

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

93. Jahrgang

15. Dezember 1938

Heft 24

Beitrag zur Berechnung des Querswellenoberbaues.

Von Ing. Dr. Eugen Czitary, Wien.

(Schluß.)

b) Verdrehungsbeanspruchung des Gleisrostes.

Um diese Beanspruchung zu ermitteln, ist es notwendig, zunächst die Gleichgewichtsverhältnisse der Querswellen zu untersuchen.

a) Gleichgewicht der Querswellen.

Wir denken uns eine beliebige Querschwelle herausgegriffen (Abb. 18) und nehmen an, daß die linke Schiene an irgendeiner Stelle durch eine am Schienenkopf wirkende waagerechte Kraft belastet ist. Dann lösen wir den Verband zwischen Schwelle und Schienen und bringen die zur Herstellung des Gleichgewichts erforderlichen Kräfte und Momente an. Der Widerstand, den bei einer waagerechten Verschiebung des Gleises der Schwellenkopf in der Bettung findet, soll aber dabei wegen seiner vermutlichen Kleinheit außer Betracht bleiben. Ferner nehmen wir näherungsweise

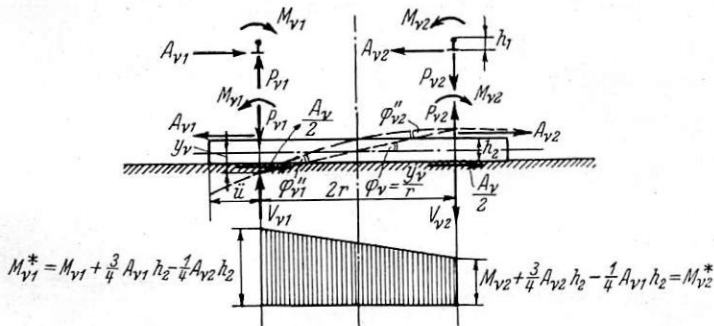


Abb. 18. Belastungsbild der Querswellen für die zusätzlichen Wirkungen.

an, daß die Querswellen nur unter den Befestigungsstellen der Schienen von der Bettung unterstützt werden, was wegen der verhältnismäßigen Kleinheit der Nebenwirkungen sicher erlaubt ist und die etwas verwickelte Rechnung einigermaßen vereinfacht. In Abb. 18 bedeuten

- $A_{v,1}, A_{v,2}$ die von der angreifenden waagerechten Kraft hervorgerufenen Auflagerdrücke zwischen Schienen und Querswellen, waagrecht wirkend.
- A_v den waagerechten Auflagerdruck der Querschwelle auf der Bettung.
- $M_{v,1}, M_{v,2}$ die zwischen den Schienen und der Querschwelle übertragenen Stützrehmomente der Schienen.
- $P_{v,1}, P_{v,2}$ die zwischen Schienen und Querschwelle übertragenen lotrechten Auflagerdrücke, die dadurch entstehen, daß sich die Querschwelle als Ganzes unter dem Einfluß der auf sie wirkenden Momente verdreht. Die Verdrehung der Querschwelle ruft aber einen Widerstand der Schienen gegen lotrechte Biegung hervor.
- $V_{v,1}, V_{v,2}$ Widerstand der Bettung gegen Verdrehung der Querschwelle als Ganzes.

Aus der Gleichgewichtsbedingung $\sum H = 0$ folgt $A_v = A_{v,1} - A_{v,2}$. Im übrigen ist dieser Bedingung schon bei der Behandlung der durch eine waagerechte Kraft im Gleisrost hervorgerufenen Biegemomente genügt worden.

$\sum V = 0$ ergibt $P_{v,1} - V_{v,1} = P_{v,2} - V_{v,2}$, woraus unter Bedachtnahme darauf, daß der Biege- und der Gegendruck der Bettung auf jeder Seite gleich groß ist $P_{v,1} = P_{v,2} = P_v$ und $V_{v,1} = V_{v,2} = V_v$ folgt.

$\sum M = 0$ liefert

$$M_{v,1} + A_{v,1} \frac{h_1}{2} + A_v \frac{h_2}{4} = M_{v,2} + A_{v,2} \frac{h_2}{2} - A_v \frac{h_2}{4} - (P_v - V_v) 2r.$$

Mit $A_v = A_{v,1} - A_{v,2}$ geht dies über in

$$M_{v,1} - M_{v,2} = (V_v - P_v) 2r - A_{v,1} h_2 \dots \dots \dots 26)$$

Die Winkel $\varphi''_{v,1}$ und $\varphi''_{v,2}$ der durch die Biegung hervorgerufenen elastischen Verdrehung der Querswellenachse an den Auflagern sind die Auflagerdrücke der in Abb. 18 dargestellten Momentenfläche. Mithin ist, wenn E_1 und J_1 die auf die Querswellen bezüglichen Größen sind,

$$\varphi''_{v,1} = \frac{r}{3 E_1 J_1} \left(2 M_{v,1} + M_{v,2} + \frac{5}{4} A_{v,1} h_2 + \frac{1}{4} A_{v,2} h_2 \right)$$

$$\varphi''_{v,2} = \frac{r}{3 E_1 J_1} \left(M_{v,1} + 2 M_{v,2} + \frac{1}{4} A_{v,1} h_2 + \frac{5}{4} A_{v,2} h_2 \right)$$

und weiter werden die Gesamtverdrehungswinkel der Querschwelle an ihren Auflagern

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{v,1} &= \frac{y_v}{r} + \frac{r}{3 E_1 J_1} \left(2 M_{v,1} + M_{v,2} + \frac{5}{4} A_{v,1} h_2 + \frac{1}{4} A_{v,2} h_2 \right) \\ \varphi_{v,2} &= \frac{y_v}{r} - \frac{r}{3 E_1 J_1} \left(M_{v,1} + 2 M_{v,2} + \frac{1}{4} A_{v,1} h_2 + \frac{5}{4} A_{v,2} h_2 \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 27)$$

β) Beanspruchung der Schienen.

αα) Last befindet sich in Feldmitte zwischen der n^{ten} und n+1^{ten} Stütze.

Wir nehmen auch hier an, daß die linke Schiene die belastete ist. Es ergibt sich dann bei der Wirkung einer waagerechten Kraft am Schienenkopf das nachstehende Belastungsbild 19 der Schienen, in das auch der Verlauf der Ver-

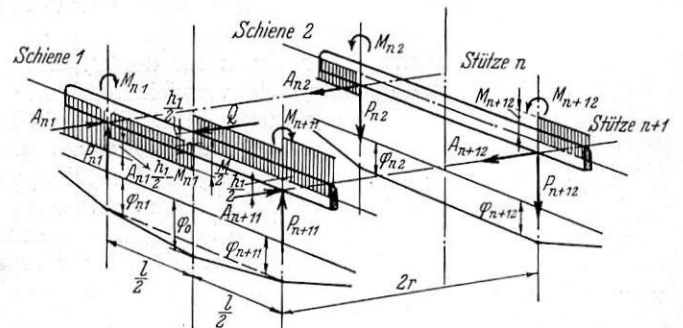


Abb. 19. Belastungsbild der Schienen für die zusätzlichen Wirkungen, Stellung der Last in Feldmitte.

drehungsmomente und der Verdrehungswinkel eingetragen wurde. Aus Symmetriegründen muß zunächst für jede Schiene $\varphi_{n-i} = \varphi_{n+i}$ sein. Man kann dann für die beiden Schienen folgende Verdrehungsgleichungen anschreiben:

Schiene 1:

Verdrehung am Lastort φ_0 . Angreifendes Moment $M = Q \frac{h_1}{2}$.

„ auf Stütze $n + 1$ $\varphi_{n+1,1} = \varphi_0 - \frac{m M}{2} \frac{1}{2}$

„ „ „ $n + 2$ $\varphi_{n+2,1} = \varphi_0 - \frac{m M}{2} \left(\frac{1}{2} + 1 \right) - m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} \right)$

„ „ „ $n + 3$ $\varphi_{n+3,1} = \varphi_0 - \frac{m M}{2} \left(\frac{1}{2} + 2 \right) - 2 m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} \right) - m l \left(A_{n+2,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+2,1} \right)$

.....

Schiene 2:

Verdrehung auf Stütze $n + 1$ $\varphi_{n+1,2}$

„ „ „ $n + 2$ $\varphi_{n+2,2} = \varphi_{n+1,2} - m l \left(M_{n+1,2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} \right)$

„ „ „ $n + 3$ $\varphi_{n+3,2} = \varphi_{n+1,2} - 2 m l \left(M_{n+1,2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} \right) - m l \left(M_{n+2,2} - A_{n+2,2} \frac{h_1}{2} \right)$

.....

Nun bilden wir die Differenzen aufeinanderfolgender Verdrehungswinkel und erhalten so für

Schiene 1:

$\varphi_{n+1,1} - \varphi_{n,1} = \Theta$

$\varphi_{n+2,1} - \varphi_{n+1,1} = -\frac{m M}{2} l - m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} \right)$

$\varphi_{n+3,1} - \varphi_{n+2,1} = -\frac{m M}{2} l - m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} + A_{n+2,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} - M_{n+2,1} \right)$

.....

Schiene 2:

$\varphi_{n+1,2} - \varphi_{n,2} = \Theta$

$\varphi_{n+2,2} - \varphi_{n+1,2} = -m l \left(M_{n+1,2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} \right)$

$\varphi_{n+3,2} - \varphi_{n+2,2} = -m l \left(M_{n+1,2} + M_{n+2,2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} - A_{n+2,2} \frac{h_1}{2} \right)$

.....

Schiene 2:

$\varphi_{n+2,2} - 2 \varphi_{n+1,2} + \varphi_{n,2} = -m l \left(M_{n+1,2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} \right)$

$\varphi_{n+3,2} - 2 \varphi_{n+2,2} + \varphi_{n+1,2} = -m l \left(M_{n+2,2} - A_{n+2,2} \frac{h_1}{2} \right)$

.....

Subtrahiert man von diesen Gleichungen abermals immer je zwei aufeinanderfolgende, dann entsteht:

Schiene 1:

$\varphi_{n+2,1} - 2 \varphi_{n+1,1} + \varphi_{n,1} = -\frac{m M}{2} l - m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} \right)$

$\varphi_{n+3,1} - 2 \varphi_{n+2,1} + \varphi_{n+1,1} = -m l \left(A_{n+2,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+2,1} \right)$

.....

Unter Beachtung darauf, daß zufolge 27)

$\varphi_{r,1} + \varphi_{r,2} = \frac{2 y_r}{r} + \frac{r}{3 E_1 J_1} (M_{r,1} - M_{r,2} + A_{r,1} h_2 - A_{r,2} h_2)$

oder wegen 26) auch $\varphi_{r,1} + \varphi_{r,2} = \frac{2 y_r}{r} - \frac{(P_r - V_r) 2 r^2}{3 E_1 J_1}$ sein muß, entsteht, wenn zu jeder Gleichung der Schiene 1 die entsprechende der Schiene 2 addiert wird

$2 (y_{n+2} - 2 y_{n+1} + y_n) - \frac{2 r^3}{3 E_1 J_1} [(P_{n+2} - V_{n+2}) - 2 (P_{n+1} - V_{n+1}) + (P_n - V_n)] = -\frac{m M}{2} l r - m l r [A_{n+1} \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) + (P_{n+1} - V_{n+1}) 2 r].$

$2 (y_{n+3} - 2 y_{n+2} + y_{n+1}) - \frac{2 r^3}{3 E_1 J_1} [(P_{n+3} - V_{n+3}) - 2 (P_{n+2} - V_{n+2}) + (P_{n+1} - V_{n+1})] = -m l r [A_{n+2} \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) + (P_{n+2} - V_{n+2}) 2 r].$

.....

Setzt man in diese neuen Gleichungen für die P_r und V_r die Werte ein, so nehmen sie eine recht verwickelte Form an. Es wird daher eine Vereinfachung durchgeführt, die darin besteht, daß man die Biegelinie der Querschwellen als quadratische Parabel ansieht. Dies trifft einigermaßen allerdings nur für die der Last unmittelbar benachbarten Schwellen zu. Bei den übrigen Schwellen sind aber die Beanspruchungen schon so klein, daß die Formänderungen keine Rolle mehr spielen. Auf diese Art ergibt sich

$\varphi_r'' = \frac{\varphi_{r,1}'' + \varphi_{r,2}''}{2} = \frac{r}{2 E_1 J_1} \left(M_{r,1} + M_{r,2} + A_{r,1} \frac{h_2}{2} + A_{r,2} \frac{h_2}{2} \right)$

und ferner

$\varphi_{r,1} = \frac{y_r}{r} + \frac{r}{2 E_1 J_1} \left(M_{r,1} + M_{r,2} + A_{r,1} \frac{h_2}{2} + A_{r,2} \frac{h_2}{2} \right)$

$\varphi_{r,2} = \frac{y_r}{r} - \frac{r}{2 E_1 J_1} \left(M_{r,1} + M_{r,2} + A_{r,1} \frac{h_2}{2} + A_{r,2} \frac{h_2}{2} \right)$

Führt man obige Ausdrücke in die Drehwinkelgleichungen ein und addiert wieder zeilenweise, so folgt

$2 (y_{n+2} - 2 y_{n+1} + y_n) = -\frac{m M}{2} l r - m l r \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} + M_{n+1,2} \right)$

$2 (y_{n+3} - 2 y_{n+2} + y_{n+1}) = -m l r \left(A_{n+2,1} \frac{h_1}{2} - A_{n+2,2} \frac{h_1}{2} - M_{n+2,1} + M_{n+2,2} \right)$

.....

$2 (y_{r+1} - 2 y_r + y_{r-1}) = -m l r \left(A_{r,1} \frac{h_1}{2} - A_{r,2} \frac{h_1}{2} - M_{r,1} + M_{r,2} \right)$

..... 28)

Die $\frac{r}{2 E_1 J_1} (M_{r,1} + M_{r,2} + A_{r,1} \frac{h_2}{2} + A_{r,2} \frac{h_2}{2})$ fallen bei der Addition fort. Schreiben wir in Gl. 28) A_r statt $A_{r,1} - A_{r,2}$ und führen wir überdies den Wert für $M_{r,1} - M_{r,2}$ von 26) ein, so entsteht

$$\left. \begin{aligned} 2(y_{n+2} - 2y_{n+1} + y_n) &= -\frac{mM}{2} l r - m l r \left[A_{n+1} \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) - (V_{n+1} - P_{n+1}) 2r \right] \\ 2(y_{n+3} - 2y_{n+2} + y_{n+1}) &= -m l r \left[A_{n+2} \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) - (V_{n+2} - P_{n+2}) 2r \right] \\ \dots \dots \dots \\ 2(y_{r+1} - 2y_r + y_{r-1}) &= -m l r \left[A_r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) - (V_r - P_r) 2r \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 29)$$

Die allgemeinen Dreimomentengleichungen für die durch die Verdrehung der Schwellen hervorgerufene lotrechte Biegung der Schiene lauten:

$$\left. \begin{aligned} y_{n+2} - 2y_{n+1} + y_n &= -\frac{l^2}{6 E J} (\mathfrak{M}_{n+2} + 4\mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_n) \\ y_{n+3} - 2y_{n+2} + y_{n+1} &= -\frac{l^2}{6 E J} (\mathfrak{M}_{n+3} + 4\mathfrak{M}_{n+2} + \mathfrak{M}_{n+1}) \\ \dots \dots \dots \\ y_{r+1} - 2y_r + y_{r-1} &= -\frac{l^2}{6 E J} (\mathfrak{M}_{r+1} + 4\mathfrak{M}_r + \mathfrak{M}_{r-1}) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 30)$$

Dabei erscheint es gleichgültig, um welche der beiden Schienen es sich handelt. Ersetzt man nun die linken Seiten von 29) durch die rechten von 30), so gelangen wir zu folgendem neuen Gleichungssystem, das wir zur Bestimmung der \mathfrak{M}_r zusammen mit 30) benutzen wollen.

$$\begin{aligned} -\frac{l^2}{3 E J} (\mathfrak{M}_{n+2} + 4\mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_n) + \frac{mM}{2} l r + A_{n+1} m l r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) - (V_{n+1} - P_{n+1}) 2 m l r^2 &= \Theta \\ -\frac{l^2}{3 E J} (\mathfrak{M}_{n+3} + 4\mathfrak{M}_{n+2} + \mathfrak{M}_{n+1}) + A_{n+2} m l r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) - (V_{n+2} - P_{n+2}) 2 m l r^2 &= \Theta \\ \dots \dots \dots \\ -\frac{l^2}{3 E J} (\mathfrak{M}_{r+1} + 4\mathfrak{M}_r + \mathfrak{M}_{r-1}) + A_r m l r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) - (V_r - P_r) 2 m l r^2 &= \Theta \end{aligned}$$

