

### Neuere Methoden für die Betriebsuntersuchung flachgeneigter Bahnhöfe.

Von Dr.-Ing. W. Müller, o. Professor a. d. Technischen Hochschule Dresden.

Hierzu Tafel 18 und 19.

Für die Ermittlung und Darstellung der Zeiten der Zug- und Rangierbewegung auf Bahnhöfen aus den Bewegungskräften und Widerständen sowie der Zeiten für Einstellen und Signalisieren der Fahrstraßen und für die betriebstechnischen Arbeiten an Lokomotiven und Wagen sollen Methoden nachstehend entwickelt werden. Der Zweck dieser Untersuchungen ist, ein zuverlässiges und anschauliches Bild dieser Betriebsvorgänge, der Inanspruchnahme der Gleisanlagen sowie des Aufwands an Zeit und Kraft zu erhalten, die auch für die Kostenermittlung ausgewertet werden sollen. Beim Entwerfen von Bahnhofsanlagen dienen weiterhin derartige Untersuchungen dem wirtschaftlichen Vergleich der Gleispläne. Für Bahnhofsanlagen können durch Aneinanderreihen der ermittelten Zeiten für die verschiedenen Zug- und Rangiervorgänge unter Berücksichtigung der gegenseitigen Behinderungen die Betriebspläne aufgestellt werden. Es handelt sich bei den Zugsbewegungen insbesondere um die Ermittlung der Zeiten, in denen ein Zug einem anderen gleicher Richtung folgen kann, wenn zwischen beiden eine die Fahrstraße kreuzende andere Zug- oder Rangierfahrt stattfindet. Die einzelnen Fahrten reihen sich hierbei nicht unmittelbar aneinander, sondern zwischen ihnen sind die Fahrstraßen einzustellen sowie die Signale und die Blockeinrichtungen zu bedienen. Auch bei der Durchführung der Rangieraufträge folgt nicht eine Rangierbewegung unmittelbar der anderen, da sich die Beteiligten über die Rangieraufgaben verständigen müssen und an den stehenden Fahrzeugen Arbeiten auszuführen sind.

Damit eine zuverlässige Vorausberechnung der Zugfolgezeiten und der Zeiten für die Durchführung der Rangieraufträge gewährleistet ist, sind alle diese Arbeiten durch Zeitstudien zu ermitteln und hierbei soweit zu unterteilen, daß die Zeitdauer dieser Arbeitselemente von der Örtlichkeit unabhängig ist. Dann können die auf einem Bahnhof festgestellten Zeiten auch auf andere übertragen werden.

Bei allen Eisenbahnunternehmungen sind besonders nach dem Kriege umfangreiche Arbeits- und Zeitstudien durchgeführt worden. Sie waren aber in der Hauptsache örtlicher Natur, um den bisherigen Betrieb des zu untersuchenden Bahnhofs zu verbessern; weniger sind sie zu verwenden für spätere Entwürfe von Neu- und Umbauten anderer Bahnhöfe. Es wurde daher auch wohl weniger die Unterteilung der Arbeiten in die vorgenannten Arbeitselemente, die von der Örtlichkeit unabhängig sind, angestrebt.

Diese Lücken suchen zwei von der Bauingenieurabteilung der Technischen Hochschule Dresden genehmigte Dr.-Ing.-Dissertationen auszufüllen, und zwar für die Signal- und Blockbedienung die Arbeit: „Vergleichende Arbeits- und Zeitstudien über den sächsischen und preußischen Blockdienst.“ Dresden 1930 von Reichsbahnrat Dr.-Ing. K. Hofmann (R.B.D. Dresden), und für die Rangieraufgaben die Arbeit: „Betriebswissenschaftliche Untersuchung über den Verschiebedienst ohne Ablaufanlagen“ von Reichsbahnrat Dr.-Ing. E. Massute (R.B.D. Dresden), Organ 1933, Heft 4. Ergebnisse dieser Untersuchungen werden mit Erlaubnis der Verfasser an

den in Frage kommenden Stellen der vorliegenden Abhandlung soweit erforderlich bekanntgegeben.

Als Grundlagen für die Ermittlung der Zugsbewegung dienen die Lokomotivleistungstafeln (LLv-Tafeln) die von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für die einzelnen Lokomotivgattungen aufgestellt werden und die indizierten Zugkräfte, Geschwindigkeiten und Zylinderfüllungen in Abhängigkeit von dem Kohlenverbrauch je Sekunde angeben. Zur Ermittlung der Widerstände werden die neuesten im Schrifttum angegebenen Gleichungen verwendet. Die Zugsbewegungen werden aus den Druckdiagrammen der Bremszylinder und aus den von Metzko aufgestellten Tafeln für die Abhängigkeit zwischen Bremsklotzreibung, Bremsklotzdruck und Fahrgeschwindigkeit (Glaser's Annalen 1926, S. 157, Band 99) hergeleitet. Zur Ermittlung der mit geringeren Geschwindigkeiten ausgeführten Rangierbewegungen dienen die von E. Massute durch Beobachtungen und Messungen festgestellten mittleren Anfahrbeschleunigungen und Bremsverzögerungen, die in Zusammenstellung I (S. 218) angeführt sind.

Damit man anschaulich erkennen kann, wie die Gleisanlagen durch die Zug- und Rangierbewegung beansprucht werden, ist es erforderlich, daß man die Bewegungen unmittelbar in die Fahrwege einträgt. Die Darstellung der Bewegungen durch Tabellen, Zeit-Weg-Linien oder Geschwindigkeits-Weg-Linien scheidet ganz aus, weil sie zweidimensional ist und daher sich eine unmittelbare Verbindung von Bewegungsbild und Gleisplan gar nicht ausführen läßt. Dies ist nur möglich mit dem von mir früher (Verkehrstechn. Woche 1926, S. 440 usw.) bekanntgegebenen Verfahren zur Ermittlung und Darstellung der Zugsbewegungen, nach dem Weg, Zeit und Geschwindigkeit unmittelbar auf der Gleislinie — also eindimensional — eingetragen werden. Die Darstellung der Zugsbewegungen, bei denen ja auch größere Geschwindigkeiten erreicht werden, geschieht etwas eingehender als die der Rangierbewegungen, bei deren Ermittlung, wie später gezeigt wird, anders zu verfahren ist.

Um die Zugfolgezeiten und die Zeiten für die Durchführung der Rangieraufträge zu erhalten, werden die Zeiten für die Einzelbewegungen und für die Arbeitselemente in einer Tabelle, der sog. Rangierliste, aneinandergereiht, deren Endzahlen dann zur Aufstellung der Betriebspläne verwendet werden können. Weiterhin können diese Rangierlisten für die Kostenermittlung ausgewertet werden.

Diese Methoden sollen nachstehend an drei Beispielen erläutert werden und zwar:

- A. Für die Ermittlung der Zugfolgezeiten bei Güterzugüberholung unter Kreuzung der Gegenrichtung,
- B. für die Ermittlung der Wendezeit eines Personenzugs,
- C. für die Ermittlung des Rangiergeschäfts eines Nahgüterzugs auf einem Durchgangsbahnhof.

Diese drei Beispiele zeigen die verschiedenen Varianten der einheitlichen Methode, je nachdem es sich um Zugsfahrten oder Rangierfahrten handelt.

**Zusammenstellung I.**  
**Von E. Massute ermittelte Werte.**

**A. Für Rangier-Bewegungen.**

<b>I. Anfahren</b>	
a) unter Mitwirkung von Lokomotiven	
Rangierabteilungen bei Überführungsfahrten . . . . .	$\mu_a = 140 \text{ kg/t}; p_{a_{\max}}' = 70 \text{ kg/t}$
„            beim Abstoßen . . . . .	$\mu_a = 140 \text{ kg/t}; p_{a_{\max}}' = 80 \text{ kg/t}$
b) alleinfahrende Lokomotiven . . . . .	$\mu_a = 140 \text{ kg/t}; p_{a_{\max}}' = 70 \text{ kg/t}$ $p_a'$ für $s = 0^0/00$ und $w = 0 \text{ kg/t}$
<b>II. Fahrt mit etwa gleichbleibender Geschwindigkeit</b>	
a) unter Mitwirkung von Lokomotiven	
Rangierabteilungen bei Überführungsfahrten vorwärts . . . . .	$v = 5 \text{ bis } 6 \text{ m/sec (18-22 km/h)}$
„            bei Überführungsfahrten rückwärts:	
1. bei guter Übersicht . . . . .	$v = 5 \text{ bis } 6 \text{ m/sec (18-22 km/h)}$
2. bei weniger guter Übersicht . . . . .	$v \text{ im Mittel} = 3 \text{ m/sec (11 km/h)}$
3. beim Drücken in besetzte Gleise . . . . .	$v = 1 \text{ bis } 3 \text{ m/sec (3,6-11 km/h)}$
„            beim Abstoßen . . . . .	$v_{\max} = 7 \text{ m/sec (25 km/h)}$
„            beim Zusammendrücken von Wagen . . . . .	$v = 1 \text{ bis } 3 \text{ m/sec (3,6-11 km/h)}$
„            beim Zuführen von Wagen zur Gleiswaage . . . . .	$v = 0,3 \text{ bis } 1,5 \text{ m/sec, im Mittel } 0,7 \text{ m/sec}$ $1 \text{ bis } 5 \text{ km/h, im Mittel } 2,5 \text{ km/h}$
b) alleinfahrende Verschiebelokomotiven	
auf längeren Wegen . . . . .	$v = 6 \text{ bis } 8 \text{ m/sec (22-29 km/h)}$
10 bis 20 m vor einer anzukuppelnden Wagengruppe . . . . .	$v = 1 \text{ bis } 2 \text{ m/sec (3,6-7,2 km/h)}$
<b>III. Bremsen</b>	
a) Rangierabteilungen . . . . .	$\mu_b = 100 \text{ kg/t}; p_{b_{\max}}' = 80 \text{ kg/t}$
b) alleinfahrende Lokomotiven . . . . .	$\mu_b = 100 \text{ kg/t}; p_{b_{\max}}' = 80 \text{ kg/t}$ $p_b'$ für $s = 0^0/00$ und $w = 0 \text{ kg/t}$
<b>IV. Fahrt alleinfahrender Wagen und Wagengruppen</b>	
auf dem Ausziehgleis . . . . .	$v_{\max} = 7 \text{ m/sec (25 km/h)}$
in der Weichenstraße und in den Aufstellgleisen	
unbegleitete Wagen und Wagengruppen . . . . .	$v_{\max} = 5 \text{ m/sec (18 km/h)}$
begleitete Wagen und Wagengruppen . . . . .	$v_{\max} = 7 \text{ m/sec (25 km/h)}$

**B. Für Haltezeiten bei der Zugbildung und -zerlegung.**

1. Wendehalt vor dem Vorziehen einer Wagengruppe auf das Ausziehgleis (Ankuppeln)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{im Mittel } 20-34 \text{ Sek.} \\ \text{Mittelwert } 27 \text{ „} \\ 70 \text{ „} \end{array} \right.$
Zuschlag beim Wendehalt vor dem Vorziehen der 1. Gruppe eines neu angekommenen Zuges . . . . .	
2. Wendehalt einer Rangierabteilung auf das Ende des Ausziehgleises vor Beginn des Abstoßens . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{im Mittel } 11-20 \text{ „} \\ \text{Mittelwert } 16 \text{ „} \\ \text{im Mittel } 13-22 \text{ „} \\ \text{Mittelwert } 18 \text{ „} \end{array} \right.$
3. Zwischenhalt einer Rangierabteilung zwischen zwei Stoßbewegungen . . . . .	
4. Wendehalt einer Rangierabteilung vor erneutem Vorziehen auf das Ausziehgleis . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{im Mittel } 11-16 \text{ „} \\ \text{Mittelwert } 13 \text{ „} \end{array} \right.$
5. Zwischenhalt einer alleinfahrenden Verschiebelokomotive nach der letzten Stoßbewegung vor der Fahrt in das nächste Ausgangsgleis . . . . .	
6. Wendehalt einer alleinfahrenden Lokomotive . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Mittelwert } 11 \text{ „} \\ \text{im Mittel } 7-13 \text{ „} \\ \text{Mittelwert } 10 \text{ „} \\ \text{im Mittel } 7-17 \text{ „} \\ \text{Mittelwert } 12 \text{ „} \end{array} \right.$
7. Zwischenhalt beim Schließen von Lücken zwischen Wagengruppen (Ankuppeln) . . . . .	
8. Wendehalt beim Überführen einer Wagengruppe . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Mittelwert } 9 \text{ „} \\ \text{Mittelwert } 27 \text{ „} \end{array} \right.$
9. Wendehalt nach dem Überführen einer Wagengruppe in ihr Bestimmungsgleis (Abkuppeln) . . . . .	
10. Zeitwerte für andere Tätigkeiten, die im Verschiebedienst beim Halten vorkommen.	
a) <i>beim Verschiebedienst allgemein</i>	
Wassernehmen ( $W \text{ m}^3$ Wasservorrat, $W' \text{ m}^3/\text{min}$ ausfließende Wassermenge) . . . . .	$W : W' + 1,25 \frac{1}{2} \text{ Min.}$
Drehen einer Lokomotive (Handbetrieb) . . . . .	
b) <i>beim Verschiebedienst in Güteranlagen:</i>	
Aufenthalt eines Wagens auf der Gleiswaage . . . . .	65 Sek.
Langhängen einer Kupplung und Trennung der Druckluftleitung vor der Zugzerlegung . . . . .	$\frac{1}{2}$ Min.
Anzünden der Lampen einer Verschiebelokomotive . . . . .	2,25 Min.
Aufenthalte beim Bedienen von Anschlußgleisen	
beim Ankuppeln . . . . .	14 Sek.
beim Abkuppeln . . . . .	14 „
beim Richtungswechsel ohne Änderung der Stärke der Rangierabteilung . . . . .	5 Sek.
Aufschließen eines Weichenschlosses und einer benachbarten Gleissperre . . . . .	1,5 Min.
c) <i>beim Verschiebedienst auf Personenbahnhöfen:</i>	
Wendehalt beim Überführen eines Wagenzuges . . . . .	15 Sek.
Wendehalt alleinfahrender Personenzuglokomotiven . . . . .	11 „
Halt nach dem Überführen eines luftgebremsten Wagenzuges (zum Abkuppeln) . . . . .	42 „
Ankuppeln eines Wagenzuges an die Zuglokomotive bei gleichzeitigem Anschluß an die Druckluftleitung . . . . .	40 „
Bremsprobe . . . . .	1,5 Min.

**A. Ermittlung der Zugfolgezeiten bei Güterzugüberholung unter Kreuzung der Gegenrichtung.**

Nach dem Gleisplan (Abb. 1, Taf. 18) des Bahnhofs mit einem Befehlsstellwerk und zwei abhängigen Wärterstellwerken (preußischer Block) sollen drei Fälle untersucht werden:

- a) Durchfahrender Güterzug und ein ins Überholungsgleis unbehindert einfahrender Güterzug der Gegenrichtung,
- b) durchfahrender Güterzug und ein Güterzug der Gegenrichtung, der vor dem Einfahrsignal gehalten hat und dann ins Überholungsgleis fährt,
- c) durchfahrender Güterzug und ein aus dem Überholungsgleis ausfahrender Güterzug der Gegenrichtung.

Die Aufgabe besteht in der Ermittlung der Zeiten I. für die einzelnen Zuggewegungen aus Lokomotiv-, Schwer- und Bremskraft,

II. für die Bedienung der Fahrstraßen und der Sicherungseinrichtungen.

Es sind zunächst die Unterlagen für die Behandlung der drei Fälle aufzustellen.

**Ia. Ermittlung der Zuggewegungen aus Lokomotiv- und Schwerkraft.**

Der Bahnhof ist waagrecht. Die beiden Güterzüge sollen als größte der Strecke gleiches Gewicht, gleiche Länge und gleiche Bespannung haben.

Lokomotivgattung G 56.16 (G 12 pr.)

Gewicht einschließlich Tender  $G_1$  . . . . . = 141 t

Wagengewicht einschließlich Packwagen  $G_w$  . . . . . = 1100 „

Zuggewicht  $G_z$  . . . . . = 1241 t

Zuglänge  $L_z = 500$  m.

Aus der Lokomotiveleistungstafel (Abb. 2, Taf. 18) sind die Zugkräfte  $z$  kg je Tonne Zuggewicht für die Fahrt mit Kraftverbrauch und aus den Gleichungen für die Laufwiderstände  $W_1$  der Lokomotive und für  $w_w$  kg je Tonne des Wagenzugs, die Widerstände bei der Fahrt ohne Kraftverbrauch zu ermitteln. Aus beiden zusammen ist dann über der Geschwindigkeitsachse die Fahrkraftlinie (Abb. 3, Taf. 18) nach folgendem zu zeichnen.

**1. Fahrkräfte und Fahrkraftlinie.**

a) Bei Fahrt ohne Kraftverbrauch ist die Fahrkraft  $p = \pm s - w'$  kg/t; wo  $+s$  0/00 Gefälle,  $-s$  0/00 Steigung,  $w' = \frac{W_1' + G_w \cdot w_w}{G}$  Laufwiderstand in kg je Tonne Zuggewicht

$G$  und  $W_1'$  der gesamte Lokomotivwiderstand auf gerader waagerechter Bahn bei Fahrt ohne Kraftverbrauch,  $G_w$  das Wagenzuggewicht,  $w_w$  kg/t der Laufwiderstand je Tonne Wagenzuggewicht ist. Die Werte  $w'$  (Abb. 3, Taf. 18) werden für verschiedene Geschwindigkeiten  $V$  unterhalb einer  $V$ -Achse zur  $w'$ -Linie aufgetragen. Die Höhen zwischen der  $w'$ -Linie und den Waagerechten im Abstand  $+s$  0/00 unterhalb oder  $-s$  0/00 oberhalb der  $V$ -Achse sind die Fahrkräfte  $p = \pm s - w'$  kg/t (Abb. 3, Taf. 18).

b) Bei Fahrt mit Kraftverbrauch auf einer Steigung  $s$  0/00 ist bei gleichförmiger Geschwindigkeit  $Z_i + (-W_1) + G_1 \cdot (-s) + G_w \cdot (-s - w_w) = 0$  und die indizierte Zugkraft  $Z_i = W_1 + G_1 \cdot s + G_w \cdot (s + w_w)$  kg, also gleich dem Zugwiderstand. Dabei ist  $W_1$  der Lokomotivwiderstand auf waagerechter, gerader Bahn bei Fahrt mit Kraftverbrauch. Er unterscheidet sich von  $W_1'$  dadurch, daß an Stelle des Luftwiderstands in den Zylindern  $W_{III}$  der Widerstand  $c_{13} \cdot Z_i$  infolge der Übertragung der Zugkräfte  $Z_i$  von den Zylindern durch das Triebwerk auf den Treibradumfang tritt. Es ist daher

$$W_1 = W_1' + c_{13} \cdot Z_i - W_{III}$$

wo  $W_1' = c_{11} G_1 + c_{12} \cdot G_2 + c_{14} \left(\frac{V}{10}\right)^2$  kg ist.

Eingesetzt ist

$$Z_i = W_1' + c_{13} \cdot Z_i - W_{III} + G_1 \cdot s + G_w (s + w_w),$$

oder durch  $G$  dividiert ist die Zugkraft je Tonne Zuggewicht

$$z = \frac{Z_i (1 - c_{13}) + W_{III}}{G} = \frac{W_1' + G_w \cdot w_w}{G} + \frac{s (G_1 + G_w)}{G} = w' + s \quad \text{kg/t.}$$

Zeichnerisch kann  $z = s + w'$  für die verschiedenen Geschwindigkeiten  $V$  aus den Lokomotiveleistungstafeln der Reichsbahn (LLV-Tafeln), die die indizierten Zugkräfte  $Z_i$  in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $V$  km/h, dem Kohlenverbrauch  $\beta$  kg/sec und der Füllung  $\varepsilon$  % darstellen (s. Abb. 2, Taf. 18) abgegriffen werden, nachdem man in diese die Linie der Fahrweise sowie im Kräftemaßstab der Fahrkraftlinie von der  $Z_i$ -Achse links im Abstände  $W_{III}:G$  eine Linie und rechts vom Koordinatennullpunkt aus einen Strahl zieht, der von einem beliebigen  $Z_i$  den Abstand  $Z_i (1 - c_{13}):G$  hat. In Abb. 2, Taf. 18 sind für  $G_z = 1241$  t,  $W_{III} = 770$  kg eingetragen  $W_{III}:G = 0,62$  0/00 und für  $Z_i = 17000$  kg,  $c_{13} = 0,04$ , ebenfalls  $Z_i (1 - c_{13}):G = 17000 \cdot 0,96:1241 = 13,1$  0/00 und die angegebenen Linien gezogen. Daher ist  $s + w' = \frac{Z_i (1 - c_{13}) + W_{III}}{G}$

= 13,1 + 0,62 = 13,72 0/00. Geht man sodann z. B. von dem Schnittpunkt  $l$  der Linie der Fahrweise mit der  $Z_i$ -Linie für  $V = 40$  km/h waagrecht nach links, so kann man zwischen der Linie für  $W_{III}:G$  und dem Strahl  $s + w'$  als Strecke 2-3 abgreifen und diese von der  $w'$ -Linie (Abb. 3, Taf. 18) bei der zugehörigen Geschwindigkeit nach oben absetzen. Die Verbindung der oberen Endpunkte ergibt die Fahrkraftlinie für die Fahrt unter Dampf und die Ordinaten oberhalb der  $V$ -Achse sind die Beschleunigungskräfte  $s$  kg/t auf der waagerechten geraden Bahn. Der Schnitt der Fahrkraftlinie mit einer Waagerechten im Abstand  $s$  0/00 bei Steigungen oberhalb und bei Gefällen unterhalb der  $V$ -Achse gibt die Geschwindigkeit an, mit der der Zug sich auf der Neigungsstrecke gleichförmig bewegt, da hier  $s + w' = z$  ist. Für alle anderen Geschwindigkeiten auf der Neigungsstrecke  $s$  0/00 ist  $s + w' \geq z$ , der Zug wird also beschleunigt wenn  $z > s + w'$  (Waagerechte für  $s$  0/00 unterhalb der Fahrkraftlinie, und verzögert, wenn  $z < s + w'$  ist (Waagerechte für  $s$  0/00 oberhalb der Fahrkraftlinie).

**2. Fahrzeitermittlung.**

Bei ungleichförmigen Bewegungen pflegte man für eine gegebene mittlere Fahrkraft innerhalb eines konstanten Geschwindigkeitsunterschieds  $\Delta V = V_2 - V_1$  den Weg  $\Delta l$  und die Zeit  $\Delta t$  zu berechnen. Hier soll durch eine einfache Konstruktion von einem gegebenen  $V_1$  aus für ein gegebenes, konstantes Zeitintervall  $\Delta t$  die mittlere Fahrkraft  $p$ , die mittlere Geschwindigkeit  $V_m = (V_1 + V_2):2$  und der Weg  $\Delta l$  gefunden werden. Für eine Tonne Zuggewicht ist die Fahrkraft

$$z - (s + w) = \pm p = \frac{1000 \cdot \varrho}{g} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{kg/t.}$$

Bei dem Faktor  $\varrho$  und  $v = \frac{V}{3,6}$  m/sec ( $V$  km/h) ist bei gleich-

bleibend gewählten Zeitintervall  $\Delta t$

$$\pm p = \frac{1000 \cdot \varrho}{g \cdot 3,6 \cdot \Delta t} \cdot \Delta V \quad \text{und} \quad \frac{\Delta V}{2} : p = \frac{\Delta t \cdot 3,6 \cdot g}{2 \cdot 1000 \cdot \varrho} = \text{konstant,}$$

d. h. für ein konstantes Zeitintervall  $\Delta t$  bleibt das Verhältnis der halben Geschwindigkeitsänderung  $\frac{\Delta V}{2}$  zur mittleren Fahrkraft  $p$  konstant. Die mittlere Geschwindigkeit  $V_m$  in diesem Zeitintervall ist dann  $V_m = V_1 \pm \frac{\Delta V}{2}$  km/h.

Zieht man im Fahrkraftdiagramm (Abb. 3, Taf. 18) von einem Punkt  $V_1$  auf der Waagerechten für  $s$  0/00 eine Gerade, die

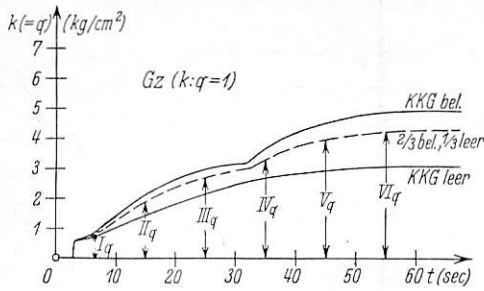


Abb. 1. Druckanstieg bei der KKG-Bremse.  
 k = spez. Klotzdruck kg/cm<sup>2</sup>  
 q = Lichtdruck im Bremszylinder kg/cm<sup>2</sup>  
 b = Bremsprozent

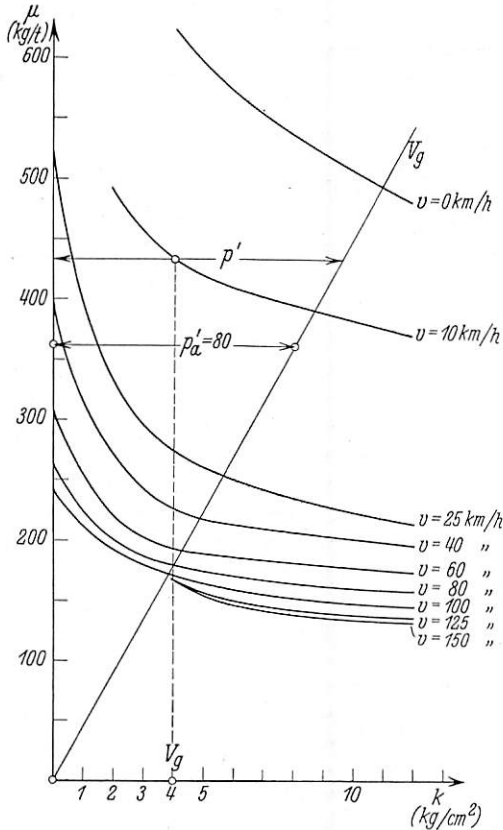


Abb. 3.  $\mu/k$ -Werte.  
 (Metzkow, Glasers Annalen 1926.)

zur Senkrechten entsprechend dem konstanten Faktor  $\frac{3,6 \cdot g \cdot \Delta t}{2 \cdot 1000 \cdot \rho}$  die Neigung  $\text{tg } \gamma$  hat, wo  $\gamma$  der Zeitwinkel ist, dann ist der waagerechte Abstand des Schnittpunktes 1' mit der Fahrkraftlinie von  $V_1$  das Gesuchte  $\frac{\Delta V}{2}$ ; der senkrechte Abstand von der Waagerechten für  $s^0/100$  ist die zugehörige mittlere Fahrkraft  $p$ , der Schnittpunkt hat die Abszisse

$$V_1 \pm \frac{\Delta V}{2} = V_m.$$

Zieht man von diesem Schnittpunkt mit der entgegengesetzten gleichen Neigung  $\text{tg } \gamma$  eine zweite Linie, so erhält man auf der Waagerechten für  $s^0/100$  die Geschwindigkeit  $V_2$  am Ende des Zeitintervalls  $\Delta t$ , von der aus das folgende

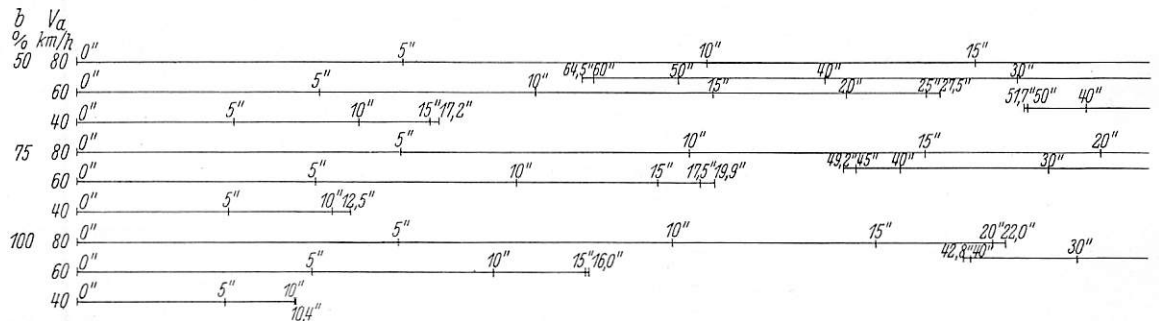


Abb. 7.

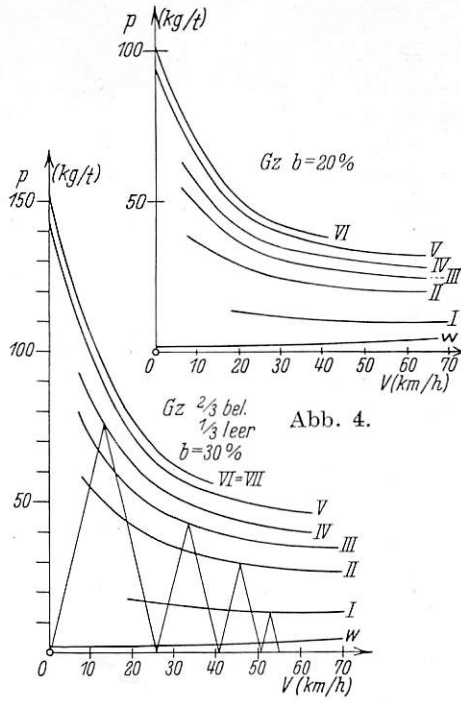


Abb. 4.

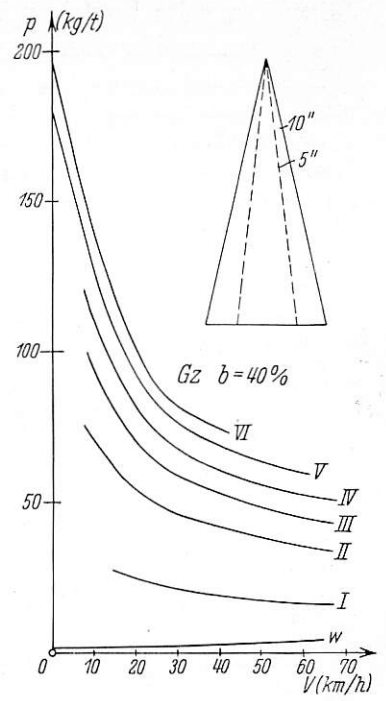


Abb. 6.

Zeitwinkeldreieck gezeichnet werden kann. Zur einfachen zeichnerischen Ermittlung der Wege  $\Delta l = V_m \cdot \Delta t$  berechnet man den Geschwindigkeitsmaßstab so, daß die mittlere Geschwindigkeit  $V_m$  und die zugehörigen Wege  $\Delta l$  durch die gleichen Strecken dargestellt werden. Dann kann man die Spitzenabstände der Zeitwinkeldreiecke von der p-Achse als Wege  $\Delta l$  auf der Wegachse aneinanderreihen. Schreibt man an die Anstoßpunkte die Fahrzeiten  $n \cdot \Delta t$  an, wo  $n$  die Anzahl der Zeitwinkeldreiecke ist, so ist lediglich durch die Unterteilung der Gleislinie die Bewegung des Zuges nach Zeit, Weg und Geschwindigkeit festgelegt.

3. Berechnung des Geschwindigkeitsmaßstabes und des Zeitwinkels für die Untersuchung.

1. Wählt man das Zeitintervall  $\Delta t = 20 \text{ sec} = \frac{20}{3600} \text{ h}$  und dem Maßstab der Gleislinie 1:1000 oder 1 km = 1000 mm und soll der Weg in einem Zeitintervall 1 km sein, so ist die Geschwindigkeit  $V_1' = 1 \text{ km} : \frac{20}{3600} \text{ h} = 180 \text{ km/h}$ . Diese ist in der Zeichnung durch 1000 mm dem Maß für 1 km Weg darzustellen. Der Geschwindigkeitsmaßstab ist dann 1 km/h = 1000:180 = 5,55 mm.

2. Der Faktor  $\rho$  ist bei Dampfzügen unter Berücksichtigung der umdrehenden Massen sowie der Formänderungsarbeit in den Zug- und Druckfedern bei den Geschwindigkeitsänderungen  $\rho = 1,09$ .

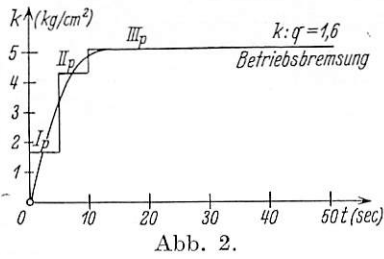


Abb. 2. Druckanstieg der KKP-Bremse. Stellung Pz volle Betriebsbremsung.

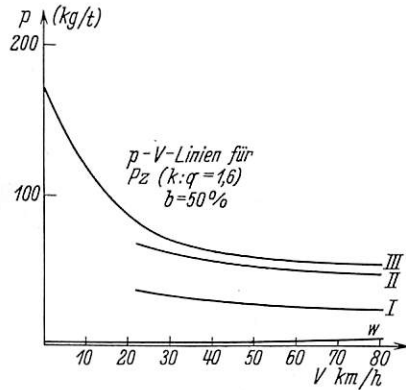


Abb. 8.

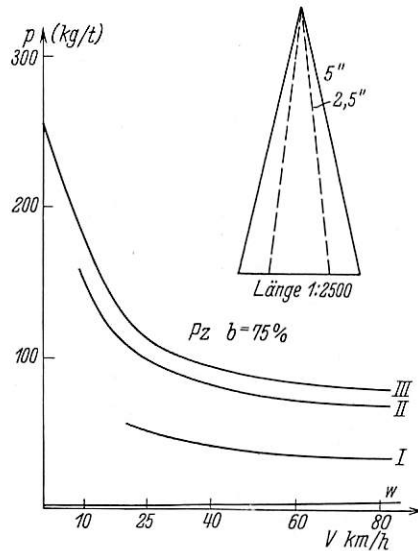


Abb. 9.

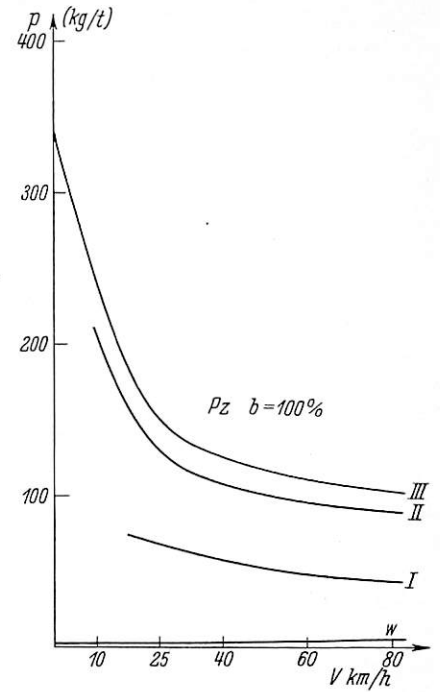


Abb. 10.

Für  $\Delta t = 20$  sec ist

$$\frac{\Delta V}{2} : p = \frac{3,6 \cdot g \cdot 20}{1,09 \cdot 1000 \cdot 2} = 1:3,18$$

für den berechneten Maßstab  $V = 1 \text{ km/h} = 5,55 \text{ mm}$  und den gewählten Kräftemaßstab  $p = s = w = 1 \text{ kg/t} = 10/100 = 5 \text{ mm}$  ist geometrisch dargestellt  $\frac{\Delta V}{2} : p = t g \gamma = \frac{1 \cdot 5,55}{3,18 \cdot 5} = 1:2,78$

die Neigung des Zeitwinkels, der hiernach links neben das Fahrkraftdiagramm zu zeichnen ist. Bei dem flachen Verlauf der Fahrkraftlinie ist eine Berichtigung des Zeitwinkels hier nicht erforderlich. (S. Organ 1932, S. 322).

Zur Darstellung der Bewegung nach Zeit, Weg und Geschwindigkeit zieht man im Fahrkraftdiagramm (Abb. 3, Taf. 18) im Abstand  $s/100$  bei Steigungen (hier  $s = 0$ ) oberhalb oder bei Gefällen unterhalb der V-Achse eine Waagerechte. Von deren Schnitt mit der p-Achse (also  $V = 0$ ) zieht man eine Parallele zum linken Zeitwinkelschenkel bis zum Schnitt mit der Fahrkraftlinie, von dem man wieder bis zur Waagerechten in Abstand  $s/100$  eine Parallele zum rechten Zeitwinkelschenkel zieht. Reiht man auf dieser Waagerechten in derselben Weise weitere Zeitwinkeldreiecke an, so erhält man die End- bzw. mittleren Geschwindigkeiten für die folgenden Zeitintervalle, da nach der Maßstabbestimmung der Geschwindigkeitsachse die in einem Zeitintervall zurückgelegten Wege  $\Delta l$  auf der Zeichnung durch dieselben Strecken wie die mittleren Geschwindigkeiten  $V_m$  dargestellt werden. Daher kann man mit

$\Delta l$ (mm)	$V_m$ (km/h)	$b$ (%)
20"	20"	20
25"	30"	20
30"	20"	20
35" 37,5" 39,0"	10"	20
38,3" 30"	10"	20
25" 27,5"	10"	30
40"	10"	30
30"	10"	30
20"	10"	30
30"	10"	40
20"	10"	40
34" 30"	10"	40
25,2" 20"	10"	40

dem Zirkel die Abstände der Zeitwinkelspitzen von der p-Achse abgreifen und auf der Gleislinie vom Abfahrtpunkt beginnend wie vorher gesagt als Wege  $\Delta l$  aneinanderreihen. Da in Abb. 1, Taf. 18 als Längenmaßstab 1:5000 statt 1:1000 gewählt worden ist, so müssen diese Wege  $\Delta l$  fünffach verkleinert werden. Man zieht daher einen zur V-Achse 1:5 geneigten Strahl und greift dann senkrecht unter den Zeitwinkelspitzen zwischen dem Strahl und der V-Achse die verkleinerten Wege  $\Delta l$  ab (Abb. 3, Taf. 18).

Bei der Fahrt ohne Kraftverbrauch ist die  $w'$ -Linie die Fahrkraftlinie. Weil diese ganz flach verläuft, kann das Eintragen der Zeitwinkeldreiecke fortfallen. Man zeichnet dann den doppelten Zeitwinkel  $2\gamma$  abwärts an die  $w'$ -Achse. Von der gegebenen Geschwindigkeit  $V_1$  trägt man dann für das nächste Zeitintervall  $\Delta t$  nach Schätzung das mittlere  $s-w'$  zwischen der Waagerechten für  $s/100$  und der  $w'$ -Linie mit dem Zirkel auf die Senkrechte des doppelten Zeitwinkels, greift dort waagrecht das  $\Delta V$  ab und reiht es auf der Waagerechten für  $s/100$  von  $V_1$  bis  $V_2$  an (Bleistiftmarken). Sodann greift man nach dem Augenmaß (Fahrkraftdiagramm auf Millimeterpapier) die Strecken  $(V_1 + V_2) : 2$  ab und reiht sie als  $\Delta l$  wie oben beschrieben auf der Gleislinie aneinander.

Fahrkraftlinien, die für das Anfahren nicht die mit dem Füllungsgrad wachsenden Fahrkräfte, sondern lediglich die von der Reibung abhängigen zeigen, ergeben eine zu kurze Anfahrzeit. Sie genügen wohl für die Ermittlung der Fahrzeiten zwischen zwei Bahnhöfen, nicht aber für die vorliegende Untersuchung (Abb. 2 und 3, Taf. 18).

### Ib. Ermittlung der Zugbewegung aus der Bremskraft.

Während die Zugbewegung aus der Lokomotiv- und Schwerkraft (wie vorher gezeigt) in dem Gleisplan eingezeichnet wird, soll die Bremsbewegung des Zuges lediglich durch einen Bremszeitzuschlag zu der Fahrzeit des durchfahrenden Zuges berücksichtigt werden. Diese Bremszeitzuschläge werden aber nicht wie bisher aus einer mittleren Bremsverzögerung berechnet, die von der Reichsbahn mit  $b_r = 0,3 \text{ m/sec}^2$  für Reisezüge und mit  $b_r = 0,2 \text{ m/sec}^2$  für Güterzüge angegeben werden. Sie sollen vielmehr aus den Druckdiagrammen der Bremszylinder für Güter- und Personenzüge, sowie aus den

von Metzkwow aufgestellten Kurven für die Abhängigkeit von Bremsklotzreibung und Bremsklotzdruck ermittelt werden. Die Kenntnis der Bremswege, die für die Stationierung der Signale notwendig ist, ist bei den vorliegenden Untersuchungen weniger wichtig. Der Bremszeitzuschlag wird einfach zur Fahrzeit für die Durchfahrt an der Haltestelle hinzugezählt. Man vermeidet dadurch auch die unsichere Berücksichtigung der Zeit von der Wahrnehmung des Signals bis zum Eintritt der vollen Bremswirkung, während der der Zug noch eine Strecke ungebremst zurücklegt. Für die Fahrzeiten spielen diese Besinnzeit und die Wirkungsvorzeit keine Rolle. Sie sind bisher i. A. fälschlich auf die Fahrzeiten zugeschlagen worden.

Bei jedem gebremsten Wagen muß der Bremsklotzdruck je Wagen  $K = Q \cdot \ddot{u} \cdot \eta$  kg sein. Es ist die Bremskolbenkraft  $Q = q \cdot F_z$ , wo  $q$  kg/cm<sup>2</sup> den Luftdruck im Bremszylinder und  $F_z$  cm<sup>2</sup> dessen Kolbenfläche ist. Ferner ist  $\ddot{u}$  das Übersetzungsverhältnis des Bremsgestänges und  $\eta$  der Wirkungsgrad der Kraftübertragung. Bei zweiachsigen Wagen mit acht Bremsklötzen ist der Bremsklotzdruck  $K = 8 F_k \cdot k$ , entsprechend bei vierachsigen Wagen  $K = 16 F_k \cdot k$ . Hier ist  $k$  kg/cm<sup>2</sup> der spezifische Klotzdruck und  $F_k$  die Anpreßfläche eines Bremsklotzes.

Bei Güterwagenbremsen ist das Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  so gewählt, daß  $q = k$ ; in der aus obigen Gleichungen abgeleiteten Gleichung  $k = \frac{F_z \cdot \ddot{u} \cdot \eta}{8 F_k} \cdot q$  ist also der Quotient gleich eins zu setzen. Bei vierachsigen Wagen wäre 16 statt 8 zu wählen. Bei Personenwagenbremsen ist  $k > q$ , hierüber später.

Der spezifische Luftdruck  $q$  ist in seinem zeitlichen Verlauf durch die Textabb. 1 und 2 dargestellt. Die Güterzug-KK-Bremsen haben einen Lastwechsel für leere und beladene Wagen. Da bei den KKG-Bremsen  $q = k$  ist, gilt die Textabb. 1 auch für die  $k$ -Werte.

Die gesamte Bremskraft im Zuge vom Gewicht  $G$  bei  $n$  Bremswagen ist  $P = n \cdot K \cdot 0,8 \cdot \mu \pm G (\pm s + w)$  kg. Hier ist  $\mu$  kg/t die Reibung zwischen Rad und Bremsklotz (Textabb. 3). Nach Metzkwow sind diese Werte für die Praxis um 20% zu ermäßigen (daher 0,8). Die Bremskraft je Tonne Zuggewicht ist für zweiachsige Wagen  $p = \frac{P}{G} = \frac{n \cdot 8 F_k \cdot k \cdot 0,8}{G} \cdot \mu \pm s + w$  kg/t. Führt man für  $n \cdot 8 \cdot F_k \cdot k_e : G = b : 100$  die Bremsprozente ein, wobei  $k_e$  der spezifische Klotzdruck im Endzustande ist, dann ist

$$p = \frac{b \cdot k}{100 \cdot k_e} \cdot 0,8 \mu \pm s + w \text{ kg/t; mit } \frac{0,8 \cdot b \cdot k}{100 \cdot k_e} \mu = p'$$

wird  $p = p' \pm s + w$  kg/t.

Da die Textabb. 1 sowohl für die beladenen als auch für die leeren Bremswagen wegen der verschiedenen Stellung des Lastwechsels verschiedene Druckkurven zeigt, ist zu untersuchen, wie sich bei diesen das Verhältnis  $k:k_e$  ändert. Die nachstehende Ermittlung der Bremszeitzuschlagslinien für Güterzüge ist durchgeführt unter der Voraussetzung, daß  $\frac{2}{3}$  der Bremswagen beladen und  $\frac{1}{3}$  leer sind. Die mittlere Druckkurve hierfür ist gestrichelt in Textabb. 1 eingetragen. Nach nicht wiedergegebenen Ermittlungen unterscheiden sich die  $k:k_e$ -Werte für die gestrichelte Drucklinie gegen die entsprechenden Werte, falls alle Bremswagen beladen sind (obere Druckkurve) nur ganz wenig. Bei leeren Bremswagen (untere Druckkurve) ist das Verhältnis  $k:k_e$  und damit auch die Bremskraft größer als für die der Berechnung zugrunde gelegten Werte. Die ermittelten Bremswege und Zeiten sind daher für die Leerwagenzüge etwas zu groß, was nicht ungünstig ist; der Einfluß ist aber gering. Man kann also die nachstehenden berechneten Bremszeitzuschlagslinien bei gleichen Bremsprozenten all-

gemein, d. h. ohne Rücksicht auf die Beladung der Bremswagen anwenden (Textabb. 12).

Die Bremszeitzuschlagslinien der Güter- und Personenzüge sind für die Waagerechte (also für  $s = 0^0/00$ ) ermittelt. Da die Untersuchung nur für Bahnhöfe gilt, deren Neigung zwischen  $+2,5^0/00$  und  $-2,5^0/00$  schwankt, und da ferner der bedeutendere auf die Zeit einwirkende Bremsenfluß auf dem letzten Teil des Bremsweges, also auf dem flachgeneigten Bahnhof liegt, so ist der Einfluß der etwa stärker geneigten anschließenden freien Strecke gering. Gegenüber den hohen  $p'$ -Werten ist ferner der Einfluß der Bahnhofsneigung ziemlich unwesentlich, so daß also nach Vergleichsrechnungen die Bremszeitzuschlagslinien unabhängig von der Bahnhofsneigung angewendet werden können.

#### 1. Ermittlung der Bremszeitzuschlagslinien für Güterzüge.

Der maximale Klotzenddruck ist nach Textabb. 1 für beladene Bremswagen  $k_e = 4,95$  kg/cm<sup>2</sup>, für leere Bremswagen  $k_e = 3,1$  kg/cm<sup>2</sup>. Sind  $\frac{2}{3}$  der Bremswagen beladen und  $\frac{1}{3}$  leer, dann ist der entsprechende mittlere Klotzenddruck  $k_e = 4,33$  kg/cm<sup>2</sup>. In derselben Weise sind für den ganzen zeitlichen Verlauf die entsprechenden  $k$ -Werte berechnet und durch die gestrichelte Linie in Textabb. 1 dargestellt.

In der Gleichung für die Bremskraft je Tonne Zuggewicht  $p = \frac{0,8 b \cdot k}{100 \cdot k_e} \cdot \mu \pm s + w$  ist daher für  $b = 30$  und für  $s = 0^0/00$  mit  $k_e = 4,33 \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}}$ ,  $p = \frac{k}{18} \cdot \mu + w$  kg/t. Für ein gleichbleibendes  $k$  sind nun aus den Metzkwowschen Kurven für verschiedene Geschwindigkeiten die Werte  $p' = \frac{k}{18} \cdot \mu$  abzugreifen und in den gleichen Geschwindigkeiten auf die  $w$ -Linie der Textabb. 5 senkrecht aufzusetzen, um die  $p/V$ -Linien für das Bremsen zu erhalten.

Maßstäbe für die  $p/V$ -Linien.

Bei dem gewählten Längenmaßstab 1 : 2000 (1 km = 500 mm) und für  $\Delta t = 10''$  ist 1 km :  $\frac{10}{3600}$  h = 360 km/h durch 500 mm darzustellen; 1 km/h = 500 : 360 = 1,39 mm ist also der Geschwindigkeitsmaßstab. Der Kräftemaßstab ist  $p = w = p' = 1^0/00 = 1$  mm. Sodann ist  $\frac{\Delta V}{2} : p = \frac{3,6 \cdot 9,81 \cdot 10}{1,09 \cdot 1000 \cdot 2} = 1 : 6,2$ .

Die Neigung des Zeitwinkels ist dann  $\text{tg } \gamma = \frac{1 \cdot 1,39}{6,2 \cdot 1} = 1 : 4,44$ .

Oberhalb der waagerechten  $V$ -Achse ist also zunächst die  $w$ -Linie nach derselben Gleichung wie bei Fahrkraftdiagramm Textabb. 4 bis 6 aufzutragen.

Die Werte  $p' = \frac{k}{18} \cdot \mu$  kann man für denselben mittleren

Druck  $k$  in den einzelnen Zeitintervallen der Druckkurve für die verschiedenen Geschwindigkeiten  $V$  aus den Metzkwowschen  $\mu/k$ -Diagramm (Textabb. 3) abgreifen, wenn man vorher für die  $k$ -Werte die Ordinaten und vom Nullpunkt aus einen zur  $\mu$ -Achse geneigten Strahl eingezeichnet hat. Die Neigung des Strahls ist z. B. für ein beliebiges  $\mu = 360$  kg/t und den mittleren Druck  $k = 4,0$  kg/cm<sup>2</sup> im 5. Zeitintervall ( $V_g$ ) des Druckdiagramms (Textabb. 4) durch  $p' = \frac{360 \cdot 4}{18} = 80^0/00 = p'_a$

bestimmt, wenn man im Kräftemaßstab von  $\mu = 360$  waagrecht nach rechts die Strecke für  $p'_a = 80^0/00$  absetzt und den Endpunkt mit dem Nullpunkt verbindet. Geht man nun von den Schnittpunkten der  $\mu$ -Linien der verschiedenen Geschwindigkeiten mit der Senkrechten für  $k$  waagrecht bis zu

dem Strahl, so ist der waagerechte Abstand zwischen Strahl und  $\mu$ -Achse  $p'$ , den man in der gleichen Geschwindigkeit über der  $w$ -Linie absetzt. Die mittleren  $k$ -Werte der sechs Zeitintervalle mit  $\Delta t = 10''$  sind mit Ig bis VIg bezeichnet. Für jeden dieser  $k$ -Werte zeichnet man eine  $p/V$ -Linie (Textabb. 4 bis 6). Die Fahrzeitermittlung beginnt man mit der Geschwindigkeit, von der abgebremst wird und reiht von da ab auf der  $V$ -Achse nach  $V=0$  zu die Zeitwinkeldreiecke aneinander, so daß deren Spitzen immer auf der  $p/V$ -Linie des zeitlich zugehörigen mittleren Klotzdruckes  $k$  liegen. Sodann reiht man die  $\Delta l$ -Werte auf der Wegachse aneinander und erhält so die nach Zeit, Weg und Geschwindigkeit orientierte Bremsbewegung (Textabb. 7). Wenn der linke Schenkel des letzten Zeitwinkeldreiecks nicht durch den Nullpunkt geht, so kann man die mittlere Bremskraft  $p_r$  für das restliche mittlere  $V_r$  aus dem Diagramm abgreifen und erhält die restliche Bremszeit mit dem Rechenschieber aus der Gleichung  $t_r = \frac{V_r \cdot 1000}{3,6 g p_r}$  sec und als Wegrest die Strecke  $l_r = V_r \cdot t_r : 2 \cdot 3,6$  m.

Die Ermittlung ist nach Textabb. 7 durchgeführt für ein  $b$  von 20, 30 und 40% und für die Abbremsgeschwindigkeiten  $V_a$  von 40, 55 und 70 km/h (rechts).

Zieht man nun die Zeit  $3,6 l_b : V_a$  sec, in der der Bremsweg  $l_b$  m gleichförmig befahren wird, von der ermittelten Bremszeit  $t_b$  ab, so erhält man den Bremszeitzuschlag  $\Delta t_b = t_b - 3,6 l_b : V_a$  sec. Hiernach sind die Bremszeitzuschlagslinien für Güterzüge nach Abb. 12 entworfen.

Als Abbremsgeschwindigkeit  $V_a$  ist aus dem Fahrzeitreifen die Geschwindigkeit vor dem Einfahrtsignal zu ermitteln. Bei der Fahrzeitermittlung der Strecke ist die Fahrzeit vom Einfahrtsignal bis zur Haltestelle des Zuges mit dieser gleichförmigen Geschwindigkeit  $V_a$  in Rechnung zu setzen, dazu kommt der Bremszeitzuschlag.

2. Bremszeitzuschlagslinien für Personenzüge.

Bei den Personenwagen, die mit den KKP-Bremsen ausgerüstet sind, kann man nicht wie bei den Wagen mit KKG-Bremsen den spez. Klotzdruck  $k=q$  dem spez. Luftdruck in den Bremszylindern setzen. Es ist bei der Endstellung der Kolben  $q_e = 3,1$  kg/cm<sup>2</sup>. Das Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  des Bremsgestänges schwankt aber für die verschiedenen Personenwagen stark, so daß infolgedessen sich auch das Verhältnis  $k:q$  von 1,3 bis über 1,6 hinaus ändert. Es wurde der Untersuchung  $k:q = 1,6$  zugrunde gelegt, weil bei  $k_e = q_e \frac{k}{q} = 3,1 \cdot 1,6 = 5$  kg/cm<sup>2</sup> die  $p'$ -Werte nach Textabb. 3 kleiner werden. Nach den T. V. ist als abbrembares Gewicht der Personenwagen  $70\%$  des Leergewichts einzuführen. In derselben Weise wie bei den Güterzügen wurden aus den Diagrammen für den Druckanstieg und für die Reibung  $\mu$  der Bremsklötze Textabb. 2 und 3 die  $p/V$ -Linie, die Bremsbewegung Textabb. 8 bis 10 und die Bremszeitzuschlagslinien für Personenzüge (Textabb. 11) ermittelt.

Um den Einfluß der Bedienungsweise des Bremsventils zu untersuchen, wurden sowohl für Güter- als auch für Reisezüge Ermittlungen durchgeführt einmal für volle Betriebsbremsung, wie vorstehend beschrieben, und sodann für stufenweises Bremsen, wie es von Kunze in dem Aufsatz „Die Kunze-Knorrbremse“, Glasers Ann. 1918 veröffentlicht ist (hier Textabb. 1a und 2a). Der Vergleich der Ergebnisse über den Weg  $l_b$ , die Bremszeit  $t_b$  und die Durchfahrzeit  $t_D$  in der Zusammenstellung A mit den Textabb. 7, 11, 12 zeigt, daß der Einfluß der Bedienungsweise auf die Zeitzuschläge gering ist. Hervorgehoben sei noch, daß hier der Bremszeitzuschlag nicht wie bei konstanter Bremsverzögerung  $\frac{1}{2}$  der Bremszeit, sondern geringer ist (bis zu  $\frac{1}{3}$ ). Dies ist daraus

zu erklären, daß die Bremskräfte zu Beginn des Bremsens klein sind und erst gegen Ende stark wachsen.

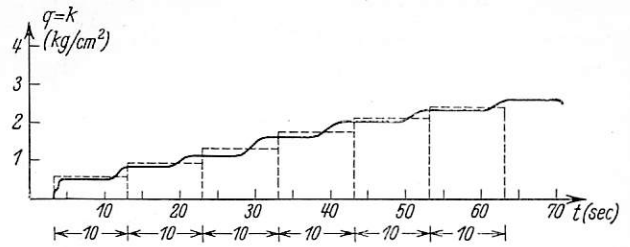


Abb. 1a.

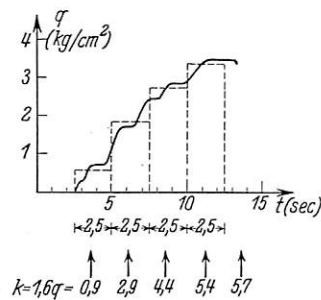


Abb. 2a.

Zusammenstellung A.

Bremsen von Güterzügen bei Bremsbedienung nach Abb. 1 a.

b	$V_a$	$l_b$	$t_D$	$t_b$	$\Delta t_b$
‰	km/h	m	sec	sec	sec
20	70	831	42,8	65,2	22,4
	55	531	34,8	52,6	17,8
	40	289	26,0	39,7	13,7
30	70	648	33,3	51,5	18,2
	55	410	26,8	41,8	15,0
	40	215	19,3	30,9	11,6
40	70	540	27,8	42,6	14,8
	55	336	22,0	34,3	12,3
	40	178	16,0	25,2	9,2

Bremsen von Personenzügen bei Bremsbedienung nach Abb. 2 a.

b	$V_a$	$l_b$	$t_D$	$t_b$	$\Delta t_b$
‰	km/h	m	sec	sec	sec
50	80	543	24,4	41,4	17,0
	60	299	17,9	29,6	11,7
	40	131	11,8	18,5	6,7
75	80	398	17,9	29,1	11,2
	60	214	12,8	20,5	7,7
	40	95	8,5	13,0	4,5
100	80	318	14,3	22,8	8,5
	60	178	10,7	16,6	5,9
	40	80	7,2	10,8	3,6

II. Ermittlung der Zeiten für das Einstellen und Auflösung der Fahrstraßen und für die Bedienung der Sicherungseinrichtungen.

Diese Zeiten sind nachstehend für die drei bereits erwähnten Fälle der Güterzugüberholung unter Benutzung der in der Dissertation von Dr.-Ing. K. Hofmann angegebenen Zeiten für die Arbeitselemente sowie unter Berücksichtigung des Gleisplans und der Signal- und Blockeinrichtung nach preußischem Muster für eine Befehlsstelle und zwei abhängige Stellwerke wiedergegeben.

**A. Einfahrt und Durchfahrt**

a) Bilden der Fahrstraße einschließlich Signalzeichen		
1. Anruf der Befehlstelle an Stellwerk II	10	Sek.
2. Zustimmung anfordern . . . . .	10	„
3. Stellwerk II:		
Prüfen der Gleisfreiheit . . . . .	8	Sek.
Weg zum Stellhebel . . . . .	3	„
3 Weichenhebel umlegen . . . . .	12	„
Fahrstraßenhebel . . . . .	5	„
	<u>28</u>	Sek.
4. Zustimmungsabgabe von Stellwerk II	4	„
5. Wahrnehmung . . . . .	3	„
6. Befehlsabgabe an Stellwerk I . . . . .	4	„
7. Wahrnehmung . . . . .	3	„
8. Stellwerk I siehe 3 . . . . .	28	„
9. Fahrstraßenfestlegung . . . . .	4	„
10. Ziehen des Signals . . . . .	8	„
	<u>102</u>	Sek. = 1,7'

$A a = 102 \text{ Sek.} = 1,7'$

b) Zugfahrt und unterdessen Zurücknehmen des Signals . . . . .		
	8	Sek.
und Blocken des Signalverschlußfeldes . . . . .		
	4	„
	<u>(12)</u>	Sek.

c) Entsichern und Auflösen der Fahrstraße		
1. Zug hält. Wahrnehmung durch Stellwerk II . . . . .	3	Sek.
2. Fahrstraßenauflösungsfeld blocken . . . . .	4	„
3. Wahrnehmung . . . . .	3	„
4. Zurücknehmen des Fahrstraßenhebels (ohne Weg) . . . . .		
	1	„
5. Blocken des Befehlsempfangsfeldes . . . . .	4	„
6. Wahrnehmung . . . . .	3	„
7. Entblocken des Zustimmungsfeldes . . . . .	4	„
8. Wahrnehmung . . . . .	3	„
9. Zurücknahme des Fahrstraßenhebels . . . . .		
	5	Sek.
und Weg (Stellwerk II und gleichzeitig) . . . . .		
	3	„
3 Weichenhebel umlegen (Stellwerk I) . . . . .		
	12	„
	<u>20</u>	Sek.
	<u>45</u>	Sek.

$A c = 20 \text{ Sek.} \quad 20 \text{ Sek.}$

$45 \text{ Sek.}$

$A, a + c = 102 + 45 = 147 \text{ sec} = 2,5 \text{ min.}$

**B. Ausfahrt**

a) Bilden der Fahrstraße einschließlich Signalzeichen		
1. Anruf . . . . .	10	Sek.
2. Fahrstraße anfordern . . . . .	10	„
3. Prüfen der Gleisfreiheit u. s. f. siehe A a 3 . . . . .		
	28	„
4. Fahrstraßenfestlegungsfeld (Gleichstrom)	2	„
5. Ziehen des Signals . . . . .	6	„
	<u>56</u>	Sek.

$a = 56 \text{ Sek.}$

b) Auftrag zur Abfahrt . . . . .		
	15	„
Zeitverlust bis zur Abfahrt . . . . .		
	15	„
	<u>30</u>	Sek.

$b = 30 \text{ Sek.}$

c) Ausfahrt bis Zugschluß über Kontakt		
d) Entsicherung und Auflösen der Fahrstraße		
1. Wahrnehmung . . . . .	3	Sek.
2. Vorblocken . . . . .	4	„
3. Fahrstraßenhebel und Weichenhebel zurücklegen . . . . .		
	20	„
	<u>27</u>	Sek.

$d = 27 \text{ Sek.}$

$B, a + b + c = 56 + 30 + 27 = 113 \text{ sec} = 1,9 \text{ min.}$

**III. Anwendung des Verfahrens zur Ermittlung der Zugfolgezeiten.**

Die Zugbewegungen sind auf den Zugschluß zu beziehen, da nach den Fahrdienstvorschriften ein Gleisabschnitt erst dann freigemeldet werden darf, wenn der Zugschluß die dafür maßgebende Stelle (z. B. isolierte Schiene) überfahren hat. Ferner wird angenommen, daß für die ungehinderte Einfahrt der Lokomotivführer 200 m vor dem Vorsignal dieses in Fahrstellung sehen muß. Hieraus und aus den Stellen des Zugschlusses bei Abfahrt oder Halten sowie aus der Zuglänge können in den Gleisplan die Wege, für die die Zugbewegungen ermittelt werden sollen, bezeichnet werden. Diese sind fortlaufend mit römischen Ziffern zu numerieren. Da der Gleisplan (Abb. 1, Taf. 18) in der Breite verzerrt ist, gelten als Wege nur die horizontalen Projektionen, für die auch eine im Maßstab des Gleisplans unterteilte Achse einzuzeichnen ist. Unter den Gleisplan (Lichtpause) ist, wie vor beschrieben, für das Zuggewicht aus der Llv-Tafel das Fahrkraftdiagramm aufzutragen (Abb. 2 u. 3, Taf. 18). Aus diesem werden unter Berücksichtigung der Bahnneigung die Anfahrbewegungen für die vorher numerierten Strecken eingezeichnet und die Zeiten für den Endpunkt und die dazwischenliegenden Zeitintervalle  $\Delta t = 20''$  angeschrieben. Bei einiger Übung kann man auch bei stärker geneigten Fahrkraftlinien (Abb. 3 und 5, Taf. 18) ohne die Zeitwinkeldreiecke das vereinfachte Verfahren nach S. 221 anwenden. Für durchfahrende Züge ist mit gleichbleibender Geschwindigkeit  $V \text{ km/h}$  die Zeit  $t_d = 60 l_d : V \text{ min}$  zu ermitteln. Hier ist  $l_d \text{ km}$  die Durchfahrstrecke bis zur isolierten Schiene von 200 m + Zuglänge vor dem Vorsignal ab gerechnet. Für haltende Züge ist zur Durchfahrzeit bis zur Haltestelle noch der Bremszeitzuschlag (aus Abb. 12) hinzuzuzählen. Als Bremsprozente sind für die Güterzüge  $b = 30$  gewählt. Bei durchfahrenden und haltenden Zügen schreibt man an die Nummern des Streckenanfangs die Geschwindigkeit und an die des Streckenendes die Fahrzeiten gegebenenfalls einschließlich des Bremszeitzuschlages an. Aus den Bewegungszeiten sowie den unter II bekanntgegebenen Zeiten für Einstellen der Fahrstraßen sowie für die Signal- und Blockbedienung sind für die drei genannten Fälle der Güterzugüberholung nachstehend die Zugfolgezeiten ermittelt. Hinsichtlich der Zeilennumerierung dieser Zusammenstellung sei bemerkt, daß eine Ziffer einen Halt bedeutet, zwei Ziffern eine Bewegung.

**Zusammenstellung der Zugfolgezeiten.**

a) Durchfahrender Güterzug und ein ins Überholungsgleis unbehindert einfahrender Güterzug der Gegenrichtung.

I. Bilden der Fahrstraße für den durchfahrenden Gz. (Aa) . . . . .	1,7	Min.
I—II. Zugfahrt von 200 m vor dem Vorsignal bis zum Kontakt, $l = 2,29 \text{ km}$ , $V = 45 \text{ km/h}$ , $t = 2,29 \cdot 60 : 45 = . . . . .$		
	3,1	„
II. Auflösen der Fahrstraße (Ac) . . . . .	0,8	„
III. Bilden der Fahrstraße für den einfahrenden Gz. (Aa) . . . . .		
	1,7	„
III—IV. Einfahrt von 200 m vor dem Vorsignal bis zum Halt $l = 1,63 \text{ km}$ , $V = 45$ , $t = 1,63 \cdot 60 : 45 + 0,2 (\Delta t_b) . . . . .$		
	2,4	„
IV. Auflösen der Fahrstraße (Ac) . . . . .	0,8	„
	<u>10,5</u>	Min.

b) Durchfahrender Güterzug und ein Güterzug der Gegenrichtung, der vor dem Einfahrsignal gehalten hat und dann ins Überholungsgleis fährt.



I. Bilden der Fahrstraße für den durchfahrenden Gz. (Aa) . . . . .	1,7 Min.
I—II. Zugfahrt von 200 m vor dem Vorsignal bis zum Kontakt, $l = 2,29 \text{ km}$ , $V = 45 \text{ km/h}$ , $t = 2,29 \cdot 60 : 45 = . . . . .$	3,1 ,,
II. Auflösen der Fahrstraße (Ac) . . . . .	0,8 ,,
III. Bilden der Fahrstraße $1,7' + 0,2'$ bis zur Anfahrt . . . . .	1,9 ,,
V—VI. Einfahrt des vor dem Signal haltenden Gz. Fahrzeit $2,5 \text{ Min.} + \text{Bremszeit-zuschlag } 0,2' (\Delta t_b) . . . . .$	2,7 ,,
IV—VI. Auflösen der Fahrstraße . . . . .	0,8 ,,
	<hr/> 11,0 Min.

c) Durchfahrender Güterzug und ein aus dem Überholungs-gleis ausfahrender Güterzug der Gegenrichtung.

I. Bilden der Fahrstraße für den durchfahrenden Gz. (Aa) . . . . .	1,7 Min.
I—II. Zugfahrt von 200 m vor dem Vorsignal bis zum Kontakt $l = 2,29 \text{ km}$ , $V = 45 \text{ km/h}$ , $t = 2,29 \cdot 60 : 45 = . . . . .$	3,1 ,,
II. Auflösen der Fahrstraße (Ac) . . . . .	0,8 ,,
VII. Bilden der Ausfahrstraße $+ 0,2'$ bis zur Abfahrt . . . . .	1,9 ,,
VII—VIII. Ausfahrt bis über isolierte Schiene . . . . .	2,5 ,,
VIII. Auflösen der Fahrstraße . . . . .	0,8 ,,
	<hr/> 10,8 Min.

### B. Ermittlung der Zugfolge- und Wendezeiten eines Personenzuges.

Die kleinsten Zugfolgezeiten für zwei ausfahrende, sowie für einen ein- und einen ausfahrenden Personenzug sowie die Wendezeit eines Vorortzuges sollen nunmehr ermittelt werden (Abb. 4 bis 7, Taf. 18). Die Darstellungsweise ist eine Variante der vorher beschriebenen. Die Wege für die in Frage kommenden Zugfahrten oder der einzelfahrenden Lokomotiven werden wieder wie vor in den Gleisplan für die Zugschlüsse eingetragen, jedoch mit dem Unterschied, daß die Ortsangaben für die Zugbewegung mit römischen und für die Rangierbewegungen

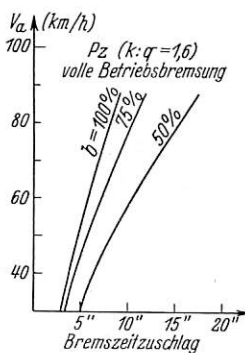


Abb. 11.

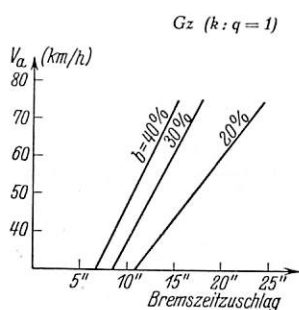


Abb. 12.

mit arabischen Ziffern bezeichnet werden. Die Bahnhofsneigung ist  $2,5\text{‰}$ . Für beide Fahrrichtungen wurden die Zeitwinkeldreiecke (ausgezogen und gestrichelt) in das Fahrkraftdiagramm für einen Personenzug, der von einer Lokomotive der Gattung Gt. 46,17 (T14<sup>1</sup>) bespannt ist, ein Gewicht  $G = 400 \text{ t}$  (Wagenzuggewicht  $G_w = 300 \text{ t}$ ) und eine Zuglänge von  $180 \text{ m}$  hat, eingezeichnet. Bremsprozente sind  $b = 75$ . Unter dem Gleisplan wurde eine Skala im Maßstab der Längen gezeichnet und in beiden Richtungen numeriert. Für beide Fahrrichtungen mit  $2,5\text{‰}$  Steigung und  $2,5\text{‰}$  Gefälle wurden über und unter der Längenskala die Bewegungen durch Zeitstriche für die Zeitintervalle  $\Delta t = 10 \text{ Sek.}$  eingetragen (Abb. 6, Taf. 18). Aus dieser Skala können für die Anfahrwege

(Horizontalprojektionen) mit einem Zentimetermaßstab die entsprechenden Zeiten abgelesen werden, die man an die römischen Ziffern der Streckenenden im Gleisplan anschreibt.

Wie für die Güterzüge wurden in nachstehender Tabelle die Zugfolgezeiten zusammengestellt (s. S. 224).

A. Kleinste Folgezeit der Pz. von M nach A und von M nach B

Ia. Einstellen der Fahrstraße und Signalziehen Ba (s. S. 224) . . . . .	56 Sek.
Ib. Abfahrtauftrag u. Signalwahrnehmung. . . . .	30 ,,
I—II. Ausfahrt nach A . . . . .	75 ,,
II. Entsichern und Auflösen der Fahrstraße . . . . .	27 ,,
IIIa. Einstellen der Fahrstraße und Signalziehen . . . . .	56 ,,
IIIb. Abfahrtauftrag u. Signalwahrnehmung. . . . .	30 ,,
III—IV. Ausfahrt nach B . . . . .	64 ,,
IV. Entsichern und Auflösen der Fahrstraße . . . . .	27 ,,
	<hr/> 6,1 Min. = 365 Sek.

B. Kleinste Folgezeit der Pz. von B nach M und von M nach A.

V. Bilden der Fahrstraße und Signalziehen . . . . .	102 Sek.
V—I. Zugfahrt von 200 m vor dem Vorsignal bis zum Halten $l = 510 + 700 + 200 + 180 = 1590 \text{ m}$ , $V = 50 \text{ km/h}$ , $t = 1590 \cdot 3,6 : 50 = 115 + 6 (\Delta t_b) . . . . .$	121 ,,
I. Auflösen der Fahrstraße . . . . .	45 ,,
IIa. Einstellen der Fahrstraße und Signalziehen . . . . .	56 ,,
IIb. Abfahrtauftrag u. Signalwahrnehmung . . . . .	30 ,,
I—II. Ausfahrt . . . . .	75 ,,
II. Auflösen und Entsichern . . . . .	27 ,,
	<hr/> 7,6' = 456 Sek.

Nach dieser Methode können allgemein schienengleiche Kreuzungen von Bahnanlagen (S. A.III.) untersucht werden.

Nunmehr soll die Zeit für folgende Rangierbewegung ermittelt werden: Vorziehen des Zuges vom Bahnsteig von „B“ (1) bis (2) ins vorgelegene Wendegleis, Umsetzen der Lokomotive einschließlich Wasserfassen und Vorfahren des Zuges bis (8) am Bahnsteig nach „B“.

Hiernach sind zunächst mit fortlaufender Numerierung die Rangierwege (große Ziffern), sowie an deren Ende die gewählten Höchstgeschwindigkeiten (kleine Ziffern) in den Gleisplan einzutragen. Die Ortsangaben, Betriebsvorgänge, Fahrzeugangaben, Rangierwege I, Höchstgeschwindigkeiten V sind sodann in die Rangierliste I (Seite 226), Spalte 1 bis 5 einzuschreiben.

Die Zeiten  $t_g$  für die Fahrt mit gleichförmiger Geschwindigkeit sowie die Zeitzuschläge  $t_{za}$  für Anfahren werden mit einem Nomogramm (Taf. 19), dessen Konstruktion und Handhabung unten beschrieben wird, ermittelt und in Spalte 6 und 7 eingetragen. Die Anfahrkraft  $p_a \text{ kg/t}$  wird hierbei aus der Fahrkraftlinie (Abb. 5, Taf. 18) entnommen. Bei Verwendung der KK-Bremse ist der Bremszeitzuschlag  $t_{zb}$  aus Textabb. 11 abzulesen. Die Anfahr- und Bremszeiten für alleinfahrende Lokomotiven können aus Abb. 7, Taf. 18 abgelesen werden. Die Bewegungszeiten einer Zeile sind zu addieren, die Summe ist in Spalte 8 einzuschreiben. Die Zeiten für die Rangierarbeiten am stehenden Zuge oder der Lokomotive können aus der Tabelle I, die der Dissertation von E. Massute entnommen ist, abgelesen werden. Für die gesamte Rangierbewegung sind hiernach die Zeiten zu ergänzen und zusammenzuzählen, um die Wendezeit des Personenzugs zu erhalten.

Rangierliste I.

Wendezeit eines Vorortzuges auf dem Bahnhof M.

1	2	3	4	5	6	7	8	Bemerkungen
Orts- angabe	Betriebs- vorgang	Wagen	l m	V km/h	t <sub>za</sub> + t <sub>zb</sub>	t <sub>g</sub>	Σt	
1	Bahnsteig- aufenthalt . . .	—	—	—	—	—	90	
1—2	Fahrt ins Ab- stellgleis . . .	Zug	395	25	24	59	83	
2	Abkuppeln . . .	„	—	—	—	—	42	
2—3	Lokfahrt . . .	Lok	100	25	10	15	25	
3	Wendehalt . . .	„	—	—	—	—	11	
3—4	Fahrtz. Wasser- kran . . .	„	300	25	10	43	53	
4	Wasserfassen . . .	„	—	—	—	—	300	
4—5	Fahrt . . .	„	100	25	10	15	25	
5	Wendehalt . . .	„	—	—	—	—	11	
5—6	Fahrt . . .	„	160	25	10	23	33	
6	Wendehalt . . .	„	—	—	—	—	11	
6—7	Ansetz. a. Zug	„	80	15	6+15	15	36	15'' Langsam- fahrt
7	Ankupp. und Bremspr. . .	„	—	—	—	—	130	40''+90''
7—8	Fahrt ins Bahn- steiggleis . . .	Zug	300	25	19	58	77	
8	Halt am Bahn- steig . . .	„	—	—	—	—	120	
							1047 Sek. = 17,5 Min.	

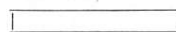



C. Ermittlung der Rangierzeit eines Nahgüterzuges auf einem Durchgangsbahnhof.

1. Darstellung der Rangierbewegung im Gleisplan.

Die Rangieraufgabe sei im vorliegenden Beispiel folgende: Ein Nahgüterzug bringt auf einem Durchgangsbahnhof, dessen Südende in Textabb. 13 gezeichnet ist, zehn Wagen an der Spitze des Zuges an, der von einer Lokomotive G 56 . 16 (G<sub>12</sub>) gefahren

straÙe. Die Wege, die die Rangiergruppen zurücklegen, sind wie bisher durch große arabische Ziffern fortlaufend gekennzeichnet. Die Rangierbewegungen der ankommenden und abgehenden Wagen sowie der Leerlokomotiven nach Weg und Geschwindigkeiten und die Arbeiten an den stehenden Fahrzeugen werden durch folgende Darstellungsweisen (mit Buntstift) in die durch Lichtpausen vervielfältigten Gleispläne (Längen 1:1000, Breiten verzerrt) eingezeichnet. Wegen der Verzerrung der Gleisbreiten sind wie vor als Wege die Horizontalprojektionen auf den darunter eingezeichneten Längenmaßstab durch Herunterloten der Anfangs- und Endpunkte der Einzelbewegungen abzulesen.

1. Erläuterung der Zeichen.

-  ankommende Wagen.
-  abgehende Wagen.
- GroÙe Zahlen: Bezifferung der Orte in der Reihenfolge der Bewegung, angegeben für das dem Wagenzug zugekehrte Ende der Lokomotive bzw. des mitgeführten Packwagens.
- 1 Strich über großer Zahl: Betriebsvorgang mit ankommenden Wagengruppen.
- 1 Strich unter großer Zahl: Betriebsvorgang mit abgehenden Wagengruppen.
- (1) Klammer um große Zahl: Bewegungsende von Wagen, die an der mit uneingeklammelter gleicher Zahl bezeichneten Stelle abgestoÙen wurden.
- 1L Leerlok. oder Lok. + Packwagen (L neben großer Zahl).
- Pfeile in den Gruppenstrichen:
  -  Spitzen zusammen: Ankuppeln.
  -  Spitzen auseinander: Abkuppeln.
- Kleine Zahlen: In der Bewegungsrichtung an große Zahlen angesetzt:
  - 15 Zahlen allein: etwa gleichförmige Rangiergeschwindigkeit.
  - 15 Zahlen unterstrichen: AbstoÙgeschwindigkeit.

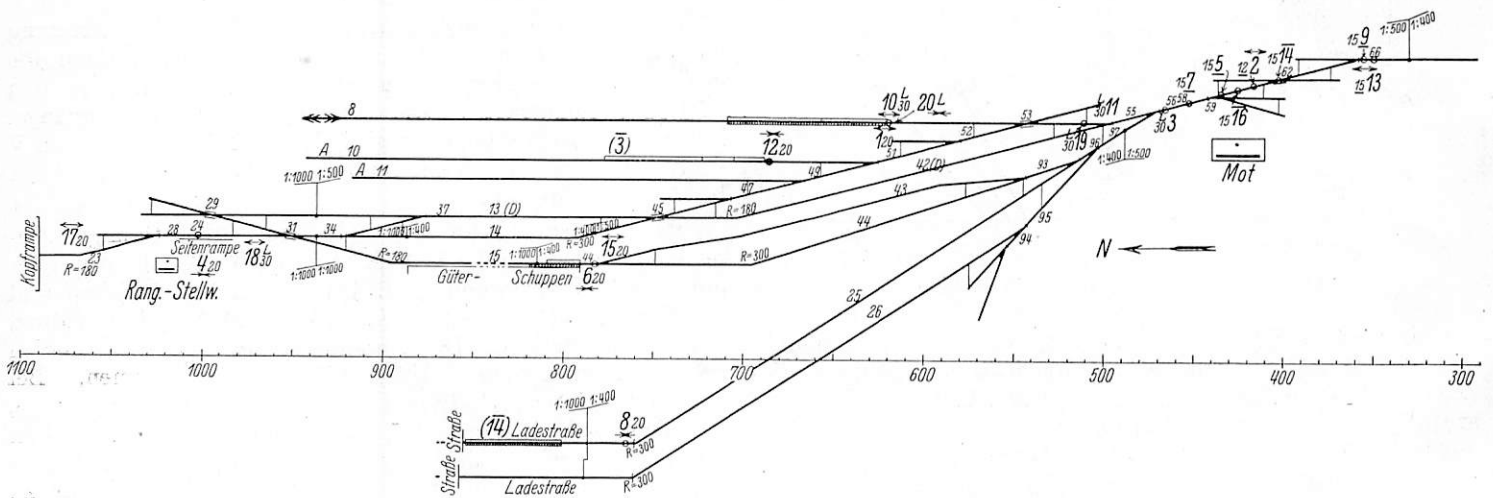


Abb. 13. Bedienung durch G 56 . 16 (G 12). Verkehrsstärke 10 + 10 Wagen.

wird. Die Zuglokomotive soll diese Wagen laderecht stellen und andererseits insgesamt 10 Wagen von den Ladestellen wegziehen und wieder auf den Zug aufsetzen. Die Ladestellen sind Kopframpe, Seitenrampe, Güterschuppen und Freilade-

Das Rangierspiel soll nach dieser Darstellungsweise an Hand des Gleisplans (Textabb. 13) und der Rangierliste II (Seite 228) mit den Abkürzungen der Spalten 2 und 12 nunmehr erläutert werden.

Orts- angabe	Betriebsvorgang und Bemerkungen
1	5 TrLl Ab: 5mal Trennen der Druckluftleitung und Langhängen der Kupplungen sowie Abkuppeln der Wagengruppe (10 Wagen) vom Zugrumpf im Überholungsgleis 8.
1-2	Fv: Fahrt vorwärts aus Gleis 8 vor Weiche 53 (V = 20 km/h), B <sub>1</sub> <sup>24</sup> : 1 Bremswagen (24 t) besetzt.
2	WoZ Ab: Wendehalt ohne Änderung der Zugstärke, Abkuppeln der 10 abzustoßenden Wagen.
2-3	St Fr: Abstoßen von D = 180 t in das Aufstellgleis 10 [Pkt (3)] bei Fahrt rückwärts (V <sub>a</sub> = 12 km/h).
3	Zw Lok: Zwischenhalt von Lok. + Pack. nach dem Abstoßen (Weichenumstellung).
3-4	Lok Fr: Fahrt rückwärts von Lok. + Pack. vor Seitenrampe, V = 30 km/h. L!: Langsamfahren (15 Sek.) vor dem Ankuppeln.
4	An + W: Ankuppeln von 1 Wagen und Wendehalt.
4-5	Fv: Fahrt vorwärts (V = 20 km/h) vor Weiche 56.
5	WoZ: Wendehalt ohne Änderung der Zugstärke (Weichenumstellung).
5-6	Fr: Fahrt rückwärts (V = 15 km/h) zum Güterschuppen. L!: 15 Sek. Langsamfahrt vor Ankuppeln.
6	An + W: Ankuppeln von 3 Wagen und Wendehalt.
6-7	Fv: Fahrt vorwärts (V = 20 km/h) bis vor Weiche 96.
7	WoZ: Wendehalt wie vor (Weichenumstellen).
7-8	Fr: Fahrt rückwärts (V = 15 km/h) ins Freiladegleis. L!: 15 Sek. Langsamfahrt wie vor.
8	An + W: Ankuppeln von 6 Wagen und Wendehalt.
8-9	Fv: Vorziehen der 10 Wagen (V = 20 km/h) vor Weiche 56. B <sub>1</sub> <sup>24</sup> : 1 Bremswagen (24 t) besetzt.
9	WoZ: Wendehalt wie vor.
9-10	Fr: Fahrt rückwärts auf Zugrumpf im Überholungsgleis 8, B <sub>1</sub> <sup>24</sup> : 1 besetzter Bremswagen, L! 15 Sek. Langsamfahrt wie vor.
10	Ab + W + An: Wendehalt, Abkuppeln von Lok. + Pack., Ankuppeln der 10 Wagen an Zugrumpf.
10-11	Lok Fv: Lok. + Pack. Fahrt vorwärts (V = 30 km/h) bis zur Weiche 53.
11	W Lok: Wendehalt von Lok. + Pack. (Weichenumstellen).
11-12	Lok Fr: Fahrt rückwärts von Lok. + Pack. (V = 30 km/h) auf die 10 angekommenen Wagen im Aufstellgleis 10, L!: 15 Sek. Langsamfahrt wie vor.
12	An + W: Wendehalt und Ankuppeln der Wagengruppe.
12-13	Fv: Vorfahren (V = 20 km/h) bis vor Weiche 86, B <sub>1</sub> <sup>24</sup> : 1 besetzter Bremswagen.
13	WoZ Ab: Wendehalt der Gruppe, Abkuppeln von 10 abzustoßenden Wagen.
13-14	St Fr: Abstoßen von D = 130 t (B <sub>1</sub> <sup>24</sup> ) ins Freiladegleis 25 [Pkt (14)] bei Fahrt rückwärts (V <sub>a</sub> = 15 km/h).
14	Zw: Zwischenhalt nach dem Abstoßen (Weichenumstellen).
14-15	Fr: Fahrt rückwärts (V = 15 km/h) bis zum Güterschuppen.
15	Ab + W: Wendehalt wie vor und Abkuppeln von 2 Wagen.
15-16	Fv: Vorziehen (V = 20 km/h) vor Weiche 56.
16	WoZ: Wendehalt der Gruppe wie vor.
16-17	Fr: Fahrt rückwärts (V = 15 km/h) bis vor Kopframpe, L!: 15 Sek. Langsamfahrt vor der Rampe.
17	Ab + W: Wendehalt und Abkuppeln von 1 Wagen.
17-18	Fv: Vorziehen (V = 20 km/h) zur Seitenrampe.
18	Ab: Abkuppeln von 1 Wagen.
18-19	Lok Fv: Fahrt vorwärts von Lok. + Pack. (V = 30) vor Weiche 53.

Orts- angabe	Betriebsvorgang und Bemerkungen
19	W Lok: Wendehalt von Lok. + Pack. (Weichenumstellen).
19-20	Lok Fr: Rücksetzen von Lok. + Pack. an Zugrumpf, L!: Langsamfahrt.
20	An 4Ala: Ankuppeln von Lok. + Pack., Anschließen von 4 Druckluftleitungen und Anziehen der Kupplungen, 90 Sek. Bremsprobe.

## 2. Die Zeiten der Rangierbewegung.

Für diese Bewegungen einschließlich der Arbeiten an den stillstehenden Fahrzeugen sind die Spalten 1-7 der Rangierliste II mit den vorstehenden Abkürzungen nach Tab. I und Abb. 13 eingetragen. Es ist nunmehr die Aufgabe, für diese Angaben den Zeitaufwand zu ermitteln und die Ergebnisse in die Spalten 9-11 der Rangierliste II einzutragen. Die Summe dieser Einzelzeiten ergibt dann die gesuchte Rangierzeit des Nahgüterzuges auf dem Durchgangsbahnhof.

Bei den Einzelbewegungen handelt es sich um

- Abstoßbewegung
- Überführungs- und Lokomotiv-Leerfahrten.

Die so aufgestellten Gleispläne und Rangierlisten geben eine vollständige Darstellung des Rangiervorganges. In dem Gleisplan sind dargestellt:

- Die Besetzung der Gleise nebst Zu- und Abgang,
- die durch die Verkehrsaufgaben und den Gleisplan bedingten Rangierarbeiten, die noch durch die Symbole im einzelnen gekennzeichnet werden,
- die Masse und Werte zur Berechnung der Bewegungszeiten (z. B. Wege, Geschwindigkeit, Lokomotivgattung, Anzahl und Länge der Wagen, Bahnhoftneigungen und Krümmungen).

In der Rangierliste sind die für die Ermittlung der Zeiten nötigen Angaben noch einmal tabellarisch zusammengestellt.

Es ist daher auch möglich, aus der Rangierliste umgekehrt den untersuchten Betriebsvorgang vollständig in dem Gleisplan darzustellen.

### a) Ermittlung der Abstoßbewegung.

Der Lokomotivführer muß die im Einzelfall nötige Abstoßgeschwindigkeit  $V_a$  schätzen. Dies ist erschwert durch stark wechselnde Laufwiderstände und Witterungsverhältnisse. Dabei soll im allgemeinen „nicht zu knapp“ abgestoßen werden, um die zeitraubenden nachträglichen Verschiebungen vorzeitig stehengebliebener Wagen zu vermeiden. Die restliche Geschwindigkeit wird durch Abbremsen mit Hemmschuhen vernichtet, um die Wagen an der gewünschten Stelle anzuhalten. Lokomotivführer, die mit ihrer Maschine und den Verhältnissen des Bahnhofs gut vertraut sind, erreichen dabei mit der Zeit ein sehr feines Gefühl für die erforderliche Geschwindigkeit, die sich der berechneten Abstoßgeschwindigkeit  $V_a$  gut nähert, wenn die Berechnungen mit Versuchswerten durchgeführt sind, die einwandfrei ermittelt wurden. Die Ermittlung von  $V_a$  ist daher nur angenähert notwendig. Aus obigen Gründen wird als Laufweite  $l$  der abgestoßenen durch eigenen Laufwiderstand zum Halten kommenden Wagen die etwas erhöhte Entfernung von der Stellung der Lokomotive bei Beginn der Abstoßbewegung bis zur gewünschten Haltestelle, sowie ein mittleres  $s^0_{/00}$  einschließlich eines mittleren Krümmungswiderstandes und einen mittleren Laufwiderstand der Wagen  $w_w$  gewählt.

Es ist die Abstoßgeschwindigkeit

$$V_a = 3,6 \cdot v_a = 3,6 \sqrt{(s + w_w) \frac{2g' \cdot l}{1000}} \cong 0,5 \sqrt{l(s + w_w)} \text{ km/h.}$$

wo  $g' = 9,25$  im Mittel für die abgestoßenen Wagen gilt.

## Rangierliste II.

Richtung von .....

Verkehrsstärke 10 + 10 Wagen

Bedienung durch Lok. G 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Orts- angabe	Betriebs- vorgang	Wagen- zahl	Wagen- länge m	Gewicht G <sub>w</sub> (t)	Weg l m	Fahr- geschw. V (km/h)	*	* t <sub>za</sub> + t <sub>zb</sub> Sek.	Zeit- bedarf Sek.	Zeit- summe Sek.	Bemerkungen
1	5TrLI Ab								150	150	5 Trennst. je 30''
1-2	Fv	10	90	195	204	20	37	17	54	204	B <sub>1</sub> <sup>24</sup>
2	WoZ . Ab								16	220	
2-3	St Fr	10/0	90/0	195/15	50	12a	11+3	11	25	245	MaW53,D=180,B <sub>1</sub> <sup>24</sup>
3	Zw Lok								11	256	
3-4	Lok Fr	—	—	15	517	30	62+15	12	89	345	MaW 51, L!
4	An + W								27	372	
4-5	Fv	1	9	35	549	20	98	9	107	479	
5	WoZ								9	488	
5-6	Fr	1	9	35	348	15	83+15	7	105	593	MaW 56, L!
6	An + W								27	620	
6-7	Fv	4	36	85	330	20	59	12	71	691	
7	WoZ								9	700	
7-8	Fr	4	36	85	312	15	75+15	9	99	799	MaW 96, L!
8	An + W								27	826	
8-9	Fv	10	90	195	409	20	73	17	90	916	B <sub>1</sub> <sup>24</sup>
9	WoZ								9	925	
9-10	Fr	10	90	195	266	15	64+15	12	91	1016	MaW 56, L!, B <sub>1</sub> <sup>24</sup>
10	Ab + W + An								27	1043	
10-11	Lok Fv	—	—	15	109	30	13	12	25	1068	
11	W Lok								10	1078	
11-12	Lok Fr	—	—	15	177	30	22+15	12	49	1127	MaW 53, L!
12	An + W								27	1154	
12-13	Fv	10	90	195	338	20	61	17	78	1232	B <sub>1</sub> <sup>24</sup>
13	WoZ Ab								16	1248	
13-14	St Fr	10/4	90/36	195/65	58	15a	11+3	11	25	1273	MaW56,D=130,B <sub>1</sub> <sup>24</sup>
14	Zw								18	1291	
14-15	Fr	4	36	65	366	15	88	8	96	1387	MaW 96
15	Ab + W								27	1414	
15-16	Fv	2	18	35	348	20	62	9	71	1485	
16	WoZ								9	1494	
16-17	Fr	2	18	35	646	15	155+15	7	177	1671	MaW 56, L!
17	Ab + W								27	1698	
17-18	Fv	1	9	25	90	20	16	8	24	1722	
18	Ab								14	1736	
18-19	Lok Fv	—	—	15	470	30	57	12	69	1805	
19	W Lok								10	1815	
19-20	Lok Fr	—	—	15	109	30	13+15	12	40	1855	MaW 53, L!
20	An 4Ala								250	2105	4 Kuppelst. je 40'' + Bremspr. 90''
20-21											
21											
21-22											
22											
22-23											
23											
23-24											
24											
24-25											
25											
25-26											

## Abkürzungen.

Spalte 2: **TrLI (Ala)** = Trennen (Anschließen) der Druckluftleitung und Langhängen (Anziehen) der Kupplung; **F** = Fahrt; **v** = vorwärts; **r** = rückwärts; **St** = Abstoßen; **W** = Wendehalt; **WoZ** = W ohne Änderung der Zugstärke; **An** = Ankuppeln; **Ab** = Abkuppeln; **Z** = Zwischenhalt (beim Abstoßen).

Spalte 5: **G<sub>w</sub>** = Wagengewicht; bei Überführungsfahrten einschl. Packwagengewicht von 15 t.

Spalte 7: a = Abstoßgeschwindigkeit.

Spalten 8/9: \* = Zeiten auf volle Sekunden abgerundet.

Spalte 12: **L!** = Langsamfahrtstrecke vor Ankuppeln; **B** = Bremsbesetzung erforderlich; **B<sub>1</sub><sup>24</sup>** = (z. B.) 1 Wagen zu 24 t Bremsgewicht ist gebremst; **MaW** = die für die Trennung vor der vorhergehenden Fahrstraße maßgebenden Weiche; **D** = abzustoßende t.

Wenn eine Strecke  $l$  mit gleichförmiger Geschwindigkeit  $v$  m/sec befahren wird, so ist die Fahrzeit  $t_g = l : v = 3,6 l : V$  sec. Durch das Anfahren und Bremsen wird diese Zeit verlängert. Ist die gleichförmige Anfahrbeschleunigung  $b_a$  m/sec<sup>2</sup> und die Bremsverzögerung  $b_b$  m/sec<sup>2</sup>, dann ist die Anfahrzeit  $t_a = v : b_a$  und die Bremszeit  $t_b = v : b_b$  sec. Für die mittlere Geschwindigkeit ist dann  $\frac{1}{2} v = l_a : t_a = l_b : t_b$ . Hier sind  $l_a$  und  $l_b$  die Anfahr- und Bremswege. Daraus erhält man  $t_a^2 = 2 l_a : b_a$  bzw.  $t_b^2 = 2 l_b : b_b$  d. h. die Zeitwegelinien für das Anfahren und Bremsen sind Parabeln, an die sich die gerade Zeitwegelinie ( $t_g = l : v$ ) der gleichförmigen Bewegung als Tangente anschmiegt (Textabb. 15). Nach einem

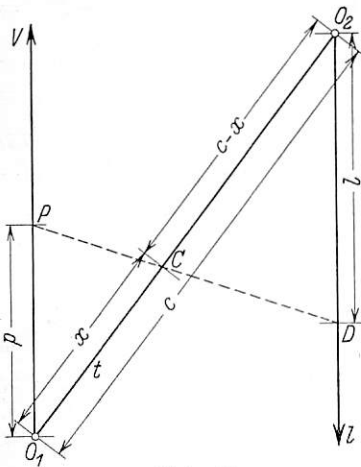


Abb. 14.

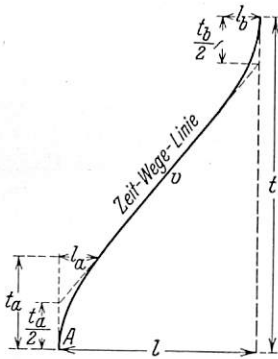


Abb. 15.

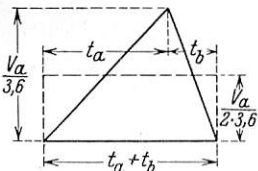


Abb. 16.

Satz der analytischen Geometrie halbiert die rückwärts verlängerte Tangente die Scheitelordinate (hier also  $t_a$  und  $t_b$ ). Es liegen daher die Schnittpunkte der verlängerten Gerade für die gleichförmige Bewegung um  $t_a : 2$  bzw.  $t_b : 2$  von dem Anfangs- und Endpunkte der Zeitwegelinien (Textabb. 15) entfernt. Es ist also die Gesamtzeit der Bewegung  $t_g + \frac{1}{2}(t_a + t_b) = t_g + t_{za} + t_{zb}$  sec, wo  $\frac{1}{2} t_a = t_{za}$  und  $\frac{1}{2} t_b = t_{zb}$  die Zeitzuschläge für das Anfahren und Bremsen sind.

Nunmehr soll für  $V_a$  noch die Länge der Lokomotivbewegung während des Abstoßens bestimmt werden. Wird sofort nach Erreichung der Abstoßgeschwindigkeit  $V_a$  abgebremst, so sind die Zeit und der Weg der gleichförmigen Bewegung gleich 0. Die Gesamtzeit der Abstoßbewegung, die also in diesem Falle nur aus Anfahren und Bremsen besteht, ist dann  $t_a + t_b$ . Das Geschwindigkeitszeitdiagramm ist nach Textabb. 16 ein Dreieck und der gesuchte Weg ist

$$l' = \frac{V_a(t_a + t_b)}{2 \cdot 3,6} = \frac{V_a(t_{za} + t_{zb})}{3,6}$$

Nach Beobachtungen von Massute bleibt aber die Lokomotive mindestens 2 Sek., im Mittel 3 Sek., bei der erreichten Abstoßgeschwindigkeit  $V_a$ , so daß der gesamte Rangierweg der Lokomotive beim Abstoßen  $l_1 = \frac{V_a(t_{za} + t_{zb} + 3)}{3,6}$  ist. Für ein gegebenes  $V_a$  und die um die Anfahr- und Bremszeitzuschläge verminderte Abstoßzeit  $t_{za} + t_{zb} + 3$  sec kann man daher den Abstoßweg der Lokomotive berechnen.

b) Ermittlung der Überführungs- und Leerlokomotivfahrten.

Für diese Bewegungen ist aus dem Gleisplan die Weglänge  $l$  zu entnehmen und die Geschwindigkeiten  $V$  werden vorher nach Tabelle I angenommen. Die Zeiten für die gleichförmige Bewegung, sowie für die Zuschläge beim Anfahren und Bremsen werden nach den gleichen Formeln wie beim Abstoßen berechnet. Für Leerlokomotivfahrten ist die

Maximalbeschleunigung durch die Maximalanfahrkraft  $p_a = 70$  kg/t sowie die Maximalverzögerung durch die maximale Bremskraft  $p_b = 80$  kg/t begrenzt (vergl. Tab. I von Massute).

3. Die Nomogramme für die Ermittlung der Rangierbewegungen.

I. Herstellung der Nomogramme (Taf. 19).

Zunächst sollen die Nomogramme für

- die Ermittlung der Zeit für die Bewegung bei annähernd gleichförmiger Geschwindigkeit,
- die Zeitzuschläge für Anfahren und Bremsen, und
- die Ermittlung der Abstoßgeschwindigkeit

hergestellt werden. Zu a). Es ist n. o die Fahrzeit  $t_g$  bei gleichförmiger Geschwindigkeit  $v$  m/sec auf der Strecke  $l$  m

$$t_g = \frac{l}{v} = \frac{3,6 \cdot l}{V} \text{ sec.}$$

Für diese Ermittlung kann man ein Nomogramm verwenden mit zwei senkrechten, linear unterteilten Skalen für  $l$  und  $V$  sowie einer projektiv unterteilten schrägen Skala für  $t_g$ . Die projektive Unterteilung geschieht durch Strahlen aus einem Pol für  $V = 36$  km/h. An die Schnittpunkte dieser Strahlen mit der schrägen  $t_g$ -Skala schreibt man die zehnmals kleineren Zifferwerte der senkrechten  $l$ -Skala. Zweckmäßig berechnet man die projektive Teilung der schrägen Skala mit dem Rechenschieber. In vorstehender Textabb. 14 ist die linke Skala die für  $V$ , die rechte die für  $l$  sowie die schräge für  $t_g$ . Die Länge der schrägen Skala ist  $O_1O_2 = c$ . Der Pol auf der  $V$ -Skala hat von  $O_1$  den Abstand  $O_1P = p$ . Der Strahl von  $P$  schneidet die schräge Skala in  $C$  und die  $l$ -Skala in  $D$ . In den ähnlichen Dreiecken  $PCO_1$  und  $DCO_2$  verhält sich

$$\frac{O_1C}{O_1P} = \frac{O_2C}{O_2D} \text{ bzw. } \frac{x}{p} = \frac{c-x}{l},$$

es ist also

$$x(p+l) = p \cdot c \text{ oder } x = \frac{p \cdot c}{p+l}$$

$p$  und  $c$  sind feste Werte. Man kann  $x$  für Werte  $l$  berechnen und so die schräge Skala für  $t_g$  austeilen. Die Ziffern für  $x$  sind dann zehnmals kleiner als die für  $l$ . Hiernach ist das Nomogramm anzufertigen. Legt man einen Faden oder ein Lineal an die  $V$ - und  $l$ -Werte an, so kann man im Schnitt mit der schrägen Skala das zugehörige  $t_g$  ablesen (3, Taf. 19).

Zu b). In der Gleichung für den Anfahrzeitzuschlag

$$t_{za} = \frac{t_a}{2} = \frac{v_a}{2 \cdot b_a} = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot b_a} \text{ ist}$$

$$b_a = \frac{g'}{1000} \left( \frac{G_r}{G_z} \cdot \mu_a \mp s - w \right) \text{ m/sec}^2.$$

Hier ist  $G_r$  das Gewicht der Triebachsen der Lokomotive,  $G_z$  das Gewicht der Rangiergruppe,  $\mu_a = 140$  kg/t die Anfahrzugkraft je Tonne Reibungsgewicht (Tabelle I),  $\mp s$  die Neigung und  $w$  kg/t der Laufwiderstand der Rangiergruppe. Ist weiter  $g' = \frac{9,81}{1,095} = 9$ , und setzt man

$$\frac{G_r \cdot \mu_a}{G_z} = p_a' \text{ kg/t,}$$

dann ist

$$b_a = \frac{9}{1000} (p_a' \mp s - w).$$

Damit wird

$$t_{za} = \frac{t_a}{2} = \frac{V_a \cdot 1000}{2 \cdot 3,6 (p_a' \mp s - w) \cdot 9} = \frac{15,5 \cdot V_a}{p_a' \mp s - w} \text{ sec.}$$

Es sind für diese Ermittlung zwei Nomogramme herzustellen, und zwar für (1 und 2, Taf. 19).

$$1. p_a' = \frac{G_r \cdot \mu_a}{G_z} \text{ und } 2. t_{za} = \frac{t_a}{2} = \frac{15,5 \cdot V_a}{p_a' \mp s - w}$$

die beide denselben Aufbau wie die vorhergehenden haben. Bei dem Ersten sind die linear geteilten senkrechten Achsen die für  $p_a'$  und  $G_r \cdot \mu_a$ . Die schräge Skala ist für  $G_z$  t. Der Pol liegt hier bei  $p_a' = 10$  kg/t. Für die Skala für  $G_r \cdot \mu_a$  schreibt man links für ein konstantes  $\mu_a = 140$  kg/t an die Teilstriche die Reibungsgewichte  $G_r$  der Lokomotive an. Rechtsseitig schreibt man für ein  $\mu_b = 100$  kg/t an die Teilstriche die Bremsgewichte  $G_b = G_{1b} + G_{wb}$ , da mit demselben Nomogramm auch die Bremskraft  $p_b' = \frac{(G_{1b} + G_{wb}) \cdot \mu_b}{G_z}$  kg/t ermittelt werden kann. Das Nomogramm für die Gl. zu 2) hat als senkrechte lineare Skalen die für  $p_a = p_a' \mp s - w$  bzw.  $p_b = p_b' \pm s + w$  und für  $V_a$ , die schräge Skala ist für  $t_{za}$  bzw.  $t_{zb}$ . Der Pol auf der  $(p_a' \mp s - w)$ -Achse liegt bei  $p_a = 15,5$  kg/t. Der Wert  $w$  kg/t ist der mittlere Laufwiderstand der Rangiergruppe. Er ist

$$w = \frac{w_1 \cdot G_1 + w_w \cdot G_w}{G_1 + G_w} \text{ kg/t.}$$

Der Lokomotivwiderstand bei Fahrt ohne Kraftverbrauch ist nach vorhergehendem Abschnitt  $w_1' = \frac{W_1'}{G_1}$ , wo  $W_1' = c_{11} \cdot G_{11} + c_{12} \cdot G_{12} + c_{14} \left(\frac{V}{10}\right)^2$  kg ist. Das letzte Glied kann hier wegen der kleinen  $V$  vernachlässigt werden. Mit den Strahlschen Werten  $c_{11}$  und  $c_{12}$  erhält man als Mittelwert für die verschiedenen Güterzuglokomotiven  $w_1' = W_1' : G_1 \sim 6,5$  kg/t. Bei Fahrt mit Kraftverbrauch ist  $W_1 = W_1' - W_{111} + c_{13} \cdot Z_1$ . Bei den kleinen Geschwindigkeiten ist  $Z_1 = G_r \cdot 140$  konstant und  $c_{13} = 0,04$ , nach Vergleichsrechnungen bei den Güterzuglokomotiven kann man hier  $-W_{111} + c_{13} \cdot Z_1 = 0$  setzen. Es ist dann also bei Rangierbewegungen  $w_1' = w_1 \simeq 6,5$  kg/t. Der Wagenwiderstand ist  $w_w = 3$  kg/t. Infolgedessen ist der mittlere Laufwiderstand  $w$  der Rangiergruppe (10, Taf. 19)

$$w = \frac{6,5 \cdot G_1 + 3,0 \cdot G_w}{G_1 + G_w} = \frac{6,5 \cdot G_1 + 3,0 \cdot G_w}{G_z}$$

oder

$$w = 6,5 \frac{G_1}{G_z} + 3,0 \left(1 - \frac{G_1}{G_z}\right) = \frac{G_1}{G_z} (6,5 - 1) + 3.$$

Für die  $w$ -Werte ist hiernach eine kleine Doppelskala angefertigt worden, aus der man für die  $G_1 : G_z$ -Werte die entsprechenden  $w$ -Werte ablesen kann. Die Werte  $(\mp s - w)$  bzw.  $(\pm s + w)$  sind von den vorher ermittelten Werten  $p_a'$  bzw.  $p_b'$  abzuziehen oder hinzuzuzählen.

Zu c). Die Abstoßgeschwindigkeit  $V_a$  kann man ebenfalls mit einem Nomogramm, das sich an die bisherigen anschließt, ermitteln. Für die Gleichung  $V_a = 0,5 \cdot \sqrt{1(\pm s + w_w)}$  ist die eine senkrechte Achse die bisherige l-Skala, die andere ist auf ihrer einen Seite linear für die Werte  $1(s + w)$  und auf der anderen Seite quadratisch für  $0,5 \cdot \sqrt{1(\pm s + w_w)} = V_a$  unterteilt. Für die Austeilung der schrägen  $(s + w_w)$  Skala liegt der Pol auf der l-Achse bei  $l = 400$  m (4, Taf. 19).

### II. Die Anwendung der Nomogramme.

Eine Lokomotive Gt 46.17 soll von zehn angehängten Wagen sechs in ein Freiladegleis auf 450 m Laufweg abstoßen. Steigung einschließlich mittlerer Krümmungswiderstand  $s' = 2^0/00$ , Laufwiderstand der Wagen  $w_w = 3$  kg/t, daher  $s' + w_w = 5^0/00$ .

1. Erforderliche Abstoßgeschwindigkeit  $V_a$  aus Nomogramm (4); Lineallage I: für  $l = 450$  m und  $s' + w_w = 5^0/00$  ist  $V_a = 23,7$  km/h.

Reibungsgewicht der Lokomotive  $G_r = 4 \cdot 17 = 68$  t, Lokomotivgewicht  $G_1 = 6 \cdot 17 = 102$  t, Bremsgewicht der Lokomotive  $G_{b1} = 4 \cdot 17 = 68$  t (ohne Zusatzbremse), Gesamtgewicht

$G_{wg} = 10 \cdot 22,5 = 225$  t, Gesamtgewicht des Rangierzugs  $G_z = G_1 + G_{wg} = 102 + 225 = 327$  t, abgestoßenes Gewicht  $D = 6 \cdot 22,5 = 135$  t, verbleibendes Wagengewicht  $G_{wv} = 4 \cdot 22,5 = 90$  t, verbleibendes Rangierzuggewicht  $G_{zv} = 102 + 90 = 192$  t, Bremsgewicht  $G_b = G_{b1} + G_{bw} = 68 + 22,5 = 91$  t (1 Bremswagen).

2. Laufwiderstand der Rangiergruppe aus Nomogramm (1a); für  $G_1 : G_z = 102 : 327 = 0,312$  ist  $w = 4,1^0/00$ , für  $G_1 : G_{zv} = 102 : 192 = 0,53$  ist  $w = 4,9^0/00$ .

3. Anfahrzeitzuschlag  $t_{za}$  aus Nomogramm (1) und (2); Lineallage IIa: für  $G_r = 68$  t und  $G_z = 327$  t ist  $p_a' = 29$  kg/t. Es ist  $p_a = p_a' - s - w = 29 - 2 - 4,1 = 22,9$ . Lineallage IIIa: für  $p_a = 22,9$  und  $V_a = 23,7$  ist  $t_{za} = 16$  sec.

4. Bremszeitzuschlag  $t_{zb}$  aus Nomogramm (1) und (2). Lineallage IIb: für  $G_b = 91$  t und  $G_{zv} = 192$  t ist  $p_b' = 47,2$  kg/t. Es ist  $p_b = p_b' + s + w = 47,2 + 2 + 4,9 = 54,1$  kg/t. Lineallage IIIb: für  $p_b = 54,1$  und  $V_a = 23,7$  ist  $t_{zb} = 7$  Sek.

5. Fahrzeit der Lokomotive beim Abstoßen.  $T = 2(t_{za} + t_{zb}) + 3 = 2(16 + 7) + 3 = 49$  sec.

6. Fahrweg der Lokomotive beim Abstoßen aus Nomogramm (3). Lineallage IV: für  $V_a = 23,7$  und  $t_{za} + t_{zb} + 3 = 16 + 7 + 3 = 26$  sec ist  $l = 172$  m.

### 4. Die Auswertung der ermittelten Rangierzeiten.

Für die Aufstellung von Betriebsplänen sind noch Unterbrechungen zu berücksichtigen. Sollen aber für die gleiche Rangieraufgabe aus verschiedenen Entwürfen desselben Bahnhofs die Rangierzeiten ermittelt werden, so sind nur diejenigen Unterbrechungen zu berücksichtigen, die durch die Eigenart des betreffenden Entwurfs bedingt sind und die Zeitunterschiede das Kriterium für die Güte der Entwürfe. Diese Untersuchungen sind für verschiedene Verkehrsstärken durchzuführen.

Ebenso können hiernach für dieselbe Rangieraufgabe Vergleiche hinsichtlich der Rangierkosten aufgestellt werden. Diese zerfallen in die Lokomotivkosten einschließlich Bemannung und in die Kosten der Rangierer. Verwaltungskosten sind hierbei durch Zuschläge zu berücksichtigen. Die Kohlenkosten können nach Versuchen für einen Verbrauch von durchschnittlich 60 kg je h und  $m^2$  Rostfläche in Rechnung gestellt werden. Sie sind also linear mit der Zeit veränderlich, ebenso hängen die persönlichen Kosten direkt von der Zeit ab.

Beispiel. Die Rangierliste II soll nun hinsichtlich der Rangierkosten ausgewertet werden. An dem Rangiergeschäft sind beteiligt:

- die Zuglokomotive G 12 nebst Bemannung,
- 1 Güterzugschaffner für Besetzung der Bremswagen,
- 1 Weichensteller auf Mot,
- 1 Arbeiter auf Rangierstellwerk,
- 1 Aufsichtsbeamter (Reichsbahnassistent),
- 1 Rangieraufseher, der auch Wagen kuppelt,
- 1 Arbeiter als Hemmschuhleger.

Lokomotivkosten: je Stunde  $K_L$ :

1. Lokomotivpersonalkosten

$$K_{LP} = \frac{1,8 \cdot \text{Monatsgeh. (Lok.führ. + Heizer)}}{202}$$

$$= \frac{1,8 (346 + 245)}{202} = \dots \dots \dots 5,25 \text{ RM/h}$$

1,8 wegen 80% Zuschlag (55% Unkosten einschließlich Ruhegehalt + 10% Verwaltung + 5% Aufsicht + 10% Rangiergelder) 202 Dienststunden je Monat.

Zu übertragen . . . 5,25 RM/h

Übertrag . . . 5,25 *R.M./h*

2. Kosten für Zins, Abschreibung und Reparatur

$$K_{Lzar} = \frac{z + a + r}{100} \cdot \frac{K_n}{3875} = \frac{(6 + 4 + 10) 135600}{100 \cdot 3875} = 7,00 \text{ ,,}$$

$z = 6\%$  Zins,  $a = 4\%$  Abschreibung (25 Jahre Lebensdauer),  $r = 10\%$  Reparatur.  $K_n$  Neuwert der Lokomotive (1 kg Gz-Lokomotive kostet 1,5 *R.M.*, 1 kg Tender 0,9 *R.M.*).  
G 12: Lokomotive (leer) 85400 kg, Tender (leer) 19600 kg. 3875 = jährl. Lok.-Dienststunden.

3. Kosten für Bedienung im Lokomotivschuppen

$$K_{LB} = (H + A) \cdot \text{Stundenkosten der Gruppe VI} = 2,5 \cdot 0,71 = 1,78 \text{ ,,}$$

$H + A = 2,5$  für G 12 ist Anzahl der Handwerker und Arbeiter nach Kopfplan des Bahnbetriebswerks für eine Lokomotive.

4. Kosten für Betriebsstoffe

$$K_{LK} = \frac{1,2 \cdot 60 \cdot R \cdot K_k}{1000} = \frac{1,2 \cdot 60 \cdot 3,9 \cdot 25}{1000} = 7,00 \text{ ,,}$$

$K_L = 21,03 \text{ R.M./h}$

1,2 wegen 20% Zuschlag für andere Betriebsstoffe und Feuer in Ruhe.

$R = 3,9 \text{ m}^2$  Rostfläche der G 12.  $K_k = 25 \text{ R.M./t}$  Kohlenpreis frei Tender.

Stundenkosten einschließlich 50% Zuschlag bei Beamten aus dem Monatsgehalt berechnet für:

- 1 Güterzugschaffner  $\frac{1,5 \cdot 260}{202} = 1,95 \text{ R.M./h.}$
- 1 Aufsichtsbeamter  $\frac{1,5 \cdot 235}{202} = 1,77 \text{ R.M./h.}$
- 1 Weichensteller oder 1 Rangieraufseher  $\frac{1,5 \cdot 222}{202} = 1,65 \text{ R.M./h.}$
- 1 Arbeiter der Gruppe V, einschließlich Zuschläge 0,75 *R.M./h.*

Zusammenstellung der Stundenkosten:

Lokomotivkosten . . . . .	21,03 <i>R.M./h</i>	
1 Güterzugschaffner . . . . .	1,95 ,,	
1 Weichensteller auf Mot . . . . .	1,65 ,,	
1 Arbeiter auf Rangierstellwerk . . . . .	} 5,12 {	
1 Aufsichtsbeamter . . . . .		0,75 ,,
1 Rangieraufseher . . . . .		1,77 ,,
1 Arbeiter als Hemmschuhleger . . . . .		1,65 ,,
	0,75 ,,	
	29,55 <i>R.M./h.</i>	

Die Rangierzeit beträgt nach Rangierliste II 2105 sec = 0,59 h. Bei dem Aufsichtsbeamten, dem Rangieraufseher und den beiden Arbeitern sind als Vorbereitungs- und Abschlußdienst nach den örtlichen Verhältnissen im Mittel  $2 \cdot 5 = 10 \text{ min} = 0,17 \text{ h}$  gegebenenfalls zuzuschlagen.

Rangierkosten:

$$0,59 \cdot 29,55 = 17,40 \text{ R.M.}$$

$$0,17 \cdot 5,12 = 0,90 \text{ ,,}$$


---


$$18,30 \text{ R.M.}$$

Eine derartige Untersuchung ist von Herrn Dipl.-Ing. Pohlenz als Diplomarbeit für einen Durchgangsbahnhof, bei dem die Freiladegleise einmal nur an dem einen Bahnhofsende und das andere Mal an beiden Enden angebunden sind, hinsichtlich der Rangierzeiten und -kosten für verschiedene Verkehrsstärken der ankommenden und abgehenden Wagen durchgeführt worden, um die wirtschaftlichste Betriebsweise und Gleisausbildung zu erkennen.

Die Abhandlung gibt also zuverlässige und anschauliche Methoden an die Hand, die Gleisentwürfe und die Betriebsweisen zu bestimmen, die für die geforderten Verkehrsaufgaben am geeignetsten sind.

Zum Schluß möchte ich noch meinem Assistenten, Herrn Dipl.-Ing. K. Hähnel, für seine Mithilfe bei der Durchsicht meinen besten Dank aussprechen.

### Instandsetzung der Zungenvorrichtungen.

Von Ingenieur Fritz Hromatka, Hofrat a. D., Wien.

Durch die beim Befahren einer Weiche verursachten Stöße und Erschütterungen werden deren Gelenkbohrungen oval ausgeschlagen und die Bolzen oval abgenützt. Der dadurch entstehende Spielraum in den Gelenken verursacht ein Schlottern der daran hängenden beweglichen Weichenteile, die dadurch rasch zugrunde gehen, beeinflußt die Einhaltung des für die Sicherungsanlage wichtigen Zungenaufschlages und Hubes fernbedienter Weichen und beeinträchtigt daher auch die Betriebssicherheit.

Diese oval ausgeschlagenen Gelenkbohrungen wurden bisher durch Blecheinlagen und Einschlagen von Eisenkeilen oder durch Aufreiben und Verwendung stärkerer Bolzen tunlichst instand gesetzt\*). Ende 1925 sind erstmalig die um 6 mm größer ausgefrästen Löcher der Drehpunkte mit 3 mm starken konzentrischen Stahlbüchsen ausgefüllt worden. Diese Versuche wurden jedoch wieder aufgegeben, da eine sachgemäße Ausfüllung wegen des nötigen Preßsitzes der Büchse nur unter entsprechendem Druck durchgeführt werden konnte, was aber nur in der Werkstatt möglich ist. Vom Standpunkt des Bahnerhalters muß aber gefordert werden, daß die Instandsetzung der ganzen Zungenvorrichtung innerhalb von Zugpausen an Ort und Stelle, also ohne Werkstattarbeit durchführbar sei und daß weiterhin durch die Instandsetzung die Freizügigkeit der einzelnen Weichenteile in keinerlei Weise beeinträchtigt werden darf.

\*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1927, S. 430, Beyer: „Die Erhaltung der Drehpunkte der Zungenvorrichtungen“.

Diesen Bedingungen entsprechen die geschlitzten exzentrischen Einsatzbüchsen nach Patent Ingenieur Josef Walter\*), deren Preßsitz mit einem Keilstift einwandfrei erreicht wird (Abb. 1). Die ersten Versuche mit diesen Büchsen wurden im Jahre 1926 durchgeführt.

Die Arbeitsweise für die Instandsetzung der Verbindungsstangen und ihrer Gelenke bei fernbedienten Weichen, sowie für die Instandsetzung der Drehstühle und Wurzelgelenke wurde in allen Einzelheiten durchgebildet, die dafür notwendigen Arbeitsgeräte und Ersatzbestandteile so vereinheitlicht, daß, mit Ausnahme einiger besonders alter Weichenformen, alle bei den Österreichischen Bundesbahnen in der Bahn liegenden Gelenkweichen in vollkommen gleicher Weise instand gesetzt werden können.

Mit der Durchführung der Arbeiten sind eigene Arbeitsrotten beauftragt, die alljährlich 2000 bis 2200 Weichen zu untersuchen und instand zu setzen haben, so daß innerhalb weniger Jahre alle wichtigen Weichen einwandfrei überholt sein werden. Jede dieser Arbeitsrotten besteht aus einem Schlosser der Oberbauwerkstätte Wörth, drei Hilfskräften,

\*) Die „Walter“-Büchsen werden von der Firma Ernst Krause & Co. A.-G., Berlin W 8 geliefert.

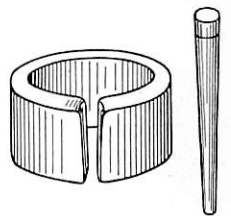


Abb. 1.

tunlichst die mit der Weichenerhaltung des betreffenden Bahnhofes betrauten Bediensteten und einem Bahnrichter.

### Instandsetzung der Verbindungsstangen und ihrer Gelenke.

Die zulässige ovale Überweitung der Löcher in den Scharnierlappen und Stangenköpfen darf nach den Vor-

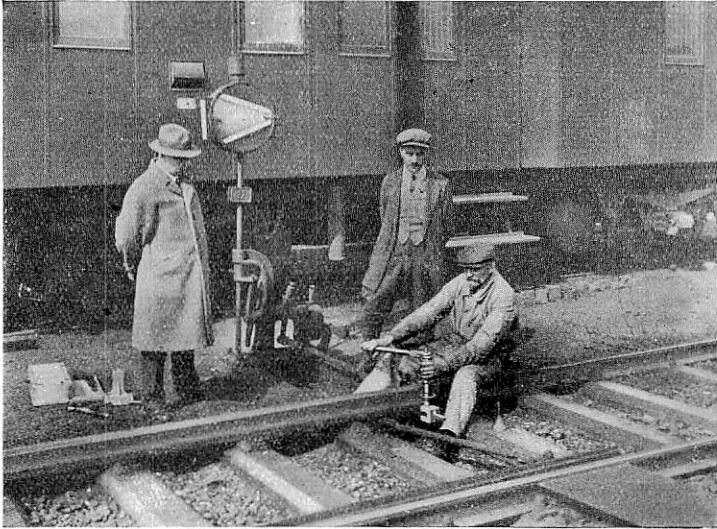
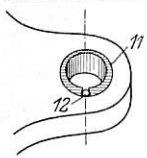


Abb. 2.



schriften der Österreichischen Bundesbahnen nicht mehr als 2 mm betragen, d. h., es wird ausgebüchset, wenn der Regeldurchmesser von 25 mm auf 27 mm ausgeschlagen ist. Die

Ausfräsung der Löcher erfolgt mittelst einer besonderen für diesen Zweck gebauten Fräsvorrichtung. In die neue Bohrung wird die Einsatzbüchse eingebracht und mit dem Keilstift befestigt. Aus Abb. 2 ist die Art der Auffräsung der Scharnierlappen, aus Abb. 3 die der Verbindungsstangen ersichtlich. Die beiden Augen des Stangenkopfes werden in einem Arbeitsgang ausgefräst, was durch ein Aufsatzstück ermöglicht ist, in welchem die ausgebaute Verbindungsstange festgehalten wird.

In die Scharnierlappen werden 20 mm, in die Lappen der Stangenköpfe 14 mm hohe Einsatzbüchsen eingebaut. Die Einsatzbüchse wird gewöhnlich so eingesetzt, daß der in der Richtung der Exzentrizität liegende Schlitz der Büchse senkrecht zur Stangenachse liegt; erforderlichenfalls kann jedoch die Büchse verdreht eingesetzt werden, wodurch die Stangenlänge und mithin der Zungenspitzenabstand bis um das doppelte Maß der Exzentrizität der beiden Büchsen, d. i. bis 3 mm vergrößert oder verkleinert werden kann.

### Instandsetzung der Zungenwurzeln.

Wenn die Drehstühle locker und in ihren Auflagerflächen und seitlichen Anschlägen derart abgenützt sind, daß eine richtige Lage von Zunge, Anschlußschiene und Backenschiene nicht mehr gewährleistet ist, so müssen die Wurzelschwellen durch neue ersetzt werden. Ist jedoch der Drehstuhl fest, dagegen aber nach Abheben und Auskanten der Zunge eine ovale Abnützung der Zungenbohrung festzustellen, so wird an eine Ausbüchsung dann geschritten, wenn das Grenzmaß für die zulässige Überweitung der Zungenbohrung (39 mm) in der Längs- oder Querrichtung überschritten ist.

Welche Grenzfälle sich bei nicht gut erhaltenen Weichen ergeben können, haben wir bei einer Weiche alter Bauart feststellen können, deren Regelbohrung 35 mm beträgt. Der Drehbolzen war bis auf 28 mm Durchmesser abgenützt, die

Drehbolzenbohrung dagegen auf 43 mm erweitert, so daß ein Spiel von 15 mm vorhanden war.

Zum Ausbüchsen wird mit einer besonderen Fräsvorrichtung eine Bohrung von 50 mm Durchmesser und 40 mm Tiefe hergestellt (Abb. 4). Diese Bohrung erfolgt senkrecht zur abgenützten Zungenauflagefläche und exzentrisch zur alten Zungenbohrung. Die richtige Lage der neuen Bohrung ergibt

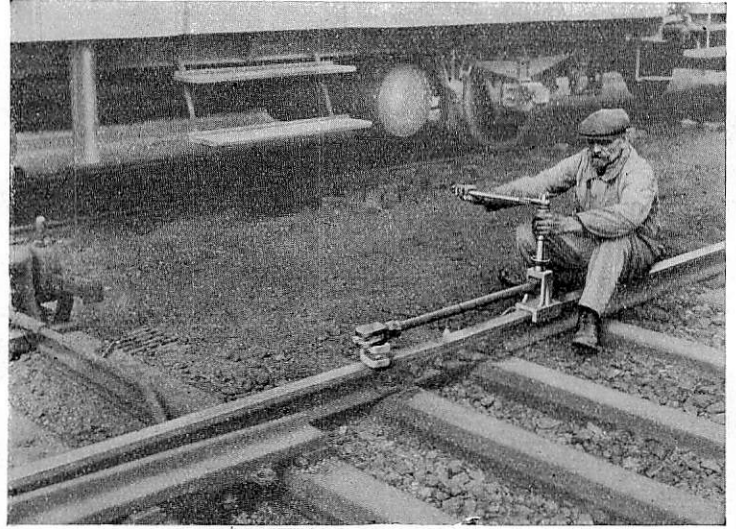
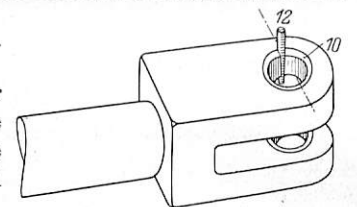


Abb. 3.



sich bei richtiger Befestigung der Fräsvorrichtung an der Zunge von selbst. Die Tiefe und die Weite der neuen Bohrung sind mit einer Lehre nachzuprüfen.

In diese Bohrung wird eine exzentrische Einsatzbüchse von 30 mm Höhe und 38,2 mm Innendurchmesser eingesetzt und in der üblichen Weise durch Eintreiben des Keilstiftes befestigt. Die neue Achse der Zungenbohrung befindet sich nach dem Einsetzen der Büchse an der dem Regelblatt entsprechenden Stelle.



Abb. 4.

### Auswechseln des Drehbolzens.

Der in die Zunge eingreifende Teil des Drehbolzens darf im Durchmesser nur eine Abnützung von höchstens 1 mm



aufweisen, was mit Lehren festzustellen ist. Lockere oder abgenützte Bolzen oder solche mit weit vorstehendem Bunde sind gegen neue Ersatzbolzen auszuwechseln. Um den in

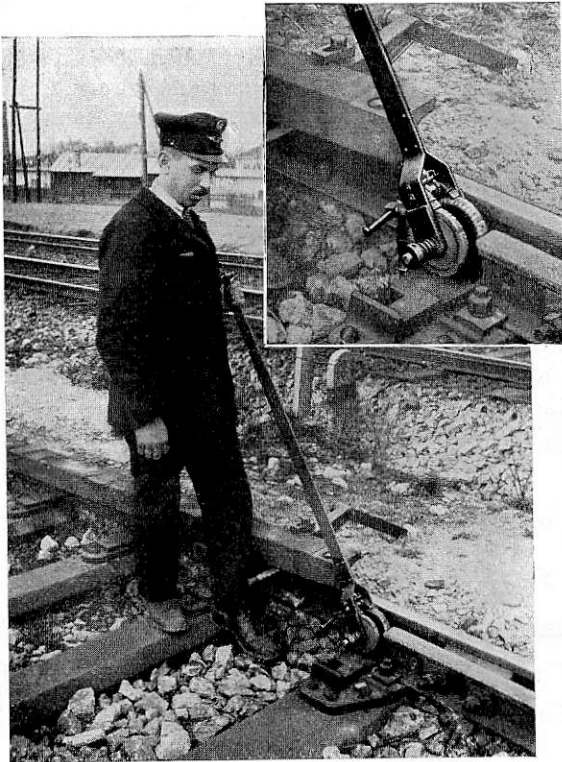
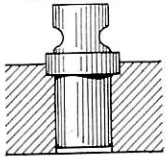


Abb. 5.



seinem unteren Teil meist fest eingerosetzten Drehbolzen herauszuziehen, werden mit einer Fräsvorrichtung (Abb. 5) seitliche Nuten in diesen

Bolzen gefräst; sodann wird der festsitzende Drehbolzen mit einer sinnreich gebauten Ziehvorrichtung herausgeschlagen (Abb. 6). In ganz wenigen Ausnahmefällen, wenn der Drehbolzen derart abgenützt ist, daß die Befestigungskeile der Ziehvorrichtung abgleiten würden, muß der obere Teil des Drehbolzens nach Einkerbung des Schaftes abgeschlagen und der im Drehstuhl festsitzende Teil ausgebohrt werden. Die Entfernung der Drehbolzen mit der Vorrichtung nach Patent Ing. Josef Walter ist überraschend leicht und einfach. Jeder Bahnerhalter weiß, daß die Auswechslung der Drehbolzen in der Strecke, ohne Ausbau der Wurzelschwelle, eigentlich unmöglich war. Der Ausbau der Wurzelschwelle hatte aber zur Folge, daß die erreichte feste Lagerung im Schotterbett verloren ging und deshalb die neue Wurzelschwelle längere Zeit nachgestopft werden mußte.

Nach Entfernung des alten Drehbolzens wird mittels einer besonderen Fräsvorrichtung eine neue Bohrung von 43 mm Durchmesser und 58 mm Tiefe im Drehstuhl für den Ersatzbolzen hergestellt. Bei richtiger Befestigung der Fräsvorrichtung ergibt sich die richtige Lage und Neigung der neuen Bohrung (senkrecht zur abgenützten Zungenauflagefläche des Drehstuhls) von selbst. Nach Überprüfung der Bohrung mittels einer Lehre wird ein Ersatzbolzen mit entsprechend vergrößertem unteren Schaftdurchmesser mit Hilfe eines besonderen Aufsatzstückes eingeschlagen. Der richtige Sitz des neuen Bolzens wird schließlich mit einer Lehre überprüft.

Wirtschaftlichkeit dieser Arbeitsweisen.

Im Jahre 1931 wurden im Bereich der Österreichischen Bundesbahnen\*) durch sieben Ausbüchsrotten 2219 Stück Drehstuhlweichen instandgesetzt und dazu an Baustoffen und Arbeitsstunden verwendet:

766	Einsatzbüchsen mit Keilstift	14 mm hoch		
1460	„ „ „	20 „ „		
3154	„ „ „	30 „ „		
1821	Stangenbolzen	25/90 — 95		
188	„	25/75 und		
3437	Wurzelbolzen.			

Der Gesamtwert der Baustoffe betrug . . . 26928,— S.  
An Arbeitslöhnen für den aufsichtsführenden Bahnrichter, für den Schlosser einschließlich Übernachtungsgebühr und für die beigestellten Gehilfen sind einschließlich des Zuschlags für soziale Lasten aufgelaufen . . . . . 69910,— „  
zusammen . . . . . 96838,— S.

Die durchschnittlichen Kosten für die Instandsetzung einer Weiche an Baustoff und Lohn belaufen sich somit auf 43,63 S., d. s.

Baustoff . . . . .	12,13 S. oder	27,8%
Löhne . . . . .	31,50 „ „	72,2%
zusammen . . . . .	43,63 S. =	100,—%

Im Jahre 1932 sind 2308 Stück Weichen mit Walter-Büchsen instand gesetzt und dafür 25580,— S. für Baustoffe und 62878,— S. für Aufsicht und Lohn, zusammen also 88458,— S. ausgegeben worden. Die Instandsetzungskosten einer Weiche haben sich im Jahre 1932 auf 38,32 S. erniedrigt.

Wenn nun die durchschnittliche Lebensdauer einer Weiche mit 20 Jahren angenommen wird, so liegt eine nicht ausgebüchste Weiche nach unserer Erfahrung durchschnittlich vier Jahre in der Bahn, bis Abnützungen von den oben angegebenen Grenzwerten eintreten. Im vierten Jahre muß sie dann ausgebücht und mit neuen Bolzen versehen werden. Nach weiteren acht Jahren muß wieder eine Instandsetzung insofern durchgeführt werden, als vielleicht einzelne Büchsen,

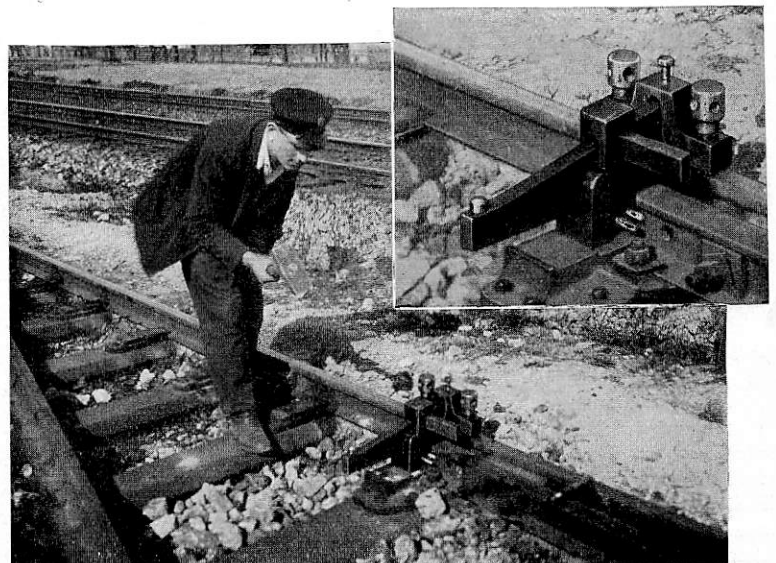


Abb. 6.

dagegen aber alle Bolzen ausgewechselt werden müssen. Wenn mit den Durchschnittskosten der Weicheninstandsetzung des

\*) Für die Instandsetzung der Weichen wurden bis 1. Okt. 1932 bei den Österreichischen Bundesbahnen rund 60 000, bei der Deutschen Reichsbahn rund 27 000 Walter-Büchsen eingebaut.

Jahres 1931, also mit rund 44,— S. gerechnet wird, so stellen sich die durchschnittlichen Kosten nach weiteren acht Jahren, wenn nur einzelne Büchsen ausgewechselt und in die alten Einsatzbüchsen neue Bolzen eingebaut werden, auf höchstens 22,— S., die Gesamtinstandsetzungskosten also für eine Weiche in 20 Jahren auf 66,— S. oder für ein Jahr 3,30 S.

Bis jetzt hat sich keine Notwendigkeit ergeben, die im Jahre 1927 erstmalig mit Walter-Büchsen versehenen Weichen neuerlich zu überholen. Bei den Einsatzbüchsen zeigt sich überhaupt keine Abnutzung, einige Bolzen dagegen sind um 1 mm abgenützt.

Vor der Einführung der Walterschen Büchsen, also zu einer Zeit, wo die oval ausgeschlagenen Löcher mit der Ahle aufgeweitet und die Bolzen gegen solche größeren Durchmesser ausgetauscht oder aber nur durch Einsetzen von Blechen verschiedener Stärke betriebssicher gemacht wurden, haben die Österreichischen Bundesbahnen nach sorgfältig geführten Aufzeichnungen in den ersten vier Jahren gleichfalls keine Erhaltungskosten gehabt, dagegen mußte vom 5. bis zum 20. Jahre die Weiche fast jedes Vierteljahr, im Durchschnitt 58mal instand gesetzt werden. Hierzu wurden zwei Mann durch je 2 Stunden oder zusammen durch 232 Stunden benötigt und einschließlich der sozialen Lasten verausgabt 362,— S., oder für ein Jahr

rund 18,— S. allein nur Arbeitslohn, wobei die Kosten der verwendeten Bleche, die der ausgewechselten Bolzen, wie nicht minder die Kosten, die dadurch entstanden sind, daß die Spitzenschienen in die nächstgelegene Schmiede gebracht werden mußten, um durch Stauchen und Neubohren die Gelenkbohrungen wieder instand zu setzen, gar nicht bewertet werden können. Und trotz dieser hohen Kosten waren die Weichen eigentlich nie in Ordnung, da namentlich ausgeschlagene Drehzapfen nicht erneuert werden konnten. Nur durch den Ausbau der Wurzelschwelle konnten solche Fehler einwandfrei behoben werden.

Die Instandhaltung der Weichen durch den Einbau von Walter-Büchsen bringt auch eine wesentlich geringere Inanspruchnahme der Weichenstellvorrichtung, wie schließlich geringere Erhaltungskosten der Sicherungsanlagen überhaupt mit sich. Sie hat den Vorteil, daß die Bohrungen dauernd in der richtigen Form verbleiben und damit die früher immer wieder erforderlichen Regulierungen der Verbindungsstangen unnötig werden.

Durch die beschriebene Arbeitsweise sind die Weichen nunmehr dauernd in Ordnung, die Betriebssicherheit ist in hohem Grade gewahrt und es ist trotzdem eine wesentliche Ersparnis an Erhaltungskosten erzielt worden.

## Rundschau.

### Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

#### Vom französischen Oberbau.

Die sieben großen Eisenbahnnetze Frankreichs — fünf Privatgesellschaften und zwei Staatsbahnen — haben keinen einheitlichen Oberbau, doch haben sich gewisse einheitliche Gesichtspunkte herausgebildet, die wenigstens für die Grundlagen des Oberbaus gelten, so daß man immerhin von in Frankreich gebräuchlichen Formen sprechen kann. Die Spurweite hat das auch sonst übliche Maß von 1,435 m, doch kommen kleine Abweichungen vor, die aber natürlich den Übergang der Fahrzeuge nicht behindern. Die Hauptstrecken sind fast alle zweigleisig. Der Abstand der beiden Gleise beträgt meist 3,5 m. Die Bettungskrone ist 10,5 m breit und ist in Krümmungen unter 1:50 geneigt, zuweilen in Abstufungen, um Schotter zu sparen. Überhöhungen sind bis 15 cm, zuweilen sogar bis 20 cm zugelassen; am Einlauf soll die Überhöhung unter 1:1000 in die Regellage übergehen, im Auslauf ist eine steilere Neigung, aber nicht unter 1:500 zugelassen. Als Übergangsbogen wird die kubische Parabel angewendet. Gefällsbrüche sind mit 1000 m Halbmesser ausgerundet.

Das Gleisbett ist 30 cm stark und reicht beiderseits 30 cm über die Schwellenenden. Es besteht meist aus Steinschlag. Für die Unterhaltung werden Vorräte, zuweilen in Betonkästen; in etwa 50 m Abstand, an der Strecke niedergelegt. Von hier wird der Schotter in Kästen an die Stelle gebracht, wo er gebraucht wird. Zum Stopfen werden außer Handarbeit zwei Bauarten von Stopfmaschinen, Bauart Collet und Bauart Christiansen, benutzt. Bei der erstgenannten können acht Stopfhämmer, die an einer Art Kran aufgehängt sind, mit Preßluft versehen werden; der Kran läuft auf kleinen Rädern auf den Schienen, so daß er leicht bewegt werden kann. Zwölf Mann können mit diesem Gerät im Durchschnitt 150 m Gleis an einem Tag durchstopfen, es sind aber auch schon Tagesleistungen von 270 m erreicht worden. Mit dem Gerät ist ein Fernrohr verbunden, um Unregelmäßigkeiten in der Gleislage festzustellen und zu messen. Im Zusammenhang damit wird eine Vorrichtung mit Kraftantrieb zum Anziehen der Schrauben verwendet. Von einer 25 km langen Strecke der Nordbahn wird berichtet, daß in 1½ Jahren nach Bearbeitung mit dem Colletschen Gerät kein weiteres Stopfen nötig wurde und daß das Gleis dann immer noch gut lag.

Das Gerät Bauart Christiansen ist kleiner und hat nur zwei Stopfhämmer. Es ruht auf den Schwellen außerhalb des Gleises und ist wegen seiner Kleinheit leichter beweglich.

Zur Streckenunterhaltung steht bei den französischen Eisenbahnen in der Regel ein Mann für 2,5 km Hauptgleis und für bis 5 km Nebengleis zur Verfügung.

Auf gute einheimische Schwellen wird sehr gehalten. Eichen-schwellen haben eine Lebensdauer von 25 Jahren, Buchenschwellen bis 30 Jahren, wenn auch einzelne Schwellen vorher ausgemustert werden müssen. Zum Tränken wird im allgemeinen Kreosot verwendet.

Auf 1 km Hauptgleis von Schnellzuggleisen kommen 1665 Schwellen, bei weniger stark und schnell befahrenen Gleisen 1480. Am Stoß geht die Entfernung der Schwellen bis auf 42 cm herunter. Der Stoß ist mit Laschen überbrückt, die Ausklüngen für die Schwellenschrauben haben. Auf jeder Schwelle sitzen drei Schienennägel, und zwar abwechselnd zwei außen und einer innen und umgekehrt. Unterlegplatten werden nur wenig angewendet. Man erwartet jedoch, daß in der nächsten Zeit die erhöhte Belastung der Lokomotivachsen die Einführung von Unterlegplatten nötig machen wird.

Die Schienen wiegen in der Regel 46 kg/m. Sie werden unter 1:20 geneigt verlegt, indem die Schwelle am Schienenlager gedexelt wird. Einheitliche Regeln für die Zusammensetzung des Stahls gibt es nicht; als Beispiel sei ein Stahl mit 0,45 bis 0,47% Kohlenstoff, 0,9 bis 1,03% Mangan, 0,1 bis 0,11% Silizium, höchstens 0,07% Phosphor und 0,03% Schwefel angeführt. Die Regellänge der Schienen ist 18 m, doch kommen auch 24 m-Schienen vor. Bei der Nordbahn werden drei 18 m-Schienen verschweißt, an anderer Stelle ist man mit dem Schweißen bis zu einer Länge von 150 m gegangen, allerdings nur in Tunnelstrecken, wo also die Wärmeschwankungen gering sind.

Die Gleise der französischen Eisenbahnen haben infolge ihrer Bauart starke Neigung zum Wandern. Man hat Versuche mit Stemmlaschen gemacht, die aber bis jetzt unbefriedigend ausgelaufen sind, weil man sich nicht entschließen konnte, eine ausreichende Zahl zu verwenden. An den Stößen ausgeschlagene Schienen wurden um 50 cm gekürzt und in weniger schwer belasteten Gleisen weiter verwendet.

Die Paris-Lyon-Mittelmeer-Eisenbahn besitzt ein Gerät zum mechanischen Gleislegen, dessen Wagen den Oberbau für 200 m Gleis fassen.

Zum Entkrauten der Strecke wird Natriumchlorat verwendet; dazu ist ein Kesselwagen mit Sprengvorrichtung vorhanden, der von einer Lokomotive gezogen wird. Wernekke.