		
H : G . . . . .	2,87	2,86	
H : G <sub>1</sub> . . . . .	4,56	3,77	

R. D.

**1 D 1-h 4 v Schnellzuglokomotive der Italienischen Staatsbahnen.**

(Revue générale des Chemins de Fer 1924, August.)

Nach dem Vorgang der wichtigsten Eisenbahnen des europäischen Festlandes haben nun auch die Italienischen Staatsbahnen vierfach gekuppelte Schnellzuglokomotiven beschafft. Sie sind für die Beförderung der schweren Züge zwischen Rom und Neapel und Rom und Florenz bestimmt, welche beide starke Steigungen aufweisen. Die Lokomotiven lehnen sich im Aufbau und in den Abmessungen fast völlig an die Lokomotive der früheren Sächsischen Staatsbahn\*) an. Nur ist abweichend von diesen der Antrieb sämtlicher Zylinder von der zweiten auf die dritte Kuppelachse verlegt worden, wobei, wie bei der württembergischen 1 F Lokomotive, auch die zweite Kuppelachse leicht gekröpft werden mußte. Die vordere Laufachse und die erste Kuppelachse sind, wie in Italien üblich, in einem Zarahgestell vereinigt, die Schleppachse ist als Bisselachse mit Aufsenlagern nach amerikanischem Muster ausgebildet. Die Zylinder-

\*) Organ 1919, S. 190.

anordnung von Plancher ist verlassen; die Hochdruckzylinder liegen wieder beide innen mit einer Neigung von 70, die Niederdruckzylinder aufsen und wagrecht. Je ein Hoch- und Niederdruckzylinder bildet mit den dazugehörigen beiden Kolbenschiebern ein Gufsstück. Zur Befestigung an den Blechrahmen führen von unten her Schlitzte in die Gufsstücke. Die Feuerbüchse hat eine 790 mm lange Verbrennungskammer, der Rost ist abweichend von der 2 C 1 Lokomotive wieder rechteckigen statt des trapezförmigen Querschnitts. Der Tender ruht auf zwei zweiachsigen Drehgestellen.

Die Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck p . . . . .	14 at
Zylinderdurchmesser, Hochdruck d . . . . .	490 mm
Zylinderdurchmesser, Niederdruck d <sub>1</sub> . . . . .	720 "
Kolbenhub h . . . . .	680 "
Kesseldurchmesser aufsen (in der Mitte) . . . . .	1640 "
Feuerbüchse, Länge . . . . .	2500 "
"    "    Weite . . . . .	1700 "
Heizrohre, Anzahl . . . . .	180 Stück
"    "    Durchmesser . . . . .	47/2 mm
Rauchrohre, Anzahl . . . . .	27 Stück
"    "    Durchmesser . . . . .	125/133 mm
Rohrlänge . . . . .	5800 "
Feuerberührte Heizfläche der Feuerbüchse . . . . .	17,0 qm
"    "    "    Rohre . . . . .	215,0 "
"    "    des Überhitzers . . . . .	67,0 "
"    "    — im Ganzen — H . . . . .	299,0 "
Rostfläche R . . . . .	4,3 "
Durchmesser der Treibräder . . . . .	1895 mm
Fester Achsstand . . . . .	4015 "
Ganzer Achsstand der Lokomotive . . . . .	11425 "
Reibungsgewicht G <sub>1</sub> . . . . .	64,8 t
Dienstgewicht der Lokomotive G . . . . .	85,6 "
Vorrat an Wasser . . . . .	22,0 cbm
Vorrat an Brennstoff . . . . .	6,0 t

R. D.

**Lokomotiv-Versuchsfahrten auf der englischen Grofsen Westbahn.**

(The Railway Gazette 1924, 2. Mai.)

Die Quelle berichtet über Versuchsfahrten, die vor einiger Zeit bei der englischen Grofsen Westbahn mit einer neuen 2 C-h 4 Lokomotive angestellt worden sind

Von Interesse ist die Durchführung der Versuche, zu welchen der Mefswagen der Bahn herbeigezogen wurde. Er ist in den Bahnwerkstätten in Swindon gebaut, hat eine ganze Länge von 14,75 m und ein Gewicht von 27,15 t. Der Wagen ruht auf zwei zweiachsigen Drehgestellen und besitzt außerdem noch ein besonderes Rad zum Antrieb der Mefgeräte. Der Mefraum ist 8,3 m lang und an seiner weitesten Stelle — neben dem Mefstisch — 2,6 m breit. Die gröfsere Breite an dieser Stelle gestattet ein leichteres Hantieren am Mefgerät und gibt außerdem noch eine bessere Übersicht über die Strecke. Neben dem Mefraum befindet sich noch ein Waschraum sowie ein gröfseres Abteil, das die Batterie für die elektrisch zu betätigenden Vorrichtungen und verschiedene Werkzeugschränke enthält. Das oben erwähnte Rad, das zum Antrieb der Mefgeräte dient, hat einen gehärteten Reifen von genau bestimmtem Durchmesser. Es kann angehoben werden und befindet sich nur dann in Berührung mit der Schiene, wenn gerade Messungen gemacht werden sollen. Bei den angeführten Versuchsfahrten konnte teils in dem Mefswagen, teils auf der Lokomotive selbst folgendes gemessen werden:

1. Die indizierte Leistung.
2. Der Dampfdruck im Schieberkasten.
3. Zugkraft und Leistung am Zughaken.
4. Die Geschwindigkeit.
5. Kesselüberdruck, Füllung, Regleröffnung und Höhe des Wasserstandes.
6. Der Kohlen-, Wasser- und Ölverbrauch.
7. Die Luftverdünnung in Rauchkammer und Aschkasten.
8. Die Speisewassertemperatur im Tender und beim Eintritt in den Kessel.
9. Der Druck des Abdampfes beim Eintritt in die Abdampf-Strahlpumpe.
10. Die Temperatur der Heizgase in den Rauchrohren und in der Rauchkammer sowie die Dampftemperatur vor dem Überhitzer, hinter diesem und im Schieberkasten.

11. Die chemische Zusammensetzung der Rauchgase, der Kohle, der Lösche in der Rauchkammer und im Aschkasten.
12. Das Gewicht der Rückstände in Rauchkammer und Aschkasten.
13. Die Wind- und Wetterverhältnisse.

Zu den Messungen unter Ziffer 1 und 2 dienten vier Crosby-Indikatoren, die an dem rechtsseitigen Innen- und Außenzylinder und Schieberkasten unter Verwendung von Dreiweghähnen je nach Bedarf vorn oder hinten angeschlossen wurden. Die Diagramme wurden von einem Mann abgenommen, der neben den Zylindern in einem besonderen Schutzkasten untergebracht war und sich mit dem Meßwagen durch elektrische Läutesignale verständigen konnte. Zu den Messungen unter Ziffer 3 diente ein Zugkraftmesser am Meßwagen, der in der üblichen Weise mit der Zugvorrichtung verbunden war. Die Geschwindigkeit wurde durch einen elektromagnetischen Apparat aufgezeichnet, der nur ganz geringe Fehler zeigen soll. Die Messungen der Ziffer 5 nahm ein Mann im Führerstand vor und zwar jeweils auf ein elektrisches Klingelzeichen aus dem Meßwagen hin. Zur Messung des Kohlenverbrauchs wurde der Tender vor und nach der Fahrt beidemal mit voll aufgefülltem Wasserbehälter genau gewogen. Dabei wurde darauf gesehen, daß vor und nach der Fahrt jedesmal etwa dieselbe Kohlenmenge auf dem Rost war; auch wurde die gesamte, vor Beginn der Fahrt verbrannte Menge nicht vom Tender entnommen. Zur Messung des Wasserverbrauchs war eine besondere Vorrichtung am Tender angebracht, die durch Auffüllen des Tenders an einem Siemens-Wassermesser geeicht wurde. Das Schlabberwasser betrug nach Vorversuchen nur etwa 10% des ganzen Verbrauchs und konnte deshalb vernachlässigt werden. Dagegen mußte der Wasserverbrauch zum Nässen der Kohle festgestellt werden. Man schaltete zu diesem Zweck den Hahn der Näßvorrichtung in der Weise in einen elektrischen Stromkreis ein, daß die ganze Zeit, während welcher der Hahn geöffnet war, im Meßwagen festgestellt werden konnte. Da das Durchgangsvermögen des Hahns gemessen werden konnte, war damit auch der Wasserverbrauch bekannt. Der Ölverbrauch wurde durch Messen des Vorrats vor und nach der Fahrt bestimmt. Alle Schmiergefäße wurden vor Beginn der Fahrt noch mit nicht gemessenem und nach der Fahrt mit gemessenem Öl vollständig gefüllt. So ergab sich dann nur der reine Verbrauch während der Fahrt. Die Messungen der Ziffer 7 wurden mit den üblichen U-förmigen Druckmessern vorgenommen, beide etwa in der Mitte des betreffenden Raumes. Die Druckmesser wurden links vorn an der Lokomotive angebaut und von einem Mann bedient, der zugleich die Hähne für die Rauchgasanalyse versorgte. Die Temperatur des Speisewassers im Tender wurde mittels eines gewöhnlichen Wärmemessers festgestellt, diejenige beim Eintritt in den Kessel mit einem solchen von Negretti und Zambra. Zur Messung des Dampfdrucks beim Eintritt in die Strahlpumpe diente ein Bourdon-Druckmesser, der in Swindon für die Messung geringer Drücke besonders zugerichtet war. Die Messungen der Ziffer 10 wurden alle mit einem thermoelektrischen Foster-Pyrometer vorgenommen, die Rauchgasanalyse mit einem Orsatt-Apparat. Von der Kohle und Asche wurden nach jeder Fahrt Proben entnommen und in dem Laboratorium in Swindon untersucht. Die Windrichtung wurde von Windfahnen abgenommen, die Windstärke mit einem Lownes-Windmesser festgestellt.

Die Versuche verliefen zur vollen Zufriedenheit. Vor einem Zug von 480 t soll die Lokomotive auf günstigen Strecken Geschwindigkeiten bis zu 130 km/Std. erreicht haben. R. D.

### Dreiaxsiges Drehgestell mit Bogeneinstellung der Achsen.

(Railway Age 1924, 2. Halbj. Nr. 12 v. 20. Sept.)

Versuche mit Drehgestellen der Boyden Steel Corporation, Baltimore, Md, von eigenartiger Bauart wurden auf der Virginia-Eisenbahn mit befriedigendem Ergebnis angestellt. Sie sind unter offenen Güterwagen von 100 und 120 t Tragfähigkeit seit Mai 1924 angewendet.

Der Hauptzweck beim Bau dieser Drehgestelle war, eine Verminderung des Widerstandes in Gleiskrümmungen und die Vermehrung der senkrechten Ausgleichmöglichkeit zu erreichen. Dies wurde erreicht durch eine Bauart, die 3 Achsen mit radialer Einstellung in Gleiskrümmungen zuläßt.

Abb. 1 zeigt eine Ansicht des Drehgestells von oben, Abb. 2 die Oberansicht der drei Achsrahmen, Abb. 3 die Unteransicht des sich auf die drei Achsrahmen aufliegenden Tragwerks, das die

Wiege eines gewöhnlichen Drehgestells vertritt. Die beiden Endachsrahmen A A (Abb. 2) aus einem Gußstück, in welchen die beiden Endachsen mit Federn auf die Achsbüchsen gelagert, stützen sich mittels Kugel und Pfanne in den Punkten C C auf den Mittelachsrahmen B in der Drehgestellängsachse auf. Das Wagengewicht wird von den beiden parallelen Längsbalken F des Tragwerks in den 4 Auflagepunkten D auf die beiden Endachsrahmen A A und erst von hier aus gleichmäßig auf die Endachsen und auf die Mittelachse verteilt. An den Stützpunkten D ist zur Verminderung der Reibung je eine Rolle aus Manganstahl eingeschaltet.

Abb. 1. Ansicht des Drehgestells von oben.

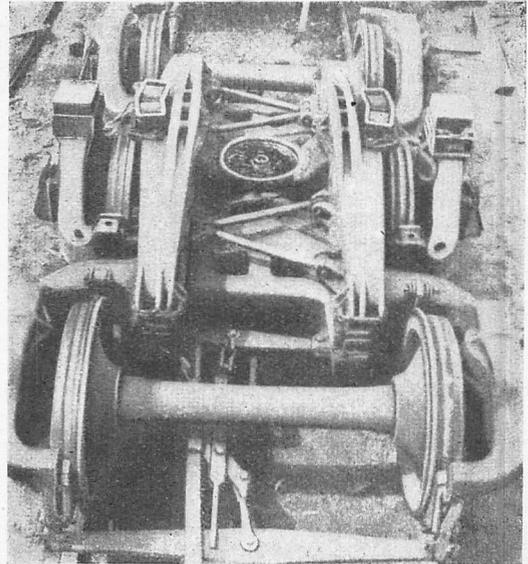


Abb. 2. Ansicht der 3 Achsrahmen von oben.

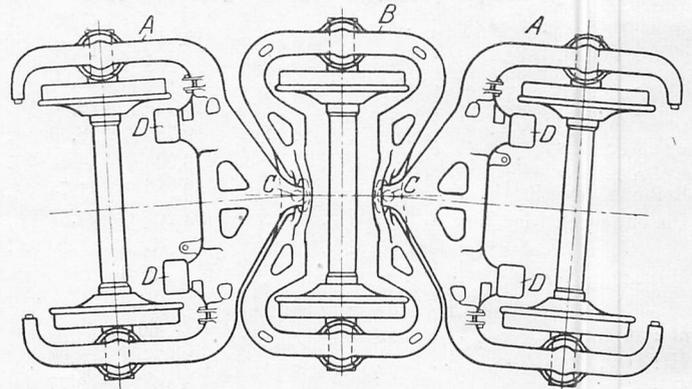
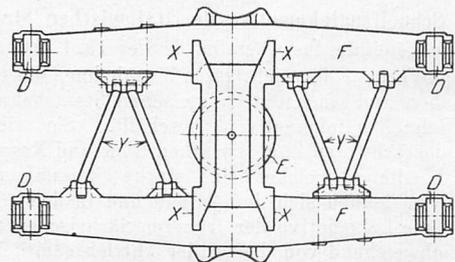


Abb. 3. Ansicht des Tragwerks von unten.



Das Tragwerk (Abb. 3), aus drei Hauptteilen bestehend, ist so gebaut, daß die beiden Längsträger FF sich in lotrechter Richtung gegenseitig bewegen können, während sie in wagrechter Richtung starr sind. Dies wird durch die im Dreieck angeordneten Doppelverbindungsglieder YY erreicht. Die die Drehpfanne E tragende Brücke greift sattelförmig über die Mittelachse über, ohne diese zu berühren. Die senkrechten Flächen der Brücke bei X werden

zwischen entsprechenden senkrechten Flächen des mittleren Achsrahmens mit ganz geringem Spielraum geführt. Auf diese Weise wird die mittlere Achse stets im rechten Winkel zu der Längsachse des Tragwerks bzw. zur Gleisachse gehalten, sie kann jedoch in Gleiskrümmungen unter Gleitbewegung an den Flächen X die erforderliche Seitenbewegung ausführen. Diese Verschiebbarkeit der Mittelachse wird begrenzt durch den Anschlag der Brücke an dem mittleren Achsrahmen bei einer Gleiskrümmung von ca. 20 m.

Am Mittelachsrahmen sind seitlich von den zur Aufnahme des Wagenkastens dienenden Tragrollen des Tragwerks noch besondere Abfangböcke angebracht, deren Oberfläche etwas tiefer als die der Tragrollen liegt. Dies hat den Zweck größere Schwankungen des Wagens zu verhindern, wenn das vordere oder hintere Rad über eine vertiefte Gleisstelle rollt und durch die Ausgleichwirkung der Rahmen eine Senkung des Tragwerks eintritt. Es ruht dann das Wagengewicht vorübergehend für einen sehr kurzen Zeitraum auf den Abfangböcken auf, bevor das Schwanken einen nennenswerten Betrag erreicht hat. Wenn die Räder wieder auf das ebene Gleis gelangen wird der Abfangbock wieder frei. Das Schwanken des Wagens soll

hierdurch besonders bei kritischen Geschwindigkeiten in bemerkenswertem Grade abgemindert werden, ohne daß die Mittelachse zu überanstrengt wird. Diese Abfangböcke sind jedoch nur versuchsweise angebracht worden; sie fehlen bei der für den Betrieb bestimmten Bauart. Der Gesamtgrad eines solchen dreiachsigen Drehgestells ist 3,048 m.

Das Drehgestell soll folgende Vorteile bieten: Betriebssicherheit unter außergewöhnlichen Belastungsbedingungen durch Abfangen der Seitenschwankungen; daher besserer lotrechter Ausgleich der Bewegungen und Verminderung der Gefahr einer Achsentlastung; Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeit für schwere Lastwagen; verminderter Krümmungswiderstand durch die radiale Einstellung der Achsen; daher geringere Zugkraft und geringere Abnutzung der Räder und Schienen; gleichmäßige Abnutzung der Spurkränze und Laufflächen aller 6 Reifen eines Drehgestells; gute Lastverteilung auf den Oberbau durch den großen Radstand; der Zusammenbau der Hauptbauteile erfordert weder Bolzen, noch Schrauben, noch Nieten; alle Teile sind im Betrieb leicht zu überwachen; gute Zugänglichkeit der Bremssteile. Ph.

## Betrieb in technischer Beziehung; Sicherungswesen.

### Die farbigen Signalgläser bei den Russischen Bahnen.

Von Ing. Tschschowskij.

(Technika i Ekonomika Putej Soobschenja 1924, Nr. 6.)

Regeln, Formen oder technische Bedingungen für farbige Signalgläser hat das russische Verkehrswesen nie besessen, sondern es benützte, was ihm der eine oder andere lieferte. Es bestand eine unglaubliche Buntheit, die das frühere Ministerium nicht beanstandete. Die Grundsignalfarben waren: rot, grün und milchweiß (für Weichensignale), aber die Eisenbahnen wandten auch noch gelb, blau und violett an. Als man neuerdings wegen der Möglichkeit der Einführung gelben Lichtes umfragte, liefen von den Eisenbahnen sonderbare Antworten ein. Gegen das gelbe Licht wurde Einspruch erhoben wegen der Möglichkeit aller möglichen Verwechslungen. Die Unstimmigkeiten klärten sich auf, als farbige Mustergläser einverlangt wurden. Die praktische Zusammensetzung der farbigen Gläser zeigte sich so verschiedenerart, daß die Möglichkeit von Irrtümern wohl verständlich war. Im Krieg waren dazu Auslandsbezüge von Signalgläsern ganz unterbunden und im Inland hatte die Erzeugung aufgehört. Neuordnung war dringend und man beschloß, um vom Ausland unabhängig zu sein, eine eigene russische Erzeugung normaler Signalgläser zu schaffen. Die Erhebungen über den Stand der Sache im Ausland ergaben, daß die Frage in den Vereinigten Staaten am besten und vollständig wissenschaftlich gearbeitet ist für die 6 Farben: rot, grün, gelb, purpurn, blau und mondweiß.

Für die russischen „Allgemeinen Signalisierungsregeln“ ist eine erweiterte Zusammenstellung farbiger Signalgläser wünschenswert und zwar in den 8 Farben: rot, grün, gelb, blau, purpurn, mondweiß, opalfarbig und milchweiß. Damit ist also unter Hinzufügung zweier Farben die ganze amerikanische Zusammenstellung übernommen und man muß für jede Farbe eine genaue, wissenschaftlich begründete Bezeichnung aufstellen. Zu diesem Zwecke wurden mit Hilfe des König-Martens Spektrophotometers Photometrierungen ausgeführt. Da bei Verwendung der einen oder anderen Signalgläser auch die Lichtquelle eine sehr wesentliche Bedeutung besitzt, wurden die Untersuchungen auch hierauf ausgedehnt. Dieselben zeigen, daß die Änderung der Lichtquelle die Farbwirkung manchmal stark verändert, was sich bei einigen Gläserarten sehr fühlbar macht. Das Licht der elektrischen und insbesondere der Petroleumlampen unterscheidet sich vom Tageslicht durch verhältnismäßigen Mangel an Strahlen kleiner Wellenlänge (blau, grün, gelblich-grün). Aus den bei der Untersuchung erhaltenen Spektren des Lichtes, das bei elektrischer und Petroleumbeleuchtung durch farbige Gläser geht, wurden für verschiedene farbige Gläser Folgerungen gezogen. An der Herstellung farbiger Signalgläser in Rußland arbeitet augenblicklich nur die Kliutschinskische Fabrik bei Wischnij Wolotschek, deren erste Erzeugnisse nabeliegenderweise Mängel aufweisen, an deren Beseitigung aber gearbeitet wird. Später soll eine Zusammenstellung und staatliche Massenerzeugung farbiger Signalgläser für das Verkehrswesen in Rußland geschaffen werden. Dr. S.

## Bücherbesprechungen.

Anwendung der Theorie der endlichen Differenzen auf die Untersuchung durchlaufender Balken. Von Ingenieur Isaak Rabinowitsch, Lehrer an der Moskauer technischen Hochschule. Moskau 1921. (Russisch.)

Veröffentlichungen des Volksausschusses des Verkehrskommissariats.

Die Theorie der durchlaufenden Träger hat gegen früher viel an Bedeutung verloren, weil man aus verschiedenen Gründen, vor allem wegen der Schwierigkeit, die Höhenlagen der Stützpunkte genau einzubalancieren und wegen des Einflusses ungleicher Temperaturveränderungen von dieser Trägerform immer mehr abgekommen ist. Ein Gebiet, auf dem sie früher eine große Rolle spielte und in manchen Berechnungen immer noch spielt (vergl. z. B. die theoretisch längst überholte, aber wegen ihrer Einfachheit immer noch warm vertretene Winklersche Formel), ist der Eisenbahnoberbau. Es mag daher gestattet sein, dem oben angeführten Buch eine kurze Besprechung zu widmen, um so mehr als es vielleicht einer der ersten Literatursendlinge ist, der nach langer, heute noch nicht behobener politischer Trennung aus dem russischen Reich zu uns und in dieser Fachzeitung zur Besprechung gelangt.

Die Theorie der durchlaufenden Balken ist eines der best durchgearbeiteten Gebiete der Baumechanik. Namen wie Clapeyron, Maurice Lévy, Mohr u. a. sind an ihre Bearbeitung geknüpft. Analytische, graphische und graphisch-analytische Verfahren haben sich an ihr versucht. Die graphischen Verfahren haben vielfach den Vorzug der größeren Einfachheit, aber immer bleibt doch das analytische Verfahren das gewichtigste Werkzeug in der Hand des

Forschers. Freilich müssen diese analytischen Verfahren, um für den ausübenden Ingenieur verwendbar zu sein, genügend einfach sein. In seinem vorliegenden Buch bringt I. Rabinowitsch auf die Berechnung des durchlaufenden Balkens die Theorie der „endlichen Differenzen“ zur Anwendung. Diese Theorie ist geschöpft aus: Berechnung endlicher Differenzen von A. Markoff, Odessa 1910, Kap. IV und VI (die bei uns in deutscher Übersetzung von Friesendorf und Prümmer Leipzig, Verlag Teubner 1896 herausgekommene „Differenzenrechnung“ von A. Markoff scheint etwas anderes zu sein als das bezeichnete neuere Buch Markoffs). Er kommt durch die Einführung dieser Theorie um den ermüdenden Zwang, eine Reihe von Stützmomentengleichungen zu lösen, herum und gewinnt den Vorteil, in allen für die Ausübung wichtigeren Fällen unmittelbar ohne alle Zwischenrechnungen in Form einer allgemeinen Formel, die einige von ihm eingeführte Festwerte enthält, den Ausdruck des Biegemomentes in einem beliebigen Querschnitt eines beliebigen Feldes eines durchlaufenden Balkens mit willkürlicher Anzahl von Stützpunkten und für jede Lastenstellung niederzuschreiben. Auf diese Weise setzt er an Stelle der Gleichung der 3 Stützpunkte von Clapeyron oder der Gleichung der 2 Momente von Maurice Lévy die Gleichung oder Formel eines Momentes. Damit ergibt sich die Möglichkeit, mit einem Male auch die Querkräfte, die Auflagergedrücke usw. zu bestimmen. Bei Benützung dieser Formel wird an Arbeitsaufwand außerordentlich gespart, nicht minder wichtig aber erscheint eine andere Erwägung: Dadurch daß die neuen Formeln unmittelbar die Abhängigkeit des Momentes von den

Hauptfaktoren wiedergeben, d. i. von der Lage und Beschaffenheit der Last, von der Nummer des belasteten und des untersuchten Feldes, sowie von der Lage des untersuchten Querschnittes und daß sie keine Hilfsgrößen enthalten, die diese unmittelbare Beziehung verschleiern können, gewähren sie die Möglichkeit, nicht nur auf einmal die verlangten Werte zu bestimmen, sondern auch die verschiedenen Beziehungen zwischen diesen Größen leicht zu durchschauen und neue Eigenschaften des durchlaufenden Balkens aufzudecken. Rabinowitsch stellte sich nicht die Aufgabe, alle Fragen der Theorie des durchlaufenden Balkens zu lösen, die die Anwendung der Theorie der endlichen Differenzen zulassen. Er wollte nur einerseits eine leichte Berechnung durchlaufender Balken mit großer Felderzahl erreichen und andererseits die Leichtigkeit der Ergebnisse und die Allgemeingültigkeit der Formeln beweisen, die bei der Anwendung dieses Verfahrens der endlichen Differenzen auf die Lösung einiger Fragen der Baumechanik erzielt werden.

Rabinowitsch untersucht nach einleitender Darstellung seines Verfahrens den durchlaufenden Balken mit gleichen Feldern, der in einem einzigen Feld eine Last trägt, und zwar bei beiderseits frei aufliegenden, beiderseits eingespannten Enden und bei einerseits frei aufliegendem, andererseits eingespanntem Ende, dann den nämlichen durchlaufenden Balken bei den nämlichen Lagerungen der Enden mit lauter gleichen Lasten und gleichen Laststellungen in sämtlichen Feldern. Weiter untersucht er den Einfluß von Kragenden und elastischer Anordnung der Balkenenden, die Momenteneinflusslinien, ebenfalls bei obigen 3 Lagerungsfällen der Enden, den Einfluß der lotrechten Verschiebung eines Auflagerpunktes und einige weitere Anwendungen der Theorie der endlichen Differenzen auf den durchlaufenden Balken mit verschiedenen Feldergruppen. Zum Schlusse gibt er noch einen kurzen Ausblick auf den durchlaufend elastisch aufgelagerten und gleichmäßig belasteten Balken (nach Timoschenko, Lehrbuch der Elastizitätstheorie II. Teil St. Petersburg 1916, S. 15), auf den durchlaufenden, durch Längskräfte gedrückten Balken (Timoschenko, wie vor, S. 33) und auf den durchlaufenden Balken auf elastischen Stützen.

Die beim Studium des Rabinowitschschen Buches erweckten Eindrücke lassen erkennen, daß die langjährige Unterbrechung in der Übermittlung wissenschaftlicher Fortschritte in Rußland an das Ausland manche Lücke geschaffen hat und daß an Übertragung wichtiger russischer wissenschaftlicher Werke aus der letzten Zeit viel nachzuholen ist.

Dr. Saller.

**Vorarbeiten für Eisenbahn und Straßen** von G. Claus Reg.- und Baurat, Frankfurt a. M., neu bearbeitet, 5. Auflage, 457 Seiten, 129 Textblätter, 8 Tafeln. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann 1924. Geb. M 27.—.

Auf dem Gebiete der Vorarbeiten sind in den letzten 20 Jahren, seitdem die 4. Auflage des vorliegenden Werkes von Oberschulte bearbeitet, erschienen ist, wesentliche Fortschritte, wenn wir von der Geländeaufnahme absehen, nicht zu verzeichnen und so erscheint es natürlich, daß die neue Auflage von der früheren nicht allzusehr abweicht.

Der Umfang der neuen Bearbeitung umfaßt 457 gegen 352 Seiten. Die Absicht, in demselben Band auch die Vorarbeiten für Kanäle mitzubearbeiten, wurde zunächst nicht durchgeführt. Daß die Vorarbeiten für Straßen und Eisenbahnen auch in der neuen Auflage gemeinschaftlich behandelt sind, erscheint bei der großen Verwandtschaft der beiderseitigen Aufgaben durchaus zweckmäßig.

Wesentlich umgearbeitet ist der Abschnitt über die Geländeaufnahme mittels der Photogrammetrie unter Benutzung des Pulfrischen Verfahrens, des Stereokomparators und des Sterioautographen von Orell-Zeiss. Hier wird unter Beigabe von neuen Abbildungen zutreffend ausgeführt, daß das Lichtbildmefsverfahren die Tachymeteraufnahme nicht ganz verdrängen wird. Das Luftbildmefsverfahren wird kurz berührt. Das Literaturverzeichnis ist durch einen besonderen Abschnitt über das Lichtbildmefsverfahren ergänzt.

In dem Abschnitt über ausführliche Vorarbeiten, ist bei der Aufnahme der Querschnitte der Puller'sche Staffelapparat und der zum raschen Herstellen von Schichtenplänen geeignete Schichtenzirkel von Opešnigg beschrieben. Ferner ist die Prüfung von der Winkelmessung durch Azimutmessung aufgenommen, desgleichen das Verfahren von Hättasch zum unmittelbaren Zeichnen der Höhenlinien. Neue Abbildungen des Wagner-Fennelschen Tachymeters und des Tachygraphometers und des Puller-Breithauptschen

Schnellmessers erweitern den Abschnitt über das Verfahren zur eingehenderen Geländeaufnahme.

Über den Abschnitt bei den allgemeinen Vorarbeiten sind die neuen Vorschriften über allgemeine Vorarbeiten in Preußen neben den älteren bayrischen und sächsischen wiedergegeben.

Die Frage der Spurweite ist nur in dem I. Abschnitt, S. 3 unter Allgemeines und Einteilung der Bahnen behandelt, während sie bei der Entwicklung des Programms vor dem Absatz über Kronenbreite gestrichen ist, während die Frage der Spurweite doch auch hier zu erörtern bleibt. Ein Hinweis auf den 5. Band, 7. Abt. des Handbuchs über Spurbahnen von Birk und auf die Leistungsfähigkeiten der Schmalspurbahnen wäre u. E. hier am Platze gewesen. — Unter den allgemeinen Regeln für technische Linienbestimmung § 9 ist die Behandlung der künstlichen Längenentwicklung unter Beifügung von neuen Abbildungen wie auch derjenigen für die Beseitigung der Spitzkehre bei Elm bedeutend erweitert. Auch ist auf die Möglichkeit der Anwendung von Steilbahnen hingewiesen. Bei der Besprechung der Sicherung des Bahnkörpers vermissen wir bei der Literaturangabe über Schneeverwehungen das wertvolle Werk von Pollack über Lawinenbau in Österreich und bei der Anführung der Röllschen Enzyklopädie wäre die neue Auflage von 1917 anstatt der 1894 zu nennen. Bei der Frage der Führung der Linie durch Torfmoore würde ein Hinweis auf die Danziger Dienstanweisung wohl am Platze sein. (Vergl. Roellsche Encykl. Band 8, S. 285.)

Bei den Wegeübergängen Seite 9 wäre der wichtige Gesichtspunkt der Übersichtlichkeit und der etwaigen Notwendigkeit einer Schrankenordnung wenigstens zu berühren. Die wichtige Frage der Feststellung der Lichtweiten der Durchlässe hätte vielleicht etwas eingehender behandelt werden können.

Der Abschnitt über Zugwiderstände ist namentlich erweitert durch Aufnahme der Frankschen Formel. Die Anführung der zweckmäßigsten Steigung erscheint veraltet.

Ein Hinweis auf die Zweckmäßigkeit der Stellung der Hochbauten, namentlich im Auftrag mit Rücksicht auf ihre Gründung wäre wohl nicht unangebracht.

Bei der Behandlung der Massenverteilung auf zeichnerischem Wege wäre die Verbesserung und Erweiterung durch R. Schütz und somit auch Abänderung des Steigungsmafsstabes auf 8, Tafel 6 wohl Wert angeführt zu werden. (Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1908). Auch wäre es nicht unzweckmäßig zu erwähnen, daß die zeichnerische Massenentwicklung nichts anderes als eine graphische Integration darstellt. Bei der Besprechung der einzelnen Titel des Kostenanschlages sind eine Reihe von Tabellen und Kostenangaben auf neueren Grundlagen verbessert, wie dies auch sonst geschehen ist.

Der Abschnitt über Grunderwerb ist durch Hervorhebung des Planfeststellungsverfahrens und der Anführung der bevorstehenden Zuständigkeit des Reiches den jetzigen Verhältnissen entsprechend gestaltet. Auch sind die Vorschriften des Vermessungswesens von 1913 der Preussisch-Hessischen Eisenbahngemeinschaft angenommen.

In dem Anhang ist unter den gesetzlichen und anderen Vorschriften ein Auszug aus der Eisenbahnbau- und Betriebsordnung noch nach der Ausgabe 1905 aufgenommen, während die von 1913 Änderungen aufweist.

Bei Vorarbeiten über Straßen sind die neuen Verkehrsverhältnisse, veranlaßt durch die Zunahme des Kraftwagenverkehrs, kurz berührt. Hier wäre eine Darstellung des Einflusses auf Steigung, Krümmung und Querschnitt der Kraftwagenstraßen erwünscht gewesen. Die preussische Instruktion über den Straßenbau wäre wohl zweckmäßiger im Zusammenhang wiedergegeben worden. Die Abbildung 125, Seite 420 dürfte bei einer neuen Auflage durch eine neue ersetzt werden.

Zu bedauern ist der Fortfall der farbigen Ausführung der Tafeln und des Sachverzeichnisses. Die durch die neue Fassung und den Übergang der Staatsbahnen an das Reich geschaffenen Veränderungen in den Verwaltungsbehörden sind nicht überall folgerichtig durchgeführt. In dem übernommenen Literaturverzeichnis vermissen wir an einzelnen Stellen wichtige ältere und neuere Werke, wenn sie auch zum Teil im Text angeführt sind. Auch könnte eine Reihe entbehrlicher Fremdwörter durch deutsche Ausdrücke ersetzt werden.

Von diesen kleinen Ausstellungen abgesehen, möchten wir zusammenfassend den vorliegenden Band des Handbuchs in seiner neuen sachgemäßen Bearbeitung als einen unentbehrlichen Ratgeber sowohl beim Unterricht als beim Studium und auch in der Ausübung bezeichnen und empfehlen ihn den Fachgenossen aufs wärmste.

H. Wegele.