Drückt man darin V_r in bekannter Weise durch $V_r = 2 C b \ddot{u} y_r$ und P_r durch

$$P_r = -\frac{2\mathfrak{M}_r}{l} + \frac{\mathfrak{M}_{r-1}}{l} + \frac{\mathfrak{M}_{r+1}}{l}$$

aus, dann nimmt das Gleichungssystem nachstehende Form an:

$$\begin{aligned} -\frac{l^2}{3 E J} (\mathfrak{M}_{n+2} - 4\mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_n) + \frac{mM}{2} l r + A_{n+1} m l r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) + 2(-2\mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_n + \mathfrak{M}_{n+2}) m r^2 - 4 C b \ddot{u} m l r^2 y_{n+1} &= \Theta \\ -\frac{l^2}{3 E J} (\mathfrak{M}_{n+3} + 4\mathfrak{M}_{n+2} + \mathfrak{M}_{n+1}) + A_{n+2} m l r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) + 2(-2\mathfrak{M}_{n+2} + \mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_{n+3}) m r^2 - 4 C b \ddot{u} m l r^2 y_{n+2} &= \Theta \\ \dots \dots \dots \\ -\frac{l^2}{3 E J} (\mathfrak{M}_{r+1} + 4\mathfrak{M}_r + \mathfrak{M}_{r-1}) + A_r m l r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) + 2(-2\mathfrak{M}_r + \mathfrak{M}_{r-1} + \mathfrak{M}_{r+1}) m r^2 - 4 C b \ddot{u} m l r^2 y_r &= \Theta \end{aligned}$$

Zur Vereinfachung setzen wir

$$u = \frac{l^2}{3 E J}, \quad v = 2 m r^2, \quad w = 4 C b \ddot{u} m l r^2, \quad z = m l r \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) \quad \left| \begin{array}{l} \text{und erhalten bei gleichzeitiger Zusammenfassung der Glieder} \\ \text{mit } \mathfrak{M}_r: \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{aligned} -(u-v)\mathfrak{M}_{n+2} - (4u+2v)\mathfrak{M}_{n+1} - (u-v)\mathfrak{M}_n + \frac{mM}{2} l r + A_{n+1} \cdot z &= w y_{n+1} \\ -(u-v)\mathfrak{M}_{n+3} - (4u+2v)\mathfrak{M}_{n+2} - (u-v)\mathfrak{M}_{n+1} + A_{n+2} \cdot z &= w y_{n+2} \\ \dots \dots \dots \\ -(u-v)\mathfrak{M}_{r+1} - (4u+2v)\mathfrak{M}_r - (u-v)\mathfrak{M}_{r-1} + A_r \cdot z &= w y_r \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 31)$$

Wir haben damit außer dem Gleichungssystem 30) noch ein zweites, das einen Zusammenhang zwischen \mathfrak{M} und y herstellt. Führen wir die y aus 31) in 30) ein, so erhalten die solcherart entstehenden Beziehungen nur die \mathfrak{M}_r als einzige Unbekannte. Schreibt man zur Vereinfachung der Ausdrücke

$$-p = \frac{u-v}{m l r}, \quad q = \frac{2u+4v-\frac{u w}{2}}{m l r}, \quad s = \frac{6u+6v+2uw}{m l r},$$

so lauten die auf diese Weise gewonnenen Bestimmungsgleichungen der \mathfrak{M}_r in ihrer endgültigen Form

$$\left. \begin{aligned} \dots \dots \dots &= f_{n-2} (A) \\ -p \mathfrak{M}_{n-3} + q \mathfrak{M}_{n-2} - s \mathfrak{M}_{n-1} + q \mathfrak{M}_n - p \mathfrak{M}_{n+1} &= \frac{M}{2} + f_{n-1} (A) \\ -p \mathfrak{M}_{n-2} + q \mathfrak{M}_{n-1} - s \mathfrak{M}_n + q \mathfrak{M}_{n+1} - p \mathfrak{M}_{n+2} &= -\frac{M}{2} + f_n (A) \\ -p \mathfrak{M}_{n-1} + q \mathfrak{M}_n - s \mathfrak{M}_{n+1} + q \mathfrak{M}_{n+2} - p \mathfrak{M}_{n+3} &= -\frac{M}{2} + f_{n+1} (A) \\ -p \mathfrak{M}_n + q \mathfrak{M}_{n+1} - s \mathfrak{M}_{n+2} + q \mathfrak{M}_{n+3} - p \mathfrak{M}_{n+4} &= \frac{M}{2} + f_{n+2} (A) \\ \dots \dots \dots &= f_{n+3} (A) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 32)$$

Hierbei ist zur Abkürzung überdies noch

$$f_r(A) = \frac{z}{mlr} \cdot (A_{r+1} - 2A_r + A_{r-1})$$

gesetzt worden.

In der üblichen Weise ergibt sich

$$\mathfrak{M}_n = \frac{Z_n}{Z_{2n}}$$

Zum Zweck einer einfachen Ausrechnung denken wir uns aber \mathfrak{M}_n in zwei Teile \mathfrak{M}'_n und \mathfrak{M}''_n zerlegt und dement-

$$\mathfrak{M}'_n = \frac{Z'_n}{Z_{2n}} = -\frac{M}{2\pi i} \int_{K_{r=1}} \frac{x^3 - x^2 - x + 1}{p x^4 - q x^3 + s x^2 - q x + p} dx = -\frac{M}{4(y_2 - y_1)p} [\sqrt{y_1^2 - 4} + \sqrt{y_2^2 - 4}] - \frac{M}{4p} \dots 33^5)$$

$$y_{1,2} = \frac{q}{2p} \pm \sqrt{\frac{q^2}{4p^2} - \frac{s}{p} + 2}$$

worin

Da die unmittelbare Auswertung des Ausdrucks

$$\mathfrak{M}''_n = \frac{Z''_n}{Z_{2n}}$$

nicht ohne Schwierigkeiten möglich ist, schlagen wir zur Bestimmung dieses Momententeiles einen anderen Weg ein. Wir

$$\mathfrak{M}''_n = (A_n \bar{\mathfrak{M}}'_n + A_{n+1} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-1} + A_{n+2} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-2} + \dots + A_{n-1} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-1} + A_{n-2} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-2} + A_{n-3} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-3} + \dots) \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right),$$

wobei die $\bar{\mathfrak{M}}'_r$ jene Beträge darstellen, die sich für \mathfrak{M}'_r bei Stellung von $M = Q \frac{h_1}{2} = 1$ über einer Stütze ergeben. Berücksichtigen wir noch, daß wegen der Symmetrie der Auflagerdrücke

denken uns zunächst für die Stellung der Last über einer Stütze die lotrechten Teilbiegungsmomente \mathfrak{M}'_r , die später ermittelt werden, schon als bekannt vorausgesetzt. Im Hinblick darauf, daß die Momentenlinie für eine Einzellast gleichzeitig auch Einflußlinie ist, muß dann gelten

$A_n = A_{n+1}, A_{n-1} = A_{n+2}, A_{n-2} = A_{n+3}, \dots$ so folgt schließlich

$$\mathfrak{M}''_n = [A_n (\bar{\mathfrak{M}}'_n + \bar{\mathfrak{M}}'_{n-1}) + A_{n-1} (\bar{\mathfrak{M}}'_{n-1} + \bar{\mathfrak{M}}'_{n-2}) + A_{n-2} (\bar{\mathfrak{M}}'_{n-2} + \bar{\mathfrak{M}}'_{n-3}) + \dots] \dots 34)$$

was sich auch durch Zerlegung des ursprünglichen Ausdruckes beweisen läßt.

Für die Berechnung von \mathfrak{M}'_{n-1} gelten die gleichen Überlegungen wie für \mathfrak{M}'_n . Demgemäß ist

Für \mathfrak{M}'_{n-1} ergibt sich bei unbeschränkter Gleislänge

$$\mathfrak{M}'_{n-1} = \frac{Z'_{n-1}}{Z_{2n}} = -\frac{M}{2\pi i} \int_{K_{r=1}} \frac{x^2 - x^3 - x^2 - x}{p x^4 - q x^3 + s x^2 - q x + p} dx = \frac{y_1(2p + s - q y_1) \sqrt{y_2^2 - 4} + y_2(2p + s - q y_2) \sqrt{y_1^2 - 4}}{\sqrt{(y_1^2 - 4)(y_2^2 - 4)}} \cdot \frac{M}{4(y_2 - y_1)p^2} - \frac{qM}{4p^2} - \mathfrak{M}'_n \dots 35)$$

wobei $y_{1,2}$ den gleichen Wert hat wie in 33) und für

$$\mathfrak{M}''_{n-1} = (A_{n-1} \bar{\mathfrak{M}}'_n + A_n \bar{\mathfrak{M}}'_{n-1} + A_{n+1} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-2} + \dots + A_{n-2} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-1} + A_{n-3} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-2} + A_{n-4} \bar{\mathfrak{M}}'_{n-3} + \dots) \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right),$$

worin die $\bar{\mathfrak{M}}'_r$ wieder jene Beträge darstellen, die sich für die \mathfrak{M}'_r bei Stellung von $M = Q \frac{h_1}{2} = 1$ über einer Stütze ergeben.

Berücksichtigen wir noch die Symmetrieeigenschaften der Auflagerdrücke, so entsteht schließlich

$$\mathfrak{M}''_{n-1} = [A_n (\bar{\mathfrak{M}}'_{n-1} + \bar{\mathfrak{M}}'_{n-2}) + A_{n-1} (\bar{\mathfrak{M}}'_n + \bar{\mathfrak{M}}'_{n-3}) + A_{n-2} (\bar{\mathfrak{M}}'_{n-1} + \bar{\mathfrak{M}}'_{n-4}) \dots] \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) \dots 36)$$

was sich ebenso wie früher auch durch Zerlegung des ursprünglichen Ausdruckes beweisen läßt. Mit 33) und 35) bzw. 34) und 36) können durch Einsetzung in 32) alle übrigen \mathfrak{M}'_r (\mathfrak{M}''_r und \mathfrak{M}'''_r) der Reihe nach gewonnen werden.

ββ) Last befindet sich über der n^{ten} Stütze.

Wir entwerfen auch für diesen Fall ein Belastungsbild der Schienen (Abb. 20), wobei wir im übrigen die gleichen Voraussetzungen wie bei Stellung der Last in Feldmitte machen wollen. Die Symmetrie erfordert hier, daß $\varphi_{n-i} = \varphi_{n+i}$ sei. Die Verdrehungsgleichungen lauten jetzt für

5) Wäre die vereinfachende Annahme hinsichtlich der Form der Biegelinie bei den Schwellen nicht gemacht worden, so hätten sich die Bestimmungsgleichungen 32) siebengliedrig statt fünf-gliedrig ergeben, was die Auflösung erschwert.

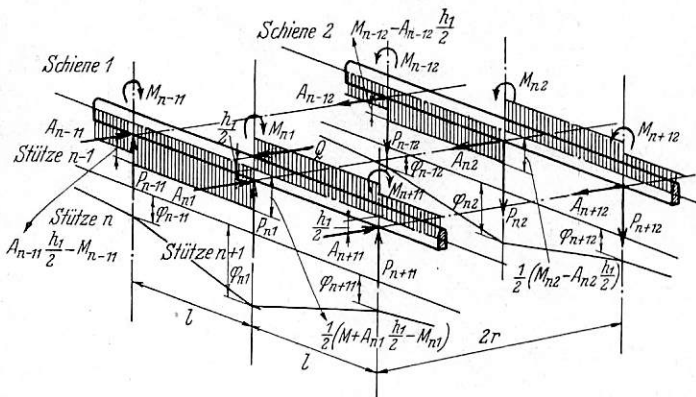


Abb. 20. Belastungsbild der Schienen für die zusätzlichen Wirkungen, Stellung der Last über einer Stütze.

Schiene 1:

$$\begin{aligned} \text{Verdrehung auf Stütze } n & \quad \varphi_{n,1}, \text{ angreifendes Moment } M = Q \frac{h_1}{2} \\ \text{,, ,, ,, } n+1 & \quad \varphi_{n+1,1} = \varphi_{n,1} - \frac{m M}{2} l - \frac{m l}{2} \left(A_{n,1} \frac{h_1}{2} - M_{n,1} \right) \\ \text{,, ,, ,, } n+2 & \quad \varphi_{n+2,1} = \varphi_{n,1} - \frac{m M}{2} 2l - m l \left(A_{n,1} \frac{h_1}{2} - M_{n,1} \right) - m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} \right) \\ & \quad \dots \end{aligned}$$

Schiene 2:

$$\begin{aligned} \text{Verdrehung auf Stütze } n & \quad \varphi_{n,2} \\ \text{,, ,, ,, } n+1 & \quad \varphi_{n+1,2} = \varphi_n - \frac{m l}{2} \left(M_{n,2} - A_{n,2} \frac{h_1}{2} \right) \\ \text{,, ,, ,, } n+2 & \quad \varphi_{n+2,2} = \varphi_n - m l \left(M_{n,2} - A_{n,2} \frac{h_1}{2} \right) - m l \left(M_{n+1,2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} \right) \\ & \quad \dots \end{aligned}$$

Bildet man ebenso wie bei dem vorhin behandelten Fall die Differenzen je zweier aufeinanderfolgender Verdrehungswinkel und subtrahiert die so entstandenen neuen Gleichungen abermals voneinander, so ergibt sich

Schiene 1:

$$\begin{aligned} \varphi_{n+1,1} - 2 \varphi_{n,1} + \varphi_{n-1,1} &= -m M l - m l \left(A_{n,1} \frac{h_1}{2} - M_{n,1} \right) \\ \varphi_{n+2,1} - 2 \varphi_{n+1,1} + \varphi_{n,1} &= -m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} \right) \\ & \quad \dots \\ \varphi_{r+1,1} - 2 \varphi_{r,1} + \varphi_{r-1,1} &= -m l \left(M_{r,1} \frac{h_1}{2} - M_{r,1} \right) \end{aligned}$$

Schiene 2:

$$\begin{aligned} \varphi_{n+1,2} - 2 \varphi_{n,2} + \varphi_{n-1,2} &= -m l \left(M_{n,2} - A_{n,2} \frac{h_1}{2} \right) \\ \varphi_{n+2,2} - 2 \varphi_{n+1,2} + \varphi_{n,2} &= -m l \left(M_{n+1,2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} \right) \\ & \quad \dots \\ \varphi_{r+1,2} - 2 \varphi_{r,2} + \varphi_{r-1,2} &= -m l \left(M_{r,2} - A_{r,2} \frac{h_1}{2} \right) \end{aligned}$$

Für die lotrechte Biegung der Schienen gelten auch weiterhin dieselben Überlegungen wie früher. Wir erhalten daher auf dem gleichen Wege wie vorhin

$$\left. \begin{aligned} 2 (y_{n+1} - 2 y_n + y_{n-1}) &= -m M l r - m l r \left(A_{n,1} \frac{h_1}{2} - A_{n,2} \frac{h_1}{2} - M_{n,1} + M_{n,2} \right) \\ 2 (y_{n+2} - 2 y_{n+1} + y_n) &= -m l r \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} - A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} + M_{n+1,2} \right) \\ & \quad \dots \\ 2 (y_{r+1} - 2 y_r + y_{r-1}) &= -m l r \left(A_{r,1} \frac{h_1}{2} - A_{r,2} \frac{h_1}{2} - M_{r,1} + M_{r,2} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 37)$$

und in weiterer Folge

$$\left. \begin{aligned} - (u - v) \mathfrak{M}_{n+1} - (4 u + 2 v) \mathfrak{M}_n - (u - v) \mathfrak{M}_{n-1} + A_n z + m M l r &= w y_n \\ - (u - v) \mathfrak{M}_{n+2} - (4 u + 2 v) \mathfrak{M}_{n+1} - (u - v) \mathfrak{M}_n + A_{n+1} z &= w y_{n+1} \\ & \quad \dots \\ - (u - v) \mathfrak{M}_{r+1} - (4 u + 2 v) \mathfrak{M}_r - (u - v) \mathfrak{M}_{r-1} + A_r z &= w y_r \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 38)$$

Führt man dies in die allgemeinen Dreimomentengleichungen ein, so ergibt sich nachstehendes System von Bestimmungsgleichungen für die lotrechten Biegemomente

$$\left. \begin{aligned} & \dots \dots \dots = f_{n-2} (A) \\ - p \mathfrak{M}_{n-3} + q \mathfrak{M}_{n-2} - s \mathfrak{M}_{n-1} + q \mathfrak{M}_n - p \mathfrak{M}_{n+1} &= M + f_{n-1} (A) \\ - p \mathfrak{M}_{n-2} + q \mathfrak{M}_{n-1} - s \mathfrak{M}_n + q \mathfrak{M}_{n+1} - p \mathfrak{M}_{n+2} &= -2 M + f_n (A) \\ - p \mathfrak{M}_{n-1} + q \mathfrak{M}_n - s \mathfrak{M}_{n+1} + q \mathfrak{M}_{n+2} - p \mathfrak{M}_{n+3} &= M + f_{n+1} (A) \\ & \dots \dots \dots = f_{n+2} (A) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 39)$$

Auf dem bekannten Wege und unter Zuhilfenahme der vorhin angewandten Zerlegung von \mathfrak{M}_n in \mathfrak{M}'_n und \mathfrak{M}''_n entsteht

$$\mathfrak{M}'_n = \frac{Z'_n}{Z_{2n}} = - \frac{M}{2 \pi i} \int_{K_r=1} \frac{x^2 - 2x + 1}{p x^4 - q x^3 + s x^2 - q x + p} dx = - \frac{M}{(y_2 - y_1) p} \left[\frac{y_1 - 2}{\sqrt{y_1^2 - 4}} + \frac{y_2 - 2}{\sqrt{y_2^2 - 4}} \right] \dots \dots 40),$$

worin auch hier $y_{1,2}$ den gleichen Wert wie in Gl. 33) hat. | ist jetzt

Die Berechnung von \mathfrak{M}''_n entfällt, da sich hierfür derselbe Ausdruck ergibt, wie bei der Laststellung in Feldmitte, nur | und daher $A_{n-1} = A_{n+1}, A_{n-2} = A_{n+2}, \dots$

$$\mathfrak{M}''_n = [A_n \overline{\mathfrak{M}'_{n-1}} + 2 A_{n-1} \overline{\mathfrak{M}'_{n-2}} + 2 A_{n-2} \overline{\mathfrak{M}'_{n-3}} + \dots] \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) \dots \dots \dots 41).$$

Analog folgt für das Stützmoment \mathfrak{M}_{n-1} :

$$\mathfrak{M}'_{n-1} = \frac{Z'_{n-1}}{Z_{2n}} = - \frac{M}{2 \pi i} \int_{K_r=1} \frac{x^3 - 2x^2 + x}{p x^4 - q x^3 + s x^2 - q x + p} dx = - \frac{M}{2 p (y_2 - y_1)} \left[\frac{y_1 (y_1 - 2)}{\sqrt{y_1^2 - 4}} + \frac{y_2 (y_2 - 2)}{\sqrt{y_2^2 - 4}} \right] - \frac{M}{2 p} \dots \dots 42)$$

$$\mathfrak{M}''_{n-1} = [A_n \overline{\mathfrak{M}'_{n-1}} + A_{n-1} (\overline{\mathfrak{M}'_n} + \overline{\mathfrak{M}'_{n-2}}) + A_{n-2} (\overline{\mathfrak{M}'_{n-1}} + \overline{\mathfrak{M}'_{n-3}}) + \dots] \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) \dots \dots \dots 43)$$

γ) Beispiel.

Unter Beibehaltung der gleichen Verhältnisse wie in den vorangegangenen Beispielen ist:

$$p = 2,301, q = 8,481, s = 16,938, y_{1,2} = 1,843 \pm i.1,402.$$

Damit ergibt sich nachstehende Zusammenstellung der \mathfrak{M}'_r

Zahlentafel 6.

Stütze	\mathfrak{M}'_r Last in Feldmitte	\mathfrak{M}'_r Last über Stütze	Anmerkung
n	+ 0,04963	+ 0,11255	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	- 0,02095	- 0,01330	
n-2	- 0,02133	- 0,02861	
n-3	- 0,00843	- 0,01406	
n-4	- 0,00091	- 0,00280	
n-5	+ 0,00105	- 0,00099	

Zur Ermittlung der \mathfrak{M}'_r benötigt man die Auflagerdrücke, welche durch die Wirkung des Gleises als waagerechter Träger entstehen. Dabei muß zwischen einem Gleis ohne Rahmensteifigkeit und einem rahmensteifen Gleis unterschieden werden.

Für ein Gleis ohne Rahmensteifigkeit gilt unter Benutzung der Beziehung

$$A_r = \frac{2 M_r}{l} - \frac{M_{r-1}}{l} - \frac{M_{r+1}}{l} + \mathfrak{A}_r$$

und der Zahlentafel 2 bei Stellung der Last in Feldmitte zwischen der n^{ten} und n+1^{ten} Stütze:

Zahlentafel 7.

Stütze	$A_{r,1}$	$-A_{r,2}$	A_r	\bar{A}_r	Anmerkung
n	+ 0,47325	- 0,12723	+ 0,34602	+ 0,60048	Alle Werte sind noch mit Q zu multiplizieren
n-1	+ 0,01566	+ 0,14304	+ 0,15870	- 0,12738	
n-2	+ 0,03230	- 0,00174	+ 0,03056	+ 0,03404	
n-3	- 0,01109	- 0,00229	- 0,01338	- 0,00880	
n-4	- 0,00660	- 0,00845	- 0,01505	+ 0,00185	
n-5	- 0,00493	- 0,00474	- 0,00967	- 0,00019	

Analog ergibt sich bei Stellung der Last über der n^{ten} Stütze:

Zahlentafel 8.

Stütze	$A_{r,1}$	$-A_{r,2}$	A_r	\bar{A}_r	Anmerkung
n	+ 0,69496	- 0,30505	+ 0,38991	+ 1,00000	Alle Werte sind noch mit Q zu multiplizieren
n-1	+ 0,12625	+ 0,12625	+ 0,25250	-	
n-2	+ 0,04115	+ 0,04115	+ 0,08210	-	
n-3	+ 0,00027	+ 0,00027	+ 0,00054	-	
n-4	- 0,00882	- 0,00882	- 0,01764	-	
n-5	- 0,00633	- 0,00633	- 0,01266	-	

Liegt ein rahmensteifes Gleis vor, so benutzen wir zur Bestimmung der Auflagerdrücke die sich aus den Gl. 7) ableitende Beziehung $A_r = -\frac{2 \mathfrak{M}_r}{l} + \frac{\mathfrak{M}_{r-1}}{l} + \frac{\mathfrak{M}_{r+1}}{l} + \mathfrak{A}_r$. Auf jede Schiene entfällt davon die Hälfte. Für den Lastort entsteht bei Stellung der Last in Feldmitte zwischen n^{ter} und n+1^{ter} Stütze

$$A_{n,1} = \frac{Q}{4} + \frac{A_n}{2}, \quad -A_{n,2} = -\frac{Q}{4} + \frac{A_n}{2}$$

und bei Stellung der Last über der n^{ten} Stütze

$$A_{n,1} = \frac{Q + A_n}{2}, \quad -A_{n,2} = \frac{-Q + A_n}{2}$$

Damit erhalten wir unter Zuhilfenahme der Zahlentafel 5 bei Stellung der Last in Feldmitte zwischen n^{ter} und n+1^{ter} Stütze

Zahlentafel 9.

Stütze	$A_{r,1}$	$-A_{r,2}$	A_r	\bar{A}_r	Anmerkung
n	+ 0,32414	- 0,17586	+ 0,14827	+ 0,50000	Alle Werte sind noch mit Q zu multiplizieren
n-1	+ 0,05215	+ 0,05215	+ 0,10430	-	
n-2	+ 0,03668	+ 0,03668	+ 0,07337	-	
n-3	+ 0,02580	+ 0,02580	+ 0,05161	-	
n-4	+ 0,01815	+ 0,01815	+ 0,02554	-	
n-5	+ 0,01277	+ 0,01277	+ 0,01797	-	

Für die Stellung der Last über der n^{ten} Stütze entsteht

Zahlentafel 10.

Stütze	$A_{r,1}$	$-A_{r,2}$	A_r	\bar{A}_r	Anmerkung
n	+ 0,58704	- 0,41296	+ 0,17408	+ 1,00000	Alle Werte sind noch mit Q zu multiplizieren
n-1	+ 0,06123	+ 0,06123	+ 0,12246	„	
n-2	+ 0,04307	+ 0,04307	+ 0,08614	„	
n-3	+ 0,03030	+ 0,03030	+ 0,06060	„	
n-4	+ 0,02131	+ 0,02131	+ 0,04263	„	
n-5	+ 0,01500	+ 0,01500	+ 0,02999	„	

Zusammenstellung der \mathfrak{M}'_r auf Grund der Zahlentafeln 7 bis 10:

Zahlentafel 11.

Stütze	Gleis ohne Rahmensteifigkeit		Rahmensteifes Gleis		Anmerkung
	Last in Feldmitte	Last über Stütze	Last in Feldmitte	Last über Stütze	
n	+ 0,02665	+ 0,03253	+ 0,00632	+ 0,00955	Alle Werte sind noch mit $Q \left(\frac{h_1}{2} + h_2\right)$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,00121	+ 0,01401	+ 0,00088	+ 0,00306	
n-2	- 0,01313	- 0,00839	- 0,00174	- 0,00127	
n-3	- 0,01163	- 0,01376	- 0,00172	- 0,00194	
n-4	- 0,00503	- 0,00851	- 0,00074	- 0,00093	
n-5	- 0,00085	- 0,00255	- 0,00019	- 0,00024	

Die Zusammenfassung der \mathfrak{M}'_r und \mathfrak{M}''_r aus den Zahlentafeln 6 und 11 liefert schließlich die M'_r , wobei $h_1:h_2 = 0,80$ gewählt wurde. Es ist dann $\left(\frac{h_1}{2} + h_2\right) : \frac{h_1}{2} = 3,50$, womit sich folgende Werte für \mathfrak{M}_r ergeben:

Zahlentafel 12.

Stütze	Gleis ohne Rahmensteifigkeit		Rahmensteifes Gleis		Anmerkung
	Last in Feldmitte	Last über Stütze	Last in Feldmitte	Last über Stütze	
n	+ 0,14291	+ 0,22641	+ 0,07175	+ 0,14598	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	- 0,01671	+ 0,03574	- 0,01787	- 0,00259	
n-2	- 0,06729	- 0,05798	- 0,02742	- 0,03306	
n-3	- 0,04914	- 0,06222	- 0,01445	- 0,02085	
n-4	- 0,01656	- 0,03259	- 0,00350	- 0,00606	
n-5	- 0,00221	- 0,00794	+ 0,00038	+ 0,00015	

δ) Beanspruchung der Schienen (Fortsetzung).

αα) Last befindet sich in Feldmitte zwischen der n^{ten} und n + 1^{ten} Stütze.

Subtrahiert man die Gleichungssysteme für die Drehwinkel der beiden Schienen zeilenweise voneinander, so entsteht

$$\begin{aligned} \Delta \varphi_{n+2} - 2 \Delta \varphi_{n+1} + \Delta \varphi_n &= -\frac{m M}{2} l - m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} + A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} - M_{n+1,2} \right) \\ \Delta \varphi_{n+3} - 2 \Delta \varphi_{n+2} + \Delta \varphi_{n+1} &= -m l \left(A_{n+2,1} \frac{h_1}{2} + A_{n+2,2} \frac{h_1}{2} - M_{n+2,1} - M_{n+2,2} \right) \\ \dots \dots \dots \\ \Delta \varphi_{r+1} - 2 \Delta \varphi_r + \Delta \varphi_{r-1} &= -m l \left(A_{r,1} \frac{h_1}{2} + A_{r,2} \frac{h_1}{2} - M_{r,1} - M_{r,2} \right). \end{aligned}$$

Berücksichtigt man, daß nach 27)

$$\begin{aligned} \varphi_{r,1} - \varphi_{r,2} = \Delta \varphi_r &= \frac{r}{E_1 J_1} \left(M_{r,1} + M_{r,2} + A_{r,1} \frac{h_2}{2} + A_{r,2} \frac{h_2}{2} \right), \\ \frac{r}{E_1 J_1} \left(M_{n+2} + \bar{A}_{n+2} \frac{h_2}{2} - 2 M_{n+1} - 2 \bar{A}_{n+1} \frac{h_2}{2} + M_n + \bar{A}_n \frac{h_2}{2} \right) &= -\frac{m M}{2} l - m l \left(\bar{A}_{n+1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1} \right) \\ \frac{r}{E_1 J_1} \left(M_{n+3} + \bar{A}_{n+3} \frac{h_2}{2} - 2 M_{n+2} - 2 \bar{A}_{n+2} \frac{h_2}{2} + M_{n+1} + \bar{A}_{n+1} \frac{h_2}{2} \right) &= -m l \left(\bar{A}_{n+2} \frac{h_1}{2} - M_{n+2} \right) \end{aligned}$$

so nehmen diese Gleichungen mit $M_r = M_{r,1} + M_{r,2}$ und $\bar{A}_r = A_{r,1} + A_{r,2}$ die Form an

Bezeichnet $g = 2 + \frac{m l}{t}$ und $k = 2 - \frac{m l h_1}{h_2 t}$, wobei $t = \frac{r}{E_1 J_1}$, so ist folgende Vereinfachung möglich:

$$\begin{aligned} M_{n-2} - g M_{n-1} + M_n &= -\frac{h_2}{2} (\bar{A}_{n-2} - k A_{n-1} + \bar{A}_n) \\ M_{n-1} - g M_n + M_{n+1} &= -\frac{m M l}{2 t} - \frac{h_2}{2} (\bar{A}_{n-1} - k \bar{A}_n + \bar{A}_{n+1}) \\ M_n - g M_{n+1} + M_{n+2} &= -\frac{m M l}{2 t} - \frac{h_2}{2} (\bar{A}_n - k \bar{A}_{n+1} + \bar{A}_{n+2}) \\ M_{n+1} - g M_{n+2} + M_{n+3} &= -\frac{h_2}{2} (\bar{A}_{n+1} - k \bar{A}_{n+2} + \bar{A}_{n+3}) \end{aligned} \dots 44)$$

wodurch das System der Bestimmungsgleichungen für die Verdrehungsmomente gewonnen erscheint. Zwecks einfacher Ausrechnung zerlegen wir hier ebenso wie dies in γ) geschehen ist jedes M_r in M'_r und M''_r , wobei von den rechten Seiten des Systems 44) die $\frac{m M l}{2 t}$ zu M'_r und die $f_r(\bar{A})$ zu M''_r gehören mögen.

Für M'_n ergibt sich dann bei unbeschränkter Gleislänge

$$M'_n = \frac{Z'_n}{Z_{2n}} = -\frac{m M l}{2 \pi i} \int_{K_{r=1}} \frac{x+1}{x^2 - g x + 1} dx = \frac{m M l}{4 t} \left(\frac{2 + \frac{m l}{2 t}}{\sqrt{\frac{m l}{t} + \left(\frac{m l}{2 t}\right)^2}} - 1 \right) \dots 45)$$

Zur Bestimmung der M''_r denken wir uns zunächst nur \bar{A}_n wirkend und ermitteln die zufolge dieses Kraftangriffes entstehenden Verdrehungsmomente. Der unter γ) gewählte Weg ist hier wegen der abweichenden Form des zweiten Teiles der rechten Seiten unserer Bestimmungsgleichungen 44) vorerst nicht gangbar. Das bei alleinigem Vorhandensein von $\bar{A}_n = 1$ entstehende Gleichungssystem lautet

$$\begin{aligned} \dots \dots \dots &= \theta \\ \bar{M}''_{n-2} - g \bar{M}''_{n-1} + \bar{M}''_n &= -\frac{h_2}{2} \\ \bar{M}''_{n-1} - g \bar{M}''_n + \bar{M}''_{n+1} &= k \frac{h_2}{2} \\ \bar{M}''_n - g \bar{M}''_{n+1} + \bar{M}''_{n+2} &= -\frac{h_2}{2} \\ \dots \dots \dots &= \theta \end{aligned} \dots 46)$$

Für \bar{M}''_n ergibt sich die Lösung

$$\bar{M}''_n = \frac{\bar{Z}_n}{Z_{2n}} = -\frac{h_2}{2 \pi i} \int_{K_{r=1}} \frac{x - k + x^{-1}}{x^2 - g x + 1} dx = -\frac{h_2}{2} \left(1 - \frac{(h_1 + h_2) m l}{2 h_2 t \sqrt{\frac{m l}{t} + \left(\frac{m l}{2 t}\right)^2}} \right) \dots 47)$$

Setzt man diesen Wert in die Bestimmungsgleichungen 46) ein, so können alle übrigen \bar{M}''_r der Reihe nach leicht gefunden werden. Beachten wir nunmehr wieder, daß die Momentenlinie für eine Einzellast gleichzeitig auch Einflußlinie ist, so gelten zur Auffindung von M''_n jetzt gleiche Überlegungen wie sie unter γ) angestellt wurden; es ist also

Führt man 45) und 48) in 44) ein, so lassen sich alle übrigen M_r in bekannter Weise ermitteln.

ββ) Last steht über der n^{ten} Stütze.

Durch zeilenweise Subtraktion der Drehwinkelgleichungen für die beiden Schienen voneinander ergibt sich hier

$$\begin{aligned} \Delta \varphi_{n+1} - 2 \Delta \varphi_n + \Delta \varphi_{n-1} &= -m M l - m l \left(A_{n,1} \frac{h_1}{2} + A_{n,2} \frac{h_1}{2} - M_{n,1} - M_{n,2} \right) \\ \Delta \varphi_{n+2} - 2 \Delta \varphi_{n+1} + \Delta \varphi_n &= -m l \left(A_{n+1,1} \frac{h_1}{2} + A_{n+1,2} \frac{h_1}{2} - M_{n+1,1} - M_{n+1,2} \right) \\ \dots \dots \dots \\ \Delta \varphi_{r+1} - 2 \Delta \varphi_r + \Delta \varphi_{r-1} &= -m l \left(A_{r,1} \frac{h_1}{2} + A_{r,2} \frac{h_1}{2} - M_{r,1} - M_{r,2} \right), \end{aligned}$$

$$M''_n = [\bar{A}_n (\bar{M}''_n + \bar{M}''_{n-1}) + \bar{A}_{n-1} (\bar{M}''_{n-1} + \bar{M}''_{n-2}) + \dots] \dots 48)$$

woraus auf dem gleichen Weg wie vorhin

$$\frac{r}{E_1 J_1} \left(M_{n+1} + \bar{A}_{n+1} \frac{h_2}{2} - 2 M_n - 2 \bar{A}_n \frac{h_2}{2} + M_{n-1} + \bar{A}_{n-1} \frac{h_2}{2} \right) = -m M l - m l \left(\bar{A}_n \frac{h_1}{2} - M_n \right)$$

$$\frac{r}{E_1 J_1} \left(M_{n+2} + \bar{A}_{n+2} \frac{h_2}{2} - 2 M_{n+1} - 2 \bar{A}_{n+1} \frac{h_2}{2} + M_n + \bar{A}_n \frac{h_2}{2} \right) = -m l \left(\bar{A}_{n+1} \frac{h_1}{2} - M_{n+1} \right)$$

und schließlich die Bestimmungsgleichungen

$$\left. \begin{aligned} M_{n-2} - g M_{n-1} + M_n &= -\frac{h_2}{2} (\bar{A}_{n-2} - k \bar{A}_{n-1} + \bar{A}_n) \\ M_{n-1} - g M_n + M_{n+1} &= -\frac{m l}{t} M - \frac{h_2}{2} (\bar{A}_{n-1} - k \bar{A}_n + \bar{A}_{n+1}) \\ M_n - g M_{n+1} + M_{n+2} &= -\frac{h_2}{2} (\bar{A}_n - k \bar{A}_{n+1} + \bar{A}_{n+2}) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 49)$$

entstehen. Die nach denselben Überlegungen wie bei Stellung der Last in Feldmitte gefundenen Lösungen für M'_n und M''_n lauten

$$M'_n = \frac{Z'_n}{Z_{2n}} = -\frac{m M l}{2 \pi i} \int_{K_{r=1}} \frac{d x}{x^2 - g x + 1} = -\frac{m M l}{2 t \sqrt{\frac{m l}{t} + \left(\frac{m l}{2 t}\right)^2}} \dots 50)$$

$M''_n = [\bar{A}_n \bar{M}''_n + 2 \bar{A}_{n-1} \bar{M}''_{n-1} + 2 \bar{A}_{n-2} \bar{M}''_{n-2} + \dots] \dots 51)$
Hierin sind die \bar{M}''_r dieselben wie bei Stellung der Last in Feldmitte, die \bar{A}_r dagegen, die dem vorliegenden Belastungsfall entsprechenden.

ε) Der weitere Rechnungsgang.

Sind je nach der Laststellung mit Hilfe der Gl. 44) oder Gl. 49) die M_r bestimmt worden, so bereitet auch die Ermittlung der Verdrehungsmomente jeder der beiden Schienen keinerlei Schwierigkeiten.

Die Verdrehungsmomente jeder der beiden Schienen ergeben sich auf Grund der bisherigen Rechenergebnisse mit Hilfe folgender Gleichungen durch Addition oder Subtraktion $M_{r,1} + M_{r,2} = M_r$

$$M_{r,1} - M_{r,2} = A_r \frac{h_1}{2} - \frac{1}{3 E J m r} (M_{r+1} + 4 M_r + M_{r-1})$$

Die zweite Gleichung, in der $A_r = A_{r,1} - A_{r,2}$ ist, folgt dabei aus 28) bzw. 37) und 30). Für den Lastort ist eine eigene Untersuchung notwendig, die jedoch an Hand von 28) und 30) ohne besondere Überlegung zum Ziel führt.

ζ) Beispiel.

Wir benutzen selbstverständlich auch hier die gleichen Angaben, wie bei den früheren Zahlenrechnungen. Es gilt also

$$m = \frac{1}{G J_p} = 0,000\,000\,011\,269.$$

Weiter folgt für das Trägheitsmoment der 16/26 messenden Schwellen in bezug auf die waagerechte Schwerachse $J_1 = 8875 \text{ cm}^4$. Die Elastizitätszahl des Schwellenholzes wird mit $E_1 = 100\,000 \text{ kg/cm}^2$ angenommen. Demnach ist

$$t = \frac{r}{E_1 J_1} = 0,000\,000\,084\,507.$$

Damit ergibt sich nachfolgende Zusammenstellung der M'_r :
Zahlentafel 13.

Stütze	Last in Feldmitte	Last über Stütze	Stütze	Last in Feldmitte	Last über Stütze	Anmerkung
n	+0,45273	+0,82724	n-3	+0,00038	+0,00070	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+0,04280	+0,07821	n-4	+0,00004	+0,00007	
n-2	+0,00405	+0,00739	n-5	—	—	

Zur Bestimmung der M'_r benötigt man wieder die Auflagerdrücke, wobei den Zahlentafeln 7 bis 10 jetzt die Werte \bar{A}_r zu entnehmen sind. Mit diesen und \bar{M}''_r entsteht für M'_r :

Zahlentafel 14.

Stütze	\bar{M}''_r	Gleis ohne Rahmensteifigkeit		Rahmensteifes Gleis		Anmerkung
		Last in Feldmitte	Last über Stütze	Last in Feldmitte	Last über Stütze	
n	0,48893	+0,35901	+0,48893	+0,31488	+0,48893	\bar{M}''_r ist mit $\frac{h_2}{2}$, alle übrigen Werte mit $Q \frac{h_2}{2}$ zu multiplizieren
n-1	0,14082	+0,03473	+0,14082	+0,07702	+0,14082	
n-2	0,01321	+0,00621	+0,01321	+0,00729	+0,01321	
n-3	0,00127	-0,00011	+0,00127	+0,00069	+0,00127	
n-4	0,00012	—	+0,00012	+0,00007	+0,00012	
n-5	0,00001	—	+0,00001	+0,00001	+0,00001	

Die Vereinigung von M'_r aus Zahlentafel 13 mit M'_r aus Zahlentafel 14 liefert mit Berücksichtigung von $h_2 : h_1 = 1,25$ die M_r :

Zahlentafel 15.

Stütze	Gleis ohne Rahmensteifigkeit		Rahmensteifes Gleis		Anmerkung
	Last in Feldmitte	Last über Stütze	Last in Feldmitte	Last über Stütze	
n	0,90149	1,43840	0,84633	1,43840	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	0,08621	0,25423	0,13907	0,25423	
n-2	0,01181	0,02390	0,01316	0,02390	
n-3	0,00024	0,00229	0,00124	0,00229	
n-4	0,00004	0,00022	0,00013	0,00022	
n-5	—	0,00002	0,00001	0,00002	

Um die auf die beiden Schienen entfallenden Verdrehungsmomente berechnen zu können, ist es notwendig, die Ausdrücke

$$\frac{1}{3 E J m r} (M_{r+1} + 4 M_r + M_{r-1})$$

zu bilden. Hierfür ergibt sich, wenn mit den bekannten Größen

$$\frac{1}{3 E J m r} = 0,006\,543:$$

Zahlentafel 16.

Stütze	Gleis ohne Rahmensteifigkeit		Rahmensteifes Gleis		Anmerkung
	Last in Feldmitte	Last über Stütze	Last in Feldmitte	Last über Stütze	
n	+ 0,00456	+ 0,00639	+ 0,00223	+ 0,00379	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,00006	+ 0,00204	- 0,00018	+ 0,00067	
n-2	- 0,00219	- 0,00169	- 0,00092	- 0,00080	
n-3	- 0,00181	- 0,00222	- 0,00058	- 0,00080	
n-4	- 0,00077	- 0,00131	- 0,00019	- 0,00036	
n-5	- 0,00017	- 0,00042	- 0,00003	- 0,00004	

Die auf jede der beiden Schienen kommenden Verdrehungsmomente an den Stützen haben nun folgende Werte:

Zahlentafel 17.

Gleis ohne Rahmensteifigkeit.

Stütze	Last steht in Feldmitte		Last steht über Stütze		Anmerkung
	$M_{r,1}$	$M_{r,2}$	$M_{r,1}$	$M_{r,2}$	
n	+ 0,87148	+ 0,03001	+ 1,41096	+ 0,02744	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,12242	- 0,03621	+ 0,25235	+ 0,00188	
n-2	+ 0,02228	- 0,01047	+ 0,05384	- 0,02994	
n-3	- 0,00567	+ 0,00591	+ 0,00253	- 0,00024	
n-4	- 0,00712	+ 0,00716	- 0,00806	+ 0,00828	
n-5	- 0,00475	+ 0,00475	- 0,00611	+ 0,00613	

Zahlentafel 18.

Rahmensteifes Gleis.

Stütze	Last steht in Feldmitte		Last steht über Stütze		Anmerkung
	$M_{r,1}$	$M_{r,2}$	$M_{r,1}$	$M_{r,2}$	
n	+ 0,74619	+ 0,10014	+ 1,30435	+ 0,13405	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,12178	+ 0,01729	+ 0,18801	+ 0,06622	
n-2	+ 0,04373	- 0,03057	+ 0,05542	- 0,03152	
n-3	+ 0,02672	- 0,02548	+ 0,03185	- 0,02956	
n-4	+ 0,01832	- 0,01819	+ 0,02161	- 0,02139	
n-5	+ 0,01279	- 0,01279	+ 0,01503	- 0,01501	

Mit Hilfe der Stützdrehmomente aus den Zahlentafeln 17 und 18 und der Auflagerdrücke $A_{r,1}$ und $A_{r,2}$ aus Zahlentafel 7 bis 10 läßt sich schließlich auch der Verlauf der Drehmomente in den Schienen angeben.

Verlauf der Drehmomente in den Schienen und der lotrechten Biegemomente in den Schwellen:

Zahlentafel 19.

Gleis ohne Rahmensteifigkeit, Last in Feldmitte zwischen n^{ter} und $n+1^{ter}$ Stütze.

Stütze	Schienen		Schwellen		Anmerkung
	$\bar{M}_{r,1}$	$\bar{M}_{r,2}$	$M_{r,1}^*$	$M_{r,2}^*$	
n	+ 0,50000	Θ	+ 1,67930	- 0,02722	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,10177	+ 0,09722	+ 0,24118	- 0,31420	
n-2	- 0,00499	- 0,00961	+ 0,08175	- 0,02740	
n-3	+ 0,00503	+ 0,00260	- 0,02791	+ 0,01715	
n-4	- 0,00039	- 0,00102	- 0,02478	+ 0,02714	
n-5	+ 0,00013	+ 0,00027			

Zahlentafel 20.

Gleis ohne Rahmensteifigkeit, Last über der n^{ten} Stütze.

Stütze	Schienen		Schwellen		Anmerkung
	$\bar{M}_{r,1}$	$\bar{M}_{r,2}$	$M_{r,1}^*$	$M_{r,2}^*$	
n			+ 2,52335	+ 0,16506	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,14200	+ 0,13880	+ 0,56799	- 0,31376	
n-2	+ 0,01590	+ 0,01067	+ 0,15673	- 0,13283	
n-3	+ 0,00321	- 0,00054	+ 0,00322	- 0,00093	
n-4	+ 0,00095	- 0,00057	- 0,03011	+ 0,03033	
n-5	+ 0,00019	- 0,00003			

Zahlentafel 21.

Rahmensteifes Gleis, Last in Feldmitte zwischen n^{ter} und $n+1^{ter}$ Stütze.

Stütze	Schienen		Schwellen		Anmerkung
	$\bar{M}_{r,1}$	$\bar{M}_{r,2}$	$M_{r,1}^*$	$M_{r,2}^*$	
n	+ 0,50000	Θ	+ 1,24404	+ 0,22729	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,07795	+ 0,07572	+ 0,25217	- 0,11310	
n-2	+ 0,00832	+ 0,00628	+ 0,13543	- 0,12227	
n-3	+ 0,00127	+ 0,00017	+ 0,09122	- 0,08998	
n-4	+ 0,00035	- 0,00015	+ 0,06371	- 0,06358	
n-5	+ 0,00018	- 0,00011			

Zahlentafel 22.

Rahmensteifes Gleis, Last über der n^{ten} Stütze.

Stütze	Schienen		Schwellen		Anmerkung
	$\bar{M}_{r,1}$	$\bar{M}_{r,2}$	$M_{r,1}^*$	$M_{r,2}^*$	
n			+ 2,14695	+ 0,54145	Alle Werte sind noch mit $Q \frac{h_1}{2}$ zu multiplizieren
n-1	+ 0,14135	+ 0,13946	+ 0,34110	- 0,08687	
n-2	+ 0,01457	+ 0,01201	+ 0,16311	- 0,13921	
n-3	+ 0,00222	+ 0,00046	+ 0,10760	- 0,10531	
n-4	+ 0,00067	- 0,00028	+ 0,07490	- 0,07468	
n-5	+ 0,00037	- 0,00020			

Die Werte der Zahlentafel 12, 19 und 20, das nicht rahmensteife Gleis umfassend, sind in Abb. 21 auch zeichnerisch dargestellt. Von der Darstellung der Werte für das rahmensteife Gleis wurde wegen des sich ergebenden ähnlichen Verlaufes der Momente abgesehen.

Schließlich sind die Durchbiegungen infolge der waagerechten Last von Interesse. Sie ergeben sich, wenn man die A_r in Zahlentafel 7 bis 10 mit $\frac{1}{4 \Gamma b \bar{u}} = 0,00014$ multipliziert. Die Formänderungen der Nebenwirkungen (Verdrehungs- und lotrechte Biegemomente der Schienen) wurden wegen ihrer Kleinheit nicht ausgewiesen⁶⁾.

⁶⁾ Bei der Durchführung der Zahlenrechnungen wurde der Verfasser von den Herren Ing. E. Tremmel und A. Werner tatkräftig unterstützt.

4. Beanspruchung des Gleises durch eine einseitig wirkende lotrechte Kraft.

Dieser Belastungsfall hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den unter 3. behandelten Zusatzwirkungen einer waagerechten Kraft an einer der beiden Schienen. Es soll daher etwas näher darauf eingegangen werden.

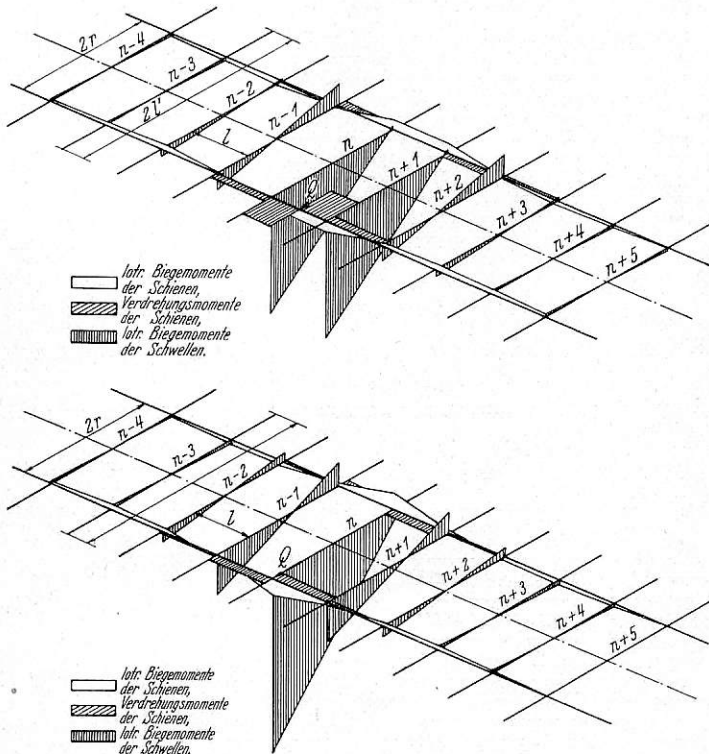


Abb. 21. Darstellung der bei einem waagerechten Kraftangriff im Gleis entstehenden lotrechten Biegungs- und Verdrehungsmomente. Oben: Last in Feldmitte, unten: Last über einer Stütze.

a) Gleichgewicht der Querschwellen.

Wir setzen zunächst voraus, daß die linke Schiene die belastete ist, vergl. Abb. 22. Weiter soll die Bedeutung der verschiedenen Größen die gleiche sein wie unter 3. Die an der linken Schiene angreifende lotrechte Kraft Q können wir

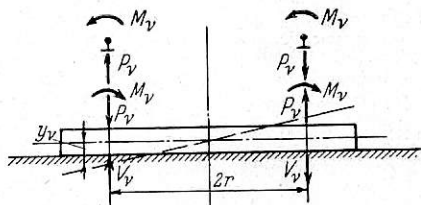


Abb. 22. Belastungsbild der Schwellen für die Beanspruchung des Gleises durch eine einseitig wirkende lotrechte Kraft.

uns nun durch zwei andere Kraftangriffe ersetzt denken, wodurch sich die Rechnung vereinfacht. Diese beiden Belastungen sind eine symmetrische, bei der auf jede Schiene $\frac{Q}{2}$ nach abwärts wirkt, und eine polarsymmetrische, bei der auf der linken Schiene $\frac{Q}{2}$ nach unten und auf der rechten nach oben gerichtet ist. Der symmetrische Belastungsfall erscheint durch die am Anfang dieses Aufsatzes genannte Arbeit des Verfassers²⁾ erledigt; der polarsymmetrische bedarf jedoch noch einer Untersuchung. Von den Gleichgewichtsbedingungen der Querschwellen kommt nur $\sum M = \Theta$ in Betracht und liefert

$$M_v - P_v r + V_v r = \Theta \dots \dots \dots 52)$$

In dieser Beziehung ist bekanntlich $V_v = 2 C b \ddot{u} y_v$.

b) Beanspruchung der Schienen durch den polarsymmetrischen Kraftangriff.

Hier muß vorerst zwischen Stellung der Last in Feldmitte oder über einer Stütze unterschieden werden.

a) Last greift in Feldmitte zwischen n^{ter} und $n+1^{ter}$ Stütze an.

Es erweist sich zweckmäßig, mit der Verdrehung der Schienen zu beginnen. Über den Verlauf der Drehmomente

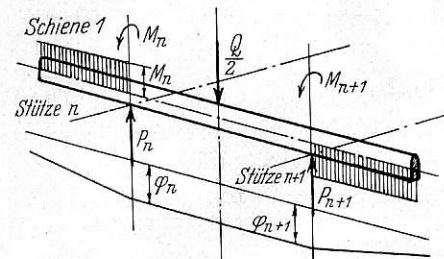


Abb. 23. Belastungsbild der Schienen für die Beanspruchung des Gleises durch eine einseitig wirkende lotrechte Kraft.

und der Verdrehungen gibt Abb. 23 Aufschluß. Daraus folgt für die wegen der Symmetrie des Kraftangriffes bei beiden Schienen gleichen Verdrehungen

$$\begin{aligned} \text{Verdrehung auf Stütze } n+1 \quad \varphi_{n+1} &= \varphi_n \\ \text{,, ,, ,, } n+2 \quad \varphi_{n+2} &= \varphi_{n+1} - m M_{n+1} l \\ \text{,, ,, ,, } n+3 \quad \varphi_{n+3} &= \varphi_{n+1} - m M_{n+1} 2l - m M_{n+2} l \\ &\dots \dots \dots \end{aligned}$$

Subtrahiert man je zwei aufeinanderfolgende Gleichungen, so entsteht

$$\begin{aligned} \varphi_{n+1} - \varphi_n &= \Theta \\ \varphi_{n+2} - \varphi_{n+1} &= -m M_{n+1} l \\ \varphi_{n+3} - \varphi_{n+2} &= -m M_{n+1} l - m M_{n+2} l \\ &\dots \dots \dots \end{aligned}$$

und durch abermalige Subtraktion

$$\begin{aligned} \varphi_{n+2} - 2\varphi_{n+1} + \varphi_n &= -m M_{n+1} l \\ \varphi_{n+3} - 2\varphi_{n+2} + \varphi_{n+1} &= -m M_{n+2} l \\ &\dots \dots \dots \\ \varphi_{r+1} - 2\varphi_r + \varphi_{r-1} &= -m M_r l. \end{aligned}$$

Gemäß Abb. 22 lassen sich die Verdrehungen der Schienen an den Verbindungsstellen mit den Schwellen leicht angeben, weil diese gleich den Verdrehungen der Schwellen sein müssen.

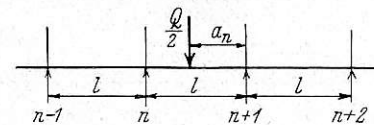


Abb. 24. Zur Stellung der einseitig wirkenden lotrechten Last.

Sieht man dabei von der elastischen Verformung ab, um die Rechnung nicht allzu verwickelt zu gestalten, so gilt

$$\varphi_v = \frac{y_v}{r}.$$

Mit Hilfe dieser Beziehung und Gl. 52) gehen die Drehwinkelgleichungen über in

$$\left. \begin{aligned} y_{n+2} - 2y_{n+1} + y_n &= -m l r^2 (P_{n+1} - V_{n+1}) \\ y_{n+3} - 2y_{n+2} + y_{n+1} &= -m l r^2 (P_{n+2} - V_{n+2}) \\ &\dots \dots \dots \\ y_{r+1} - 2y_r + y_{r-1} &= -m l r^2 (P_r - V_r) \end{aligned} \right\} \dots \dots 53)$$

Für jede der beiden Schienen lauten die allgemeinen Gleichungen für die Biegungsmomente über den Stützen (siehe Abb. 24):

$$\left. \begin{aligned} y_{n+1} - 2y_n + y_{n-1} &= \frac{l^2}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+1} + 4\mathfrak{M}_n + \mathfrak{M}_{n-1}) - \frac{Q}{2} a_n \frac{(l^2 - a^2)}{6EJ} \\ y_{n+2} - 2y_{n+1} + y_n &= \frac{l^2}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+2} + 4\mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_n) - \frac{Q}{2} (l - a_n) \frac{[l^2 - (l - a_n)^2]}{6EJ} \\ y_{n+3} - 2y_{n+2} + y_{n+1} &= \frac{l^2}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+3} + 4\mathfrak{M}_{n+2} + \mathfrak{M}_{n+1}) \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 54)$$

Setzt man in diesen Beziehungen $a_n = \frac{l}{2}$, so ergibt sich in Verbindung mit 53)

$$\begin{aligned} \frac{l^2}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+1} + 4\mathfrak{M}_n + \mathfrak{M}_{n-1}) &= \frac{Q}{2} \frac{3l^3}{8} - m l r^2 (P_n - V_n) \\ \frac{l^2}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+2} + 4\mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_n) &= \frac{Q}{2} \frac{3l^3}{8} - m l r^2 (P_{n+1} - V_{n+1}) \end{aligned} \left\{ \begin{aligned} \frac{l^2}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+3} + 4\mathfrak{M}_{n+2} + \mathfrak{M}_{n+1}) &= m l r^2 (P_{n+2} - V_{n+2}) \\ \dots \dots \dots \\ \text{Schreibt man jetzt noch für } V_r &\text{ den früher angegebenen Wert} \\ \text{und für } P_r &= \frac{2\mathfrak{M}_r}{l} - \frac{\mathfrak{M}_{r-1}}{l} - \frac{\mathfrak{M}_{r+1}}{l} + \mathfrak{M}, \\ \text{so geht das Gleichungssystem über in} \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+1} + 4\mathfrak{M}_n + \mathfrak{M}_{n-1}) - \frac{3Ql^2}{96EJ} + m r^2 \left(\frac{2\mathfrak{M}_n}{1} - \frac{\mathfrak{M}_{n-1}}{1} - \frac{\mathfrak{M}_{n+1}}{1} + \frac{Q}{4} - 2Cbü y_n \right) &= \theta \\ \frac{1}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+2} + 4\mathfrak{M}_{n+1} + \mathfrak{M}_n) - \frac{3Ql^2}{96EJ} + m r^2 \left(\frac{2\mathfrak{M}_{n+1}}{1} - \frac{\mathfrak{M}_n}{1} - \frac{\mathfrak{M}_{n+2}}{1} + \frac{Q}{4} - 2Cbü y_{n+1} \right) &= \theta \\ \frac{1}{6EJ} (\mathfrak{M}_{n+3} + 4\mathfrak{M}_{n+2} + \mathfrak{M}_{n+1}) + m r^2 \left(\frac{2\mathfrak{M}_{n+2}}{1} - \frac{\mathfrak{M}_{n+1}}{1} - \frac{\mathfrak{M}_{n+3}}{1} - 2Cbü y_{n+2} \right) &= \theta \\ \dots \dots \dots \end{aligned}$$

Führt man wieder die Abkürzungen

$$u = \frac{l^2}{6EJ}, \quad v = m r^2, \quad w = 2Cbü m l r^2$$

ein, dann lassen sich die Gleichungen in folgender vereinfachter Form anschreiben

$$\left. \begin{aligned} (u - v) \mathfrak{M}_{n+1} + (4u + 2v) \mathfrak{M}_n + (u - v) \mathfrak{M}_{n-1} - \frac{3Qlu}{16} + \frac{Qlv}{4} &= w y_n \\ (u - v) \mathfrak{M}_{n+2} + (4u + 2v) \mathfrak{M}_{n+1} + (u - v) \mathfrak{M}_n - \frac{3Qlu}{16} + \frac{Qlv}{4} &= w y_{n+1} \\ (u - v) \mathfrak{M}_{n+3} + (4u + 2v) \mathfrak{M}_{n+2} + (u - v) \mathfrak{M}_{n+1} &= w y_{n+2} \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 55)$$

Dies wird wieder in die allgemeinen Momentengleichungen 54) eingesetzt, wodurch die Bestimmungsgleichungen für die Biegemomente über den Stützen zufolge der polarsymmetrischen Belastung gewonnen werden. Man erkennt, daß dies ähnliche Gleichungen sein müssen, wie sie sich bei der Behandlung der Zusatzwirkungen, hervorgerufen durch eine waagerechte Last, ergeben haben. Wegen der geringeren Bedeutung, die dem Fall einer einseitigen Belastung zukommt, soll er aber mit der Angabe des Rechnungsweges als abgeschlossen gelten⁷⁾.

β) Stellung der Last über der n^{ten} Stütze.

Es gilt dasselbe wie bei Stellung der Last in Feldmitte, weshalb auch hier eine nähere Behandlung unterbleibt.

5. Zusammenfassung.

Die hier durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die durch eine waagerechte Kraft im Gleis hervorgerufenen Biegemomente und Formänderungen ohne große Schwierigkeiten einer rechnerischen Behandlung zugänglich sind, was sowohl zugunsten einer Vertiefung unserer

Erkenntnisse hinsichtlich der Beanspruchungen des Oberbaues wirkt, aber auch von Bedeutung für die Verfolgung des Laufes der Fahrzeuge im Gleis sein kann, namentlich beim Schnellverkehr.

Die durch eine waagerechte Kraft im Gleis entstehenden lotrechten Biegemomente und Drehmomente sind einer genauen Bestimmung schwieriger zugänglich, doch gestattet der hier eingeschlagene Weg, dem vereinfachte Annahmen hinsichtlich der Lagerung der Schwellen auf der Bettung zugrunde liegen, zu einer größenordnungsmäßigen Abschätzung der genannten Wirkungen zu gelangen. Dies dürfte hinreichend sein, wenn man bedenkt, wie viele Zufälligkeiten, die einer rechnerischen Erfassung unzugänglich sind, bei der Beanspruchung des Eisenbahngleises eine Rolle spielen können. Dasselbe gilt gleichermaßen für die Zusatzwirkungen einer einseitig angreifenden lotrechten Last, zu deren Behandlung ebenfalls der Weg gewiesen wurde.

Von den jedenfalls wünschenswerten Vergleichen zwischen einem nicht rahmensteifen Gleis und einem rahmensteifen wurde wegen der Mangelhaftigkeit der derzeitigen Grundlagen abgesehen. Vielleicht gibt aber die vorliegende Arbeit eine Anregung dazu, nunmehr auch an diese Dinge, vornehmlich an das Verhalten der Bettung bei waagerechten Kraftwirkungen heranzutreten, um ein einwandfreies Bild über die Beanspruchungen des Querschwellenoberbaues zu gewinnen.

⁷⁾ Zuzufolge Vernachlässigung der Formänderungen der Schwellen werden die Bestimmungsgleichungen für die Biegemomente der Schienen fünfgliedrig, bei Berücksichtigung der Formänderungen aber siebengliedrig, was die Lösung erschwert.

Die selbsttätigen Warnanlagen an Wegübergängen bei den Niederländischen Eisenbahnen.

Von Abteilungsvorstand Dipl.-Ing. J. H. Verstegen.

Die erste Ausführung bei Steenwijk.

Ende 1936 wurde im Reichsweg Nr. 32 Meppel—Leeuwarden in der Nähe von Steenwijk die erste selbsttätige Warnanlage bei den Niederländischen Eisenbahnen probeweise in Betrieb genommen; da diese Anlage bis jetzt noch keinerlei Störung*) ausgesetzt war, kann von signaltechnischem Standpunkt aus wohl von einer gelungenen Probe gesprochen werden.

Bei dieser Anlage konnten für die Beeinflussung vom Zuge aus die umfangreichen Erfahrungen ausgenutzt werden, welche mit den selbsttätigen Blocksignalanlagen**), ferner mit zahlreichen isolierten Gleisen und Schienen von mechanischen und elektrischen Signalanlagen in Betrieb gewonnen worden waren. Übrigens wurden in unserem Entwurf selbstverständlich für die wichtigen Teile nur Apparate gewählt, deren Bauweise gründlich erprobt, deren zuverlässige Herstellung gewährleistet war.

Sieben Übertreter in drei Tagen ist bedenklich. Ungefähr zweimal täglich war eine Möglichkeit zu einem Unglücksfall gegeben, trotz der Sicherungsanlage. Nur, wenn der Verkehr die Signale richtig beachtet, also unbedingt vor dem roten Blinklicht hält, haben solche Sicherungsanlagen Zweck.

Die Regierung und die Niederländischen Eisenbahnen beabsichtigen nämlich nach dem Erfolg dieser Probe, auf diesem Weg weiter zu gehen. Verschiedene Wegübergänge in doppel- und eingleisigen Strecken sind schon in Erwägung gezogen, auch schon auf Strecken, die elektrischen Betrieb haben; die Lösung ist hierfür etwas schwieriger*).

Äußeres der Signale.

Nach dieser Einleitung sollen die Signalbilder kurz beschrieben werden.

An dem bekannten Andreaskreuz (Abb. 1) ist ein Kasten mit Lichtsignalen angebracht. Normal, wenn kein Zug angekündigt ist, brennt das weiße Licht, 45mal in der Minute blinkend. Ein Zug fängt an sich anzukündigen in einem bestimmten Abstand vor dem Wegübergang (abhängig von der örtlich zugelassenen höchsten Zuggeschwindigkeit), durch das Brennen des roten Lichtes mit 90maligem Blinken in der Minute (unter Ausschaltung des weißen Lichtes): überdies fängt ein Wecker an zu klingeln. Das rote Licht und das Klingeln bleiben in Wirkung, bis der ganze Zug den Wegübergang verlassen hat.

Der Unterschied in der Blinkzahl wird, wie bekannt, mit Rücksicht auf Farbenblinde gewählt.

Beide Lichtsignale haben ein kleines Rückblinklicht von derselben Farbe.

Durch das Rücklicht soll ein Wegbenutzer, der vor dem Wegübergang das Vorüberfahren eines Zuges abwartet und der sich dabei unter oder schon neben dem roten Licht befindet, so daß er dieses nicht oder nur undeutlich beobachten kann, doch noch von der Gegenseite der Bahn her durch das kleine rote Rücklicht des jenseitigen Signals gewarnt werden; nämlich

dann, wenn nach der Vorbeifahrt des ersten Zuges ein zweiter in entgegengesetzter Richtung inzwischen schon begonnen hat, sich anzukündigen.

Störungssignal.

Über den beiden Lichtern befindet sich noch ein drittes Lichtsignal, orangefarbig, in dem eine Leuchtschrift brennt: „Signal außer Betrieb.“ Wenn in irgend einem Bestandteil der Anlage eine Störung eintritt, durch die ein Zug sich nicht mehr mit dem roten Blinklicht ankündigen würde, so tritt das orangefarbene Störungssignal in Wirkung; das bedeutet also: „Aufpassen, denn ein Zug kündigt sich nicht mehr an.“ Dieses Signal ist im Gegensatz zu den beiden andern kein Blinklicht; es kann von dem sich nähernden Zug bemerkt werden, so daß der Zugführer die Störung melden kann.

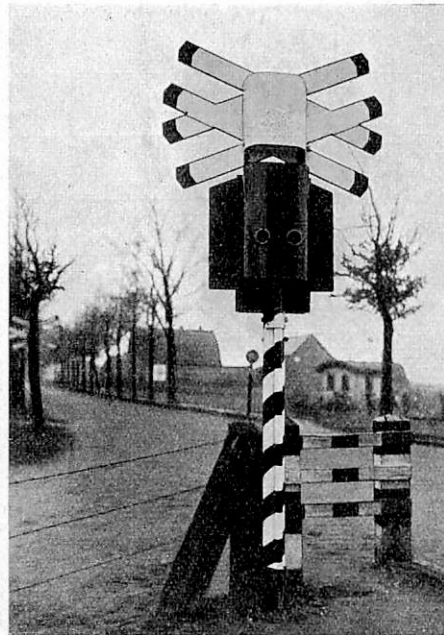
Der Stromlauf der Signale.

Der selbsttätige Einfluß des Zuges auf die Signale geschieht durch die beim selbsttätigen Streckenblock erprobten Gleis-

*) Inzwischen sind zwei weitere Anlagen in Betrieb gekommen, drei andere folgen demnächst.



Ansicht von vorn.



Ansicht von hinten.

Abb. 1. Andreaskreuz.

Die Hauptfrage für diese Probe lag daher nicht so sehr darin, ob die Einrichtung befriedigend arbeiten würde, sondern ob eine solche Warnanlage an sich nötig und erwünscht sei, anders gesagt, wie sich der Straßenverkehr darauf einstellen werde.

Es geht hier doch darum, einen Anfang zu machen mit einer kostspieligen Maßnahme, die nur verantwortet werden kann, wenn die Signale in der Tat Unglücksfälle verhüten; dies hängt aber nicht nur von der Sicherungsanlage ab, so richtig und sicher diese auch gestaltet sein mag, sondern von dem Wegverkehr selbst.

Eine Verkehrszählung an dem Wegübergang bei Steenwijk hat ausgewiesen, daß in drei Tagen sieben Kraftfahrer über das rote Blinklicht durchgefahren sind. Für die Frage, ob es ohne Störungen geht und ob es auch geht, wenn keine Signale da sind, ist schließlich die Aufmerksamkeit und Vorsicht der Wegbenutzer entscheidend.

*) Inzwischen ist eine Störung vorgekommen: die Lampe eines weißen Lichtsignals war durchgebrannt.

**) Siehe Org. Fortschr. Eisenbahnwes. vom 1. März 1934 „Der selbsttätige Streckenblock auf den Niederländischen Eisenbahnen“ vom Verfasser.

stromkreise mit isolierten Schienen. Diese Beeinflussung ist eigentlich bei selbsttätigen Einrichtungen auf den Eisenbahnen der Kernpunkt.

Von ihrer Zuverlässigkeit hängt so ziemlich alles ab: nicht nur, daß Störungen natürlich sehr seltene Ausnahmefälle bleiben müssen; darüber hinaus sollen Störungen überdies immer den Gefahrenzustand anzeigen. Für eine selbsttätige Warnanlage an Wegübergängen bedeutet dies also, daß eine Störung in den Gleisstromkreisen das Gefahrensignal hervorbringen soll, gleichgültig, ob ein Zug da ist oder nicht.

Deshalb werden die Gleisstromkreise mit Ruhestrom betrieben (Abb. 2): die Gleisrelais (1 und 2) sind, solange alles in Ordnung und kein Zug da ist, von Strom durchflossen und angezogen.

Entsteht aber irgendwo ein Fehler (Drahtbruch, Kabelstörung, Batterieschaden, loser Kontaktpunkt usw. oder aber auch ein Schienenbruch), so fällt das Relais ab, genau als ob ein Zug da war und einen Kurzschluß auf dem isolierten Gleis verursachte. Zur größeren Sicherheit sind alle Schienen- und Gleisverbindungen doppelt ausgeführt, genau wie bei dem selbsttätigen Streckenblock, eine für die Sicherheit sehr wichtige Maßnahme. Wie gesagt, ist die Zuverlässigkeit dieser Gleisstromkreise denn auch so groß, daß in dieser Anlage, die ununterbrochen unter allen Witterungsverhältnissen arbeitet, in mehr als anderthalb Jahr keine einzige Störung aufgetreten ist.

Das Anziehen und Abfallen der Gleisrelais (1 und 2) beeinflusst die Lichtsignale. Die weißen Lichter (S₁ und S₂) bekommen Strom von einem Transformator über Kontakte beider Gleisrelais in angezogener Lage mit der Bedeutung also: Kein Zug hat sich angekündigt und die Anlage ist störungsfrei.

Der Blinker*).

Der Strom für diese Lichter wird überdies über Kontakte des Blinkers geführt. Zu diesem Zweck haben die Vereinigten Eisenbahnsignalwerke in den letzten Jahren einen Apparat mit zwei U-Röhren entwickelt, in denen Quecksilber durch periodische Erwärmung von Wasserstoffgas in Schwingung gebracht wird.

Die Schwingungen in den beiden Röhren sind gegenüber einander dermaßen verschoben, daß das Quecksilber beim Auftreffen auf die im Glas eingeschmolzenen Kontaktpunkte Kombinationen für den Stromdurchgang bilden kann, so daß der Unterschied in der Blinkzahl von 45 und 90 für das weiße und das rote Licht entsteht. Überdies wird die Zeitdauer für den wirklichen Stromdurchgang äußerst klein, so daß für rot ein Verhältnis bis 1:4 und für weiß bis 1:8 erreicht werden kann: d. h. also, daß für das vorwiegend brennende weiße Licht nur während 1/9 der Zeitdauer Stromdurchgang stattfinden kann.

Der Stromverbrauch der Lichter ist dadurch sehr gering, auch der des Blinkers selbst. Eine Überlegenheit dieses Apparates über andere Bauweisen, z. B. mit Motor, besteht in dem Fehlen bewegter Teile, was bei der großen Anzahl der Blinkkreise (rund 24 Millionen jährlich) sehr wichtig ist.

*) „Die Selbsttätigkeit im Eisenbahnsicherungswesen“ von Prof. Dr. Ing. H. Arndt in „Das Stellwerk“ 1936, Nr. 3, 4, 5 und „Selbsttätige Warnanlagen an Wegübergängen in Schienenhöhe“ von G. Rehschuh in „Elektrische Bahnen“ August 1935.

Netzkontrolle.

Wenn infolge einer Störung der Strom an der sekundären Seite des Transformators fortfallen würde, fällt Relais 5 ab und schaltet selbsttätig die weißen Lichter auf Batterie B₂ um, die in Dauerladung mit einem Gleichrichter im Regelbetrieb die Gleichstromspeisung versorgt, bei Störung aber überdies für die weißen Lichter sorgt.

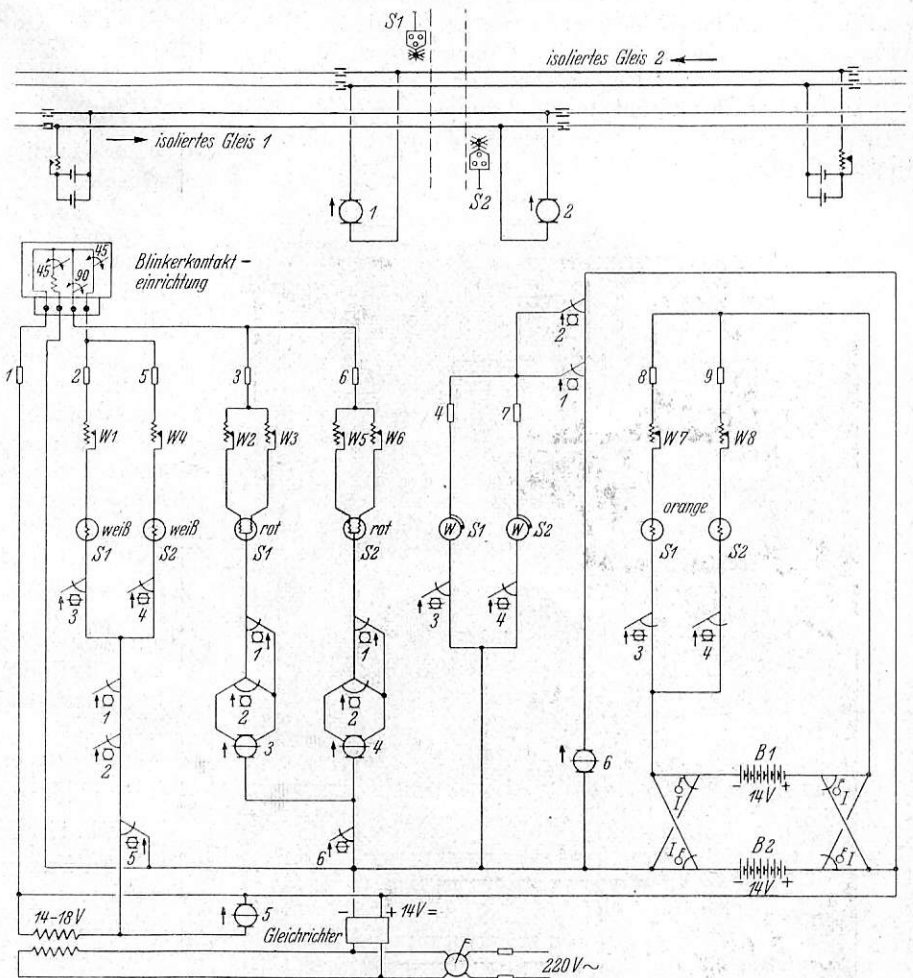


Abb. 2.

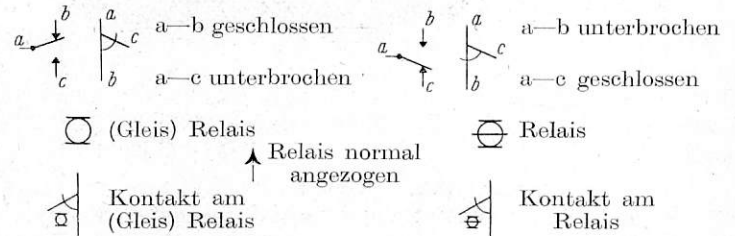


Abb. 2a. Schaltplan.

Stromkreis der roten Lichter.

Wenn ein Zug sich nähert und das isolierte Gleis (1 oder 2) besetzt, fällt Gleisrelais (1 oder 2) ab und schaltet die roten Lichter und gleichzeitig die Wecker ein und die weißen Lichter ab. Sobald der Zug das isolierte Gleis verlassen hat, zieht das Gleisrelais wieder an, die roten Lichter und die Wecker werden abgeschaltet und die weißen Lichter angeschaltet.

Eigentlich ist es nicht richtig, vom An- und Abschalten der roten Lichter zu sprechen, weil durch diese Lampen immer Strom geht. Der Grundsatz des Ruhestroms ist nämlich auch für den Stromkreis der roten Lichter durchgeführt.

Der Gedanke dabei ist, daß eine dauernde Kontrolle in diesem Stromkreis gegeben sein soll, sowohl wenn die roten Lichter brennen, als wenn sie nicht brennen. Darum sind die Relais 3 und 4 in diese Stromkreise eingeschaltet: Relais, die immer angezogen sein sollen als Beweis, daß Strom vorhanden ist und also der Stromkreis in Ordnung ist. Die Stromstärke aber muß normal, wenn kein Zug angekündigt wird, so klein sein, daß die roten Lampen dabei nicht leuchten; um dann, wenn ein Zug sich ankündigt, dermaßen zu wachsen, daß die Lampen aufleuchten. Die Relais 3 und 4 sind dazu mit zwei Wicklungen ausgerüstet: eine von hohem und eine von geringem Widerstand.

Im Ruhezustand sind die Wicklungen von hohem Widerstand eingeschaltet, und zwar über Kontakte der angezogenen Gleisrelais, die Stromstärke ist dabei gering. Wenn ein Zug sich

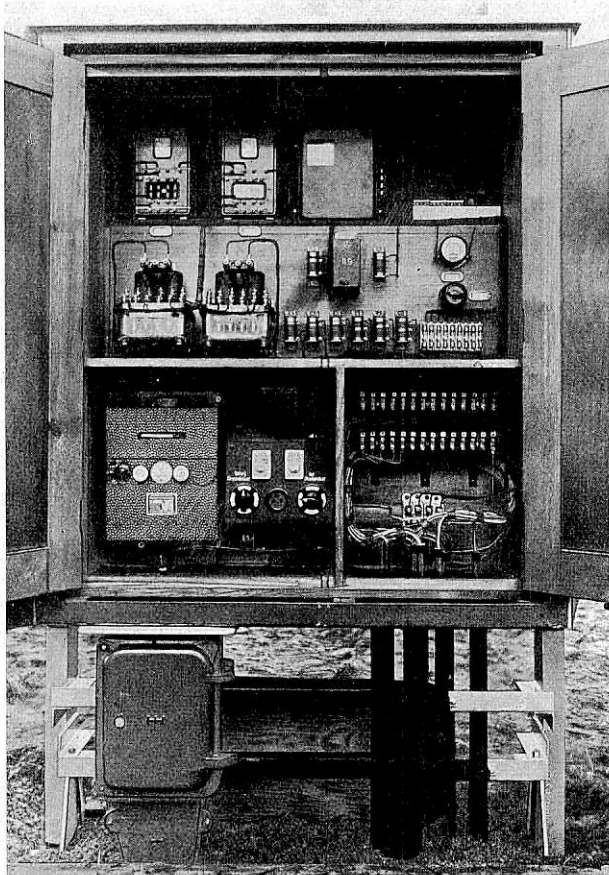


Abb. 3.

ankündigt, werden die Wicklungen von niederem Widerstand eingeschaltet, so daß die roten Lichter jetzt aufleuchten.

Die orangefarbenen Störungslichter.

Wenn aber, aus irgend einem Grund, in dem Stromkreis eines roten Lichtes der Strom aufhört, fällt das Relais 3 oder 4 ab und schaltet das zugehörige orangefarbene Störungslicht an, das getrennt von der ganzen Anlage aus einer Reservebatterie (B_1) gespeist wird. Die Batterien B_1 und B_2 werden jeden Monat einmal durch das Umlegen eines Schalters vertauscht, so daß man immer die Sicherheit hat, daß die Reservebatterie in Ordnung ist. Wenn auf diese Weise ein orangefarbenes Störungslicht in Betrieb gekommen ist, bleibt immer noch das Signal auf der anderen Seite der Bahn mit seinem Rücklicht und dem Wecker für die Ankündigung der Züge in Bereitschaft.

Störung in den Gleisstromkreisen.

Eine Störung im Stromkreis einer roten Lampe schaltet also, wie wir gesehen haben, das orangefarbene Störungslicht

ein: es ist erwünscht, daß dies auch geschieht, wenn ein Gleisstromkreis gestört ist. So ohne weiteres ist das nicht der Fall, weil dann durch das Abfallen des Gleisrelais die roten Lichter brennen.

Diese Lichter würden jetzt brennend bleiben und die Wecker würden fortwährend klingeln, auch ohne daß ein Zug sich nähert, bis die Störung im Gleisstromkreis aufgehoben wäre. Dies ist lästig und würde zum Vorüberfahren am roten Licht führen.

Darum ist noch ein Zeitrelais (6) vorgesehen, das für gewöhnlich durch Kontakte der angezogenen Gleisrelais 1 und 2 eingeschaltet ist. Wenn eins dieser Relais abfällt, wird der Stromkreis durch das Zeitrelais abgeschaltet. Der Quecksilberkontakt dieses Relais arbeitet jedoch nur zeitlich beschränkt, da er auf eine bestimmte Zeitdauer, z. B. 2 bis 3 Minuten eingestellt ist. Nach Verlauf dieser Zeit unterbricht dieser Kontakt den Stromkreis der roten Lichter und den der Wecker, so daß die Relais 3 und 4 abfallen und die orangefarbenen Störungs Lampen eingeschaltet werden.

Die Regulierung des Zeitrelais hängt ab von der größten Zeitdauer, während der ein Zug das isolierte Gleis besetzt: sonst würde, während z. B. ein langer und langsamer Zug das isolierte Gleis befährt, das rote Blinklicht gänzlich unnötig in das orangefarbene Störungslicht umgewandelt werden. Umgekehrt soll auch nicht das rote Blinklicht bei Störung lange Zeit brennen, ohne daß ein Zug sich nähert, um das Zutrauen zu der guten Wirkung nicht zu mindern. Darum ist eine Zeitdauer von ungefähr $2\frac{1}{2}$ Minuten gewählt. Übrigens ist das Auftreten des orangefarbenen Störungslichtes, während ein Zug bei Sonderumständen sich noch auf dem isolierten Gleis befindet, in Ausnahmefällen unbedenklich*), weil das Störungslicht jedenfalls Achtung bedingt und weil, sobald der Zug das isolierte Gleis verlassen hat, alles sich selbsttätig wieder herstellt, also das weiße Blinklicht wieder in Erscheinung tritt.

Bestimmung der Zeitdauer der Ankündigung.

In Zusammenhang hiermit kann auch noch etwas gesagt werden über die Ankündigungsdauer, d. h. über die Festsetzung der Zeit, die einem Zug zur Ankündigung gelassen werden muß.

Diese Zeitdauer hängt in erster Linie ab von der Zeit, die das langsamste und dabei längste Straßenfahrzeug, das an Ort und Stelle zu erwarten ist, braucht, um vom Lichtsignal über die ganze Bahn hinweg wieder außerhalb des Gleisbereiches zu gelangen (diese Zeit ist größer wie für einen Fußgänger). Mit verschiedenen Zuschlägen für das Beobachten des Signals, den Entschluß darauf und mit einem gewissen Spielraum kommt man auf 27 Sek., übereinstimmend mit einem Ankündigungsabstand in Meter**) von $7,5 V$ (V ist in km/h die Geschwindigkeit des Zuges).

Für V ist die größte Geschwindigkeit zu wählen, mit der ein Zug über den Wegübergang fahren darf (in Steenwijk 90 km/h), so daß hier der Ankündigungsabstand $7,5 \times 90 = 675$ m ist. Nur der Zug mit der größten Geschwindigkeit fängt also 27 Sek. vorher an sich anzukündigen, alle anderen Züge noch früher als 27 Sek.

Dies kann man als einen Nachteil betrachten, weshalb denn auch schon Ankündigungsanlagen ausgeführt wurden, bei denen die wirkliche Geschwindigkeit des Zuges maßgebend

*) Da es jedoch nicht erwünscht ist, daß, obschon keinerlei Störung da ist, das Störungslicht erscheint, wird jetzt versucht diese Zeitdauer auf 5 bis 6 Minuten zu erhöhen.

**) Hingewiesen sei auf „Die selbsttätigen Warnanlagen an Wegübergängen bei der Deutschen Reichsbahn“ von Reichsbahnrat Lütgert in „Stellwerk“ 1935, Nr. 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14.

mitwirkt, ähnlich wie bei der selbsttätigen Zugbeeinflussung die Schnelligkeit des Zuges Einfluß ausübt.

Selbstverständlich wird die Sache dadurch nicht einfacher und billiger, weder in der Ausführung noch in der Unterhaltung. Es ist dann auch nicht möglich, mindestens nicht bei dem

jetzigen Stand der Erkenntnisse mit solchen Einrichtungen einen so hohen Grad der Zuverlässigkeit zu erreichen, wie es bei der beschriebenen Anlage bei Steenwijk der Fall ist. Vorläufig scheint es immer noch empfehlenswert zu sein, vor allem diese hohe Zuverlässigkeit in den Vordergrund zu stellen.

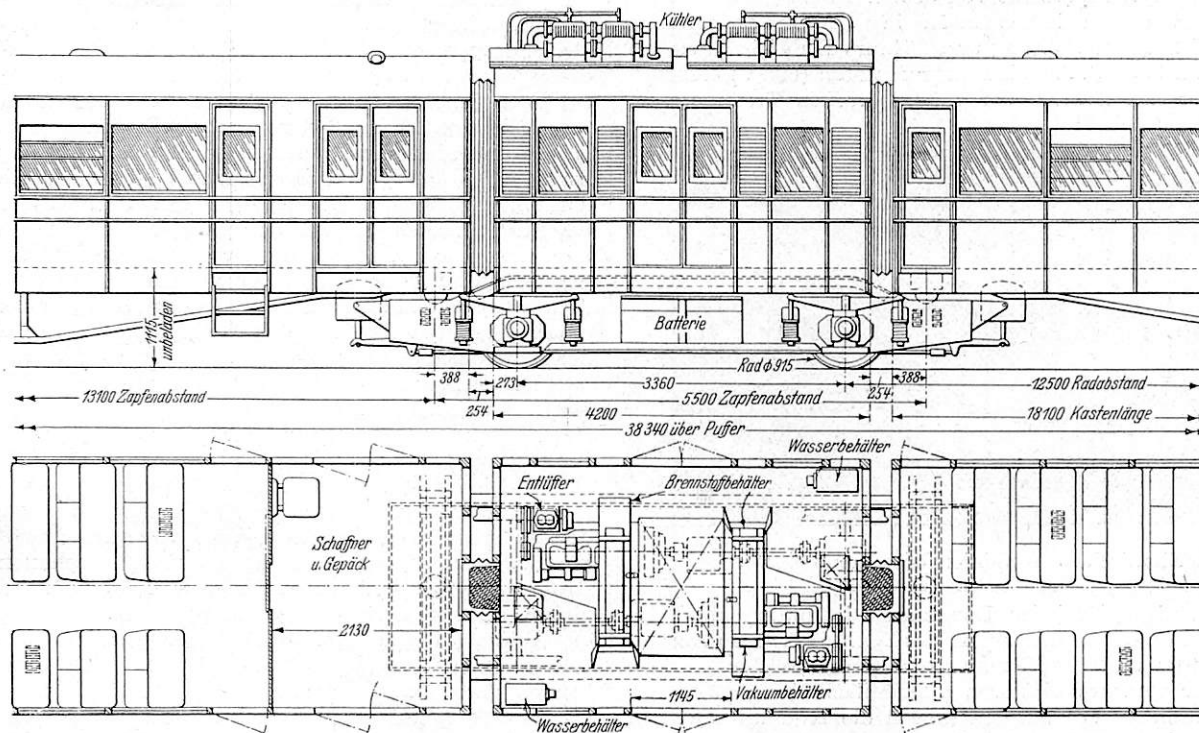
Rundschau.

Lokomotiven und Wagen.

Dieseltriebwagen der Irischen Nordbahn.

Die „Great Northern Railway of Ireland“ hat seit 1936 einige Dieseltriebwagen in Dienst gestellt, die sich durch die Anordnung der Maschinenanlage von der üblichen Bauart unterscheiden, mit der die Bahn jedoch gute Erfahrungen gemacht hat. Es sind Doppelwagen mit einem Maschinendrehgestell in der Mitte. Die Gesamtlänge des Wagenzuges beträgt rund 38 m. Das Gewicht des leeren Zuges beträgt rund 41 t, das des vollbesetzten Zuges rund 52 t. Von dem genannten Dienstgewicht von 41 t ruhen rund 22 t auf dem mittleren Maschinendrehgestell.

Wagenkästen dient. Diese Wagenkästen haben unter ihren, dem Maschinendrehgestell benachbarten Enden in der Kastenmitte Drehzapfen, die in halbkugelig durchgebildete Auflager eingreifen. Diese Auflager werden im Maschinendrehgestell in senkrechten Führungsschienen geführt und ruhen auf quer zur Fahrtrichtung angeordneten Blattfedern. Mit dieser Anordnung wird erreicht, daß Stöße und Erschütterungen des Maschinendrehgestells nicht direkt auf die Fahrgasträume übertragen werden. Darüber hinaus sind Gummipuffer vorgesehen, die den Zweck haben, seitliche Anlaufstöße der Räder weitgehendst zu dämpfen.



Dieseltriebwagen der Irischen Nordbahn.

Der Radstand aller drei Drehgestelle beträgt einheitlich 3650 mm bei einem Raddurchmesser von 915 mm. Es sind 8 Plätze I. Klasse, 51 Plätze II. Klasse und 105 Plätze III. Klasse vorhanden. Die Wagen wurden in den „Dundalk“-Werken der Gesellschaft gebaut. Die Abbildung zeigt das Maschinendrehgestell und die Auflagerung der Wagenkästen.

Das Maschinendrehgestell trägt zwei „Gardner“-Dieselmotoren von je 102 PS bei einer Drehzahl von 1700 Umdr./Min. Jeder dieser Motoren treibt über eine hydraulische Kupplung und ein mechanisches Fünfganggetriebe je eine Achse des Drehgestells. Bei den einzelnen Gangstufen werden folgende Geschwindigkeiten erreicht: 19, 24, 39,5, 56 und 77,5 km/Std. Die Schaltung des Getriebes erfolgt auf elektro-pneumatischem Wege, während die Füllungsverstellung der Brennstoffpumpen der Dieselmotoren vom Führerstand aus durch Gestänge betätigt wird. Die Wendegetriebe sitzen auf den Treibachsen.

Wie bereits erwähnt, sind beide Maschinenanlagen, die einschließlich Auspufftopf, Kühler usw. vollständig voneinander getrennt sind, in einem besonderen Maschinendrehgestell untergebracht. Über diesem Drehgestell befindet sich ein Wagenkasten, der mit den Wagenkästen der beiden Fahrgastwagen durch Übergangsbrücken und Faltenbälge verbunden ist. Es ist also ein Maschinenwagen, wobei das Maschinendrehgestell — wie in England überwiegend ausgeführt — gleichzeitig als Jakobsdrehgestell ausgebildet ist, d. h. als Auflager für die beiden angrenzenden

Als Vorteil dieser Anordnung eines besonderen Maschinenwagens wird einmal die höhere Achsbelastung der Achsen des Maschinenwagens angeführt. Dabei wird diese Anordnung wohl mit einem Doppelwagen — zwischen beiden Hälften ein Jakobsdrehgestell — verglichen, bei dem sich die Maschinenanlagen unter den Wagenkästen in Fahrzeugmitte befinden. Für diesen Fall würde sich das Gewicht der Maschinenanlagen anteilmäßig auf die benachbarten Drehgestelle verteilen. Infolge dieser Gewichtsanhäufung — wie eingangs erwähnt, beträgt die Belastung der Achsen des Maschinendrehgestells 11 bis 12 t je Achse gegenüber etwa 5 t bei den äußeren Drehgestellen — kommt selbst bei der ungünstigsten Witterung ein Schleudern der Achsen — so wird behauptet — nicht in Frage. Auf Sandstreuer scheint demnach verzichtet werden zu sein. Als weiterer Vorzug der Anordnung eines Maschinenfahrzeugs wird die vollständige Trennung der Fahrgasträume vom Motorenraum angegeben. Der Schutz der Fahrgäste vor dem Motorenlärm und dem Ölgeruch ist hier zweifellos wirksamer als es bei nur einer Zwischenwand trotz bester Isolierung möglich ist.

„Engineering“, April 1938.

Boettcher.

Amerikanische Stromlinien-Diesellokomotiven.

Im Sommer 1936 wurden auf den Strecken von Chicago nach der pazifischen Küste zwei Dieselstromlinienzüge eingesetzt, die diese Strecken in 39 $\frac{3}{4}$ Std. durchfahren. Beide

Züge (City of Los Angeles und City of San Francisco) bestanden aus einer dieselelektrischen Doppellokomotive und neun Wagen. Der steigende Verkehr und die wachsende Beliebtheit erforderten schon nach verhältnismäßig kurzer Verkehrszeit den Ersatz dieser Züge durch stärkere Einheiten. Die neuen Züge, die die gleichen Namen führen, setzen sich aus 14 Wagen mit einem Gesamtdienstgewicht von rund 800 t zusammen. Die neuen Diesellokomotiven (siehe Abb.) — die stärksten der Welt — sind aus drei Teilen gebildet mit einer Gesamtleistung von 5400 PS. Jede dieser Teillokomotiven stellt in bezug auf die Kraftanlage ein geschlossenes Ganzes dar, ist also in der Lage, Rangiermanöver selbständig durchzuführen. Aufbau und Anordnung der Maschinenanlage ist bei allen Teillokomotiven gleich. Lediglich der Kastenaufbau des führenden Lokomotivteils ist stromlinienförmig durchgebildet. Jede Teillokomotive hat zwei vollständig voneinander unabhängige Maschinenanlagen, die aus einem 900 PS-Dieselmotor mit den dazugehörigen Brennstoff-, Kühl- und Schmieranlagen, dem Hauptgenerator mit Erregermaschine und den erforderlichen Überwachungsanlagen bestehen. Außerdem hat jeder Lokomotivteil Brennstoffbehälter für 5500 l und für die Zugheizung einen Wasservorrat von 5000 l.

Die Dieselmotoren haben zwölf in V-Form angeordnete Zylinder. Bei 200 mm Bohrung und 254 mm Hub leisten sie bei 750 Umdr./Min. 900 PS. Die Hauptgeneratoren (600 V) erzeugen den Strom für den Antrieb der 450 PS starken Treibmotoren.



Amerikanische Stromlinien-Diesellokomotive.

Die Kühlanlage für jeden Dieselmotor ist unter dem Dach aufgehängt, und zwar an den Teilen des Daches, die zum Ausbau des Dieselmotors und des Generators entfernt werden können. Die Größe der wasserdurchflossenen Kühlfläche beträgt 4,8 m². Im Dach befindliche Ventilatoren saugen die Kühlluft durch in den Seitenwänden des Kastenaufbaues angeordnete Öffnungen und drücken sie nach oben hinaus. Zu jeder Kühlanlage gehören drei Ventilatoren von je 660 mm Durchmesser. Zur Regelung der Kühlwirkung sind Spaltklappen vorgesehen, die durch Thermostaten oder auch von Hand betätigt werden. Wird der Dieselmotor abgestellt, so schließen sich die Spaltklappen selbsttätig und der Wasserinhalt des Kühlers entleert sich in den Vorratsbehälter. Für die Zugheizung ist ein sich selbst regelnder Dampfkessel vorgesehen, der in der Stunde 1000 kg Dampf gibt. Er dient auch zur Heizung der Führerstände und zur Vorwärmung des Kühlwassers der Dieselmotoren. Die Wagen werden außerdem noch elektrisch geheizt. Die Kompressoranlage besteht aus sechs zweistufigen Kompressoren. Jeder Kompressor wird durch Riemen von der Welle eines Hauptgenerators mit 750 Umdr./Min. angetrieben. Der Zylinderinhalt der sechs Kompressoren beträgt 2250 l.

Der Kastenaufbau der Lokomotive besteht aus einer geschweißten Stahlkonstruktion. Die Seitenwände sind mit Sperrholz verkleidet. Das Gesamtgewicht der Lokomotive (drei Teile) beträgt 398 t. Jeder Lokomotivteil ruht auf zwei dreiaxigen Drehgestellen, deren Endachsen von je einem 450 PS starken Motor angetrieben werden. Gekühlt werden die Treibmotoren durch Gebläse, die im Boden des Maschinenraumes über den Drehgestellzapfenträgern angebracht sind. Der Achsdruck der Treibachsen beträgt 22,4 t, der der Laufachsen 21,6 t. Der feste Radstand der Treibgestelle ist 4,22 m. Die Rahmen der Drehgestelle und die Pendelwiegen sind aus Spezialgußstahl, die übrigen

Versteifungen aus Schweißkonstruktionen hergestellt. Die Räder mit einem Durchmesser von 910 mm sind aus Walzisen mit hohem Molybdän- und geringem Kohlenstoffgehalt hergestellt.

Gute Laufeigenschaften bei hohen Geschwindigkeiten — insbesondere beim Befahren von Kurven — werden durch ein gut durchgebildetes Lastabfederungssystem erreicht. Die Lastübertragung vom Wagenkasten auf die Achsen erfolgt durch eine Wiegenanordnung, deren seitliche Ausschläge durch hydraulische Stoßdämpfer aufgenommen werden.

Die Führerstände und das Äußere der Lokomotive sind der Aufmachung des ganzen Zuges angepaßt. Die Bedienung der Lokomotive ist einfach. Der Führer hat nur den Fahrshalter und die Bremse zu bedienen. Der Fahrshalter beeinflußt auf elektro-pneumatischem Wege die Regler aller Dieselmotoren (Vielfachsteuerung!). Die Steuerung bietet also nicht Neues. Die Überwachungsinstrumente der beiden Dieselanlagen jedes Lokomotivteils sind im dortigen Bedienungsstand zusammengefaßt. Im vorderen Führerstand sind nur die unbedingt notwendigen Instrumente angebracht. Diese Regelung ist notwendig, weil es für den Fahrer unmöglich ist, die Instrumente aller sechs Kraftanlagen zu überblicken und dabei auf die Strecke zu achten. Anlagen dieser Größe machen daher stets weiteres technisches Bedienungspersonal erforderlich. Erwähnt sei noch ein Schalter, der in jedem Überwachungsabteil für jeden Motorsatz vorhanden ist. Der Schalter hat eine Ein- und eine Ausstellung. In der Ausstellung öffnet er alle Überwachungskreisläufe dieser Motorenanlage und setzt die Drehzahl des Diesels auf Leerlaufdrehzahl herab. Die andern Motorenanlagen bleiben unberührt. Außer den üblichen akustischen und optischen Alarmvorrichtungen, die bei Ausbleiben des Schmieröldruckes, bei zu hoher Kühlwassertemperatur oder bei Störungen am Dampfkessel ansprechen, ist vorgesehen, daß bei jeder Druckverminderung in der Bremsleitung, sei es durch Ansprechen der Zugüberwachungsanlage oder durch Betätigung des Bremshebels durch den Führer, die Drehzahl der Motoren auf Leerlaufdrehzahl herabgesetzt wird.

Der Kraftbedarf für die Beleuchtung der Wagen, für die Belüftungseinrichtung, für Rundfunk, Telefon usw. wird von einer besonderen Kraftanlage geliefert, die in dem ersten der Lokomotive folgenden Wagen untergebracht ist. Hier sind zwei 600 PS-Dieselmotoren aufgestellt. Die mit ihnen gekuppelten Generatoren liefern dreiphasigen Wechselstrom von 220 V. Außerdem steht hier noch eine Batterie von 710 Ah und 64 V Spannung. Für die Ladung der Batterie ist ein 12 kW-Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer vorhanden, der seine Spannung dem Netz entnimmt. Der Gleichstrom ist für die Kontrollapparate und für die Notbeleuchtung erforderlich. Außerdem ist im letzten der 14 Wagen des Zuges eine 175 Ah-Batterie (64 V Spannung) vorhanden, deren Ladung auch mit Hilfe eines Gleichrichters möglich ist. Man kann sich einen Begriff von diesen echt amerikanischen Verhältnissen machen, wenn man hört, daß für die Beleuchtung eines einzigen Wagens allein 7 kW erforderlich sind, für den ganzen Zug allein für Beleuchtung 76 kW. Der Bedarf an elektrischem Strom für die Kühlanlage beträgt 212 kW, der Gesamtbedarf im Sommer 305 kW, im Winter 516 kW. Es braucht nicht betont zu werden, daß aber auch alles vorhanden ist, wozu nur irgend elektrischer Strom verwendet werden kann, angefangen von Rundfunkapparaten in allen Tagesräumen bis zu Steckdosen für elektrische Rasierapparate und Brennscheren in allen Schlafkabinen.

Der Kastenaufbau der Wagen zeigt eine sehr starke Verwendung von Leichtmetallen, insbesondere von Aluminiumlegierungen. Der Kastenrahmen und alle stark beanspruchten Teile sind aus hochwertigem Stahl in Schweißkonstruktion hergestellt. Die Seitenwände, alle Pfosten, Säulen sowie das Dach bestehen aus Aluminiumlegierungen. Auf dem Kastengrundrahmen liegt gewelltes Aluminiumblech, dessen Vertiefungen mit Korkstreifen ausgefüllt sind. Darüber liegt eine 2½ cm starke Korksicht und darüber der eigentliche Fußbodenbelag. Seiten- und Stirnwände sowie das Dach sind gut isoliert. Herunterklappbare Stufen erleichtern den Zu- und Abgang der Fahrgäste. In geschlossenem Zustand schließen Türen und Stufen glatt mit den Seitenwänden ab. Die Zwischenräume zwischen den Wagen sind in Fortsetzung der glatten Seitenwände und des runden Daches durch Gummischürzen abgeschlossen. Ebenso umhüllen Gummischürzen die Übergangsbrücken für die Fahrgäste.

Die zwei- bzw. dreiachsigen Drehgestelle haben, wie in Amerika üblich, Rahmen aus Spezialgußstahl. Die Übertragung des Kastengewichtes auf die Achsen mit den üblichen Wiegenanordnungen erfolgt über eine dreifache Federung. Der Achsstand der zweiachsigen Drehgestelle ist 3,56 m.

Jeder Wagen ist mit einem 1 PS starkem Luftgebläse ausgerüstet, das den Innenräumen 500 bis 675 m³ Frischluft/Min. zuführen kann. Das bedeutet ungefähr eine 3 bis 4malige Luftumwälzung/Min. Der Lufteintritt zum Wageninnern erfolgt durch entsprechende Deckenöffnungen. Sämtliche Wagen werden durch Dampfheizkörper geheizt, die sowohl unter dem Fußboden als auch in der Deckenkonstruktion angebracht sind. Den Dampf liefert der bereits erwähnte Dampfkessel in der Lokomotive. Zusätzlich sind alle Wagen mit elektrischer Heizung versehen, deren Heizdrähte ebenfalls in der Dachkonstruktion eingebaut sind. Darüber hinaus hat der letzte Wagen dieses Luxuszuges, der Aussichtswagen, noch elektrische Fußbodenheizung. Die für die elektrische Heizung aufgewendete Leistung beträgt 28 kW/Wagen. Die Regelung der Temperatur geschieht durch Thermostaten. Kühlanlagen in jedem Wagen sollen die Temperatur von 17 bis 23° C bei einer Außentemperatur von 21 bis 45° C gewährleisten.

Wie bereits erwähnt, besteht der ganze Zug aus 14 Wagen. Der der Lokomotive folgende Wagen, in dem — wie erwähnt — die beiden Dieselanlagen für Beleuchtung, Heizung usw. untergebracht sind, hat eine Gesamtlänge von 28 m. Der Motorenraum ist 11 m lang, der folgende Gepäckraum 8 m. Der restliche Teil von 9 m Länge ist für Schlafräume für die 18 Mann starke Besatzung des Zuges verwendet. Dann folgt ein Tagesaufenthaltswagen für Damen, ein solcher für Herren, zwei Speisewagen (die Hälfte eines dieser Wagen nimmt die Küche ein), ein Salonwagen, sechs Schlafwagen und endlich der Aussichtswagen, ein Salonwagen mit Rückaussicht auf den Schienenweg. Alles in allem ein Zug von der stattlichen Länge von rund 320 m, einem Gesamtverkehrsgewicht von 780 t bei einem Fassungsvermögen von 245 Fahrgästen!

Auf die Ausstattung sei hier nicht näher eingegangen. Sie entspricht, was Eleganz und Luxus anlangt, den in der vorigen Nummer beschriebenen amerikanischen Luxuszügen.

Boettcher.

Rly. Age, Januar 1938.

Die Henschel-Lenkachse.

In Ergänzung unseres Berichtes über die rumänische 4000 PS-Diesellokomotive (Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1938, S. 233) bringen wir noch Angaben über die eigenartige konstruktive Ausbildung der Lenkachsführung.

Wegen des benachbarten Tatzenlagermotors war es nicht möglich, die Laufachse in einem Bisselgestell zu führen. Die Führung der Achslagergehäuse in bogenförmigen Gleitflächen nach Adams wollte man nicht anwenden, weil hier bei windchiefer Gleislage Klemmungen nicht ausgeschlossen sind. So entwickelte die Firma Henschel die folgende sinnreiche Anordnung, die dem Bisselgestell kinematisch gleichwertig ist und an Stelle des Raumes neben der Achse den Raum über ihr in Anspruch nimmt. Die gleiche Anordnung ist übrigens auch an zwei elektrischen Versuchslokomotiven der Gattung 1' Co 1' der Deutschen Reichsbahn, wo gleichartige Verhältnisse vorlagen, schon früher zur Anwendung gekommen.

Betrieb in technischer Beziehung; Signalwesen.

Betrachtungen über die Arbeit des Sicherungstechnikers.

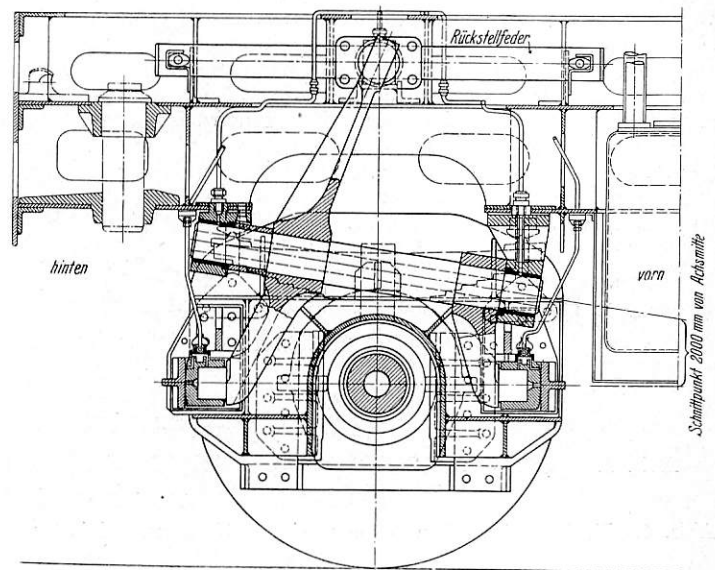
Der erste Gehilfe des Leiters für das Sicherungswesen der Großen Westbahn, G. H. Crook, hat vor der Vereinigung der Eisenbahnsignaltechniker (I. R. S. E.) einen Vortrag gehalten, dem wir nach einem Bericht der Railway Gazette vom 25. Februar 1938 folgende Einzelheiten entnehmen:

Von einer Vereinigung von Signaltechnikern erwartet man, daß sie sich auf ihr Sondergebiet beschränkt, in diesem Fall also das Eisenbahnsicherungswesen. Man sollte sich aber der Gefahr zu enger Beschränkung bewußt sein, die auch in der Vergangenheit schon oft verurteilt worden ist: Gemeinschaftsarbeit ist der moderne Gedanke. In dieser Beziehung muß in Zukunft noch mehr gesehen als bisher. Unser sichtbares Signalsystem sollte im

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXXV. Band. 24. Heft 1938.

Über der Laufachse ist in der senkrechten Längsmittlebene der Lokomotive und in einer bestimmten Neigung zur Grundfläche eine Welle drehbar im Lokomotivrahmen gelagert (s. Abb.). Auf diese Welle ist ein einarmiger und ein zweiarmer Hebel aufgeschraubt, die mit ihren zapfenartig ausgebildeten Enden in Lager eingreifen, die im Lenkgestellrahmen achsbuchsenähnlich durch senkrechte Gleitflächen geführt werden. Das obere Ende des zweiarmligen vorderen Hebels ist kugelförmig ausgebildet. Hier greifen Rückstellfedern an.

Die Verlängerung der Mittellinie der im Lokomotivrahmen befestigten drehbaren Welle und die Verbindungslinie der Mittellinien der beiden Zapfen der um die genannte Welle drehbaren Hebel schneiden sich in einem Punkt. Zu erwähnen ist noch, daß bei Mittelstellung des Lenkgestells die genannten Lenkgestellhebel in der senkrechten Längsmittlebene der Lokomotive liegen



und daß sich dann die Zapfenlager in Laufachshöhe befinden. Der Abstand des genannten Schnittpunktes von der Laufachse ist durch den Neigungswinkel der drehbaren Welle und durch deren Höhenabstand von der Grundebene bestimmt.

Beim Einlaufen in eine Kurve verläßt das Lenkgestell seine Mittelstellung. Die Zapfen der Lenkhebel bewegen sich — da sie in senkrechter Richtung im Lenkgestell geführt werden, also in dieser Richtung sich frei bewegen können — um die Mittellinie der drehbaren Welle auf einem Kegelmantel, dessen Spitze der eingangs genannte Schnittpunkt ist. Der Lenkgestellausschlag ist durch die senkrechte Projektion der Verbindungslinie der beiden Zapfenmittellinien bestimmt. Da diese Projektionsebene aber die senkrechte Längsmittlebene der Lokomotive in einer senkrechten Linie schneidet, die durch den erwähnten Schnittpunkt geht, so ist dieser Schnittpunkt der ideale Drehpunkt des Lenkgestells. Das Lenkgestell ist also in seiner Wirkungsweise dem Bisselgestell gleich. Es wird zweckmäßig verwendet, wo aus konstruktiven Gründen die Deichsel des Bisselgestells nicht untergebracht werden kann.

Boettcher.

großen ganzen als Spiegel des Gleises angesehen werden, sowohl was dessen Form als auch seine Besetzung betrifft, und als Versuch, dem Geiste des Lokomotivführers die Verhältnisse des Gleises nahe zu bringen.

Ihre Hauptentwicklung erfuhren unsere heutigen verwickelten Gleispläne etwa in den letzten 50 Jahren als Folge der Vermehrung der Bahnsteige, Vergrößerung der Bahnhöfe und Vermehrung der Streckengleise: All dies hat unmittelbaren Einfluß auf die Entwicklung des Sicherungswesens gehabt.

Die Einzelheiten der Gleispläne der Bahnhöfe und Abzweigungen beruhen auf einer Vielzahl von Bedingungen. Die physikalischen Bedingungen sind die ursprünglichen: Flüsse und Täler, Berge und Geländegestaltung; dazu kommen die vom Menschen

aufgelegten Entwicklungsbedingungen: Städte, Fabriken, Dörfer, Häfen. Der Einfluß des Handels und Verkehrs erfordert an einen Ort mehr Weichen und Kreuzungen als an einem andern, und zwar vielfach sind sie gerade, wo sie am nötigsten sind, am schwierigsten zu schaffen. An wichtigen Betriebsknotenpunkten, umgeben von wertvollem Grundeigentum, muß der Gleisplan am leistungsfähigsten sein.

Alle Gleispläne vom einfachen Kreuzungsgleispaar bis zum Riesenbahnhof sind in Wirklichkeit aus wenigen einfachen Urbestandteilen zusammengesetzt: Aus der einfachen Weiche, der Kreuzung, der einfachen oder doppelten Kreuzungsweiche, der doppelten Gleisverbindung. Diese kann mit doppelten Kreuzungsweichen verbunden werden.

An einer Reihe von Beispielen, vom einfachen zum verwickelten fortschreitend, wird dann dargetan, daß die Lage der Weichen zuweilen einen wesentlichen Einfluß auf die Art und Geschwindigkeit der Betriebsführung und die Signalgebung hat. Man erfährt z. B. daß man früher der Spitzweiche in England sehr abgeneigt war, so daß man eine Gleiskreuzung in Kauf nahm, um eine Spitzweiche zu vermeiden, wie z. B. in dem in Abb. 1 dargestellten einfachen Fall eines Kreuzungsgleispaars mit angehängtem Nebengleis. Diese Gleisanordnung wird jetzt nach Abb. 2 ausgeführt, wo die eine Stumpfweiche mit der Kreuzung durch eine Spitzweiche ersetzt wird, was für Beschaffung und Unterhaltung wirtschaftlicher ist.

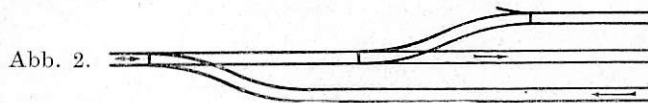
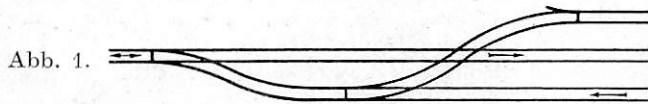


Abb. 1. Frühere Ausführungsform eines Kreuzungsgleises mit Nebengleis; nur eine Spitzweiche.

Abb. 2. Neuzeitliche Ausführung mit zwei Spitzweichen, aber ohne Kreuzung.

Bei schnell zu befahrenden Gleisverbindungen wird auch von sehr spitzen Kreuzungen mit beweglichen Herzstückspitzen (movable elbows) Gebrauch gemacht.

An dem Beispiel eines Ausschnitts aus dem Gleisplan von Brüssel Nord, in dem der Stellwerksbezirk am Bahnsteigende wiedergegeben wird, zeigt der Verfasser, daß die Gestaltung Formen annehmen kann, die für Unterhaltung und Sicherung fast unmögliche Aufgaben stellen (Abb. 3). Zweifelloß möchte der Betrieb am liebsten bei allen Gleisplänen die Anpassungsfähigkeit einer Eisbahn verwirklicht sehen, wenn die Kostenfrage die Forderungen nicht eindämmte.

Merkwürdige Punkte entstehen zuweilen in den Gleisplänen durch das Umgehen eines Stellwerkgebäudes, eines Wasserturms oder -Krans. Manche schlimme Verwickeltheit findet man in Gleisplänen, deren Einzelheiten nicht aus Einheitsformen gebildet wurden. Man sieht sie besonders in der Nähe von Fabriken, Bergwerken, Häfen, wo die Entwurfsbearbeiter anscheinend früher keine Hemmungen kannten. Vom Standpunkt der Einheitsbauformen aus gesehen, müssen manche dieser alten Lagepläne dem Ingenieur Alldrücken verursachen.

Es ist zu bedauern, daß man z. B. schienenfreie Gleiskreuzungen bei den großen Kopfbahnhöfen heute kaum mehr anwenden kann, weil diese zu sehr eingebaut sind.

Wegen der gewaltigen Kosten der Streckenverzweigungen empfiehlt der Verfasser enge Zusammenarbeit zwischen dem Betriebsmann und dem Entwurfsbearbeiter. Es gibt da keine strengen Regeln; jede Lage muß einzeln geprüft werden.

Man kann nur mit Sorge der Wirkung entgegensehen, die die ständig zunehmende Beleuchtung an den öffentlichen Straßen ausübt, die die Bahnstrecken berühren. Da sieht man Lichter von grünlicher Farbe, verbunden mit der Lichtfülle der Reklamezeichen, oftmals ein jazzartiges Durcheinander fast aller Regenbogenfarben.

Die Farben Rot und Grün und möglichst auch Gelb sollten dem Verkehr auf dem Land, der See und in der Luft vorbehalten bleiben. Die langen Jahre des Gebrauchs dieser Farblichter auf der Eisenbahn sollten ihr ein Vorrecht dafür einräumen. Der Lokomotivführer sollte in jeder vernünftigen Weise vor der Ablenkung seiner Aufmerksamkeit durch fremde Einflüsse geschützt werden*).

Eine andere Schwierigkeit bieten dem Sicherungstechniker oder — vom deutschen Standpunkt aus gesehen — dem Fernmeldetechniker die Hochspannungskreuzungen. Die englische Vorschrift, daß die Freileitungen der Eisenbahn bei Kreuzungen mit 132 kV-Leitungen und bei Annäherungen an sie zu kabela sind, verursacht, daß insbesondere die Fernleitungen der Eisenbahn förmlich zerfetzt werden. Jeder Übergang von Freileitung auf Kabel und umgekehrt ergibt Unterhaltungs- und Übertragungsschwierigkeiten. Man sollte der Eisenbahn das Recht auf Freileitungen auf ihrem Gebiete zugestehen. „Die Eisenbahnen sind für das Leben der Reisenden verantwortlich, wogegen die Stromversorgung nur der Bequemlichkeit dient; oder hat schon das Versagen der Stromversorgung einen tragischen Fall verursacht?“

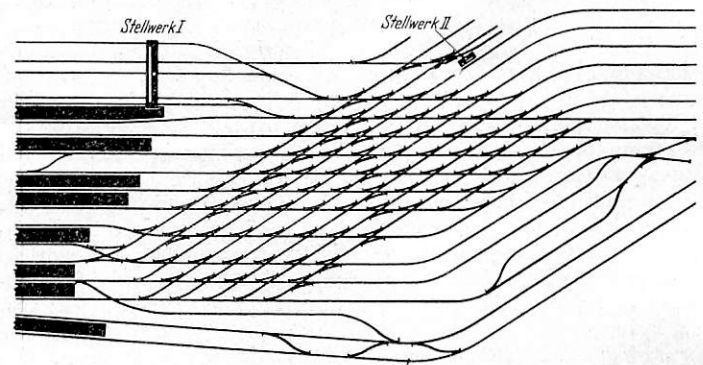


Abb. 3. Verwickelter Gleisplan mit zahllosen Fahrmöglichkeiten.

Der Verfasser bedauert das Fehlen einer einheitlichen Signalordnung, noch mehr aber, daß nicht einmal die einheitliche Stellung der Signale und des Lokomotivführers auf der Lokomotive erreicht ist, der z. T. rechts, z. T. links steht. Das Bedauern wird besonders verstärkt, weil auf die Eisenbahnen ein Druck wegen Steigerung der Geschwindigkeit ausgeübt wird.

Wenn man nach den Berichten der Fachpresse urteilen wollte, hätten die Signaltechniker nur noch mit hochgezüchteten Kraftstellwerken zu tun; das stimmt aber ganz und gar nicht. Die Unterhaltungskosten für alle Sicherungs- und Fernmeldeanlagen der vier englischen Eisenbahngesellschaften betragen 2,5 Millionen Pfund. Die Zahl der Hebel beträgt rund 313 400. Buddenberg.

Geschwindigkeitszeichen als Lichttagessignal in Frankreich.

Beim Nordbezirk der französischen Nationalbahnen, d. h. bei der früheren französischen Nordbahn, ist neuerdings eine neue Form von Geschwindigkeitszeichen zur Anwendung gekommen in Verbindung mit Lichttagessignalen, über die die Railway Gazette vom 3. Juni 1938 berichtet. Die Bauform stammt von der Firma Devilaine und Rougé; sie wird durch die beiden Abbildungen erläutert. Das Lichtbild (Abb. 1) zeigt das Aussehen und die Anbringung des Geschwindigkeitszeichens am Mast des Lichttagessignals über dem Farblichtsignal. Die Fläche des Lichtzeichens ist 0,45 m hoch und 0,20 m breit für jedes einzelne Zeichen. Das im Bilde dargestellte Zeichen für Geschwindigkeitsbeschränkung auf 80 km/h ist also $0,45 \times 0,40$ m groß. Es ist von einer Schute beschattet und auf etwa 280 m deutlich sichtbar. Wie aus Abb. 2 zu ersehen ist, besteht das Signal — siehe hierzu den Schnitt im oberen Teil von Abb. 2 — aus einer Rückwand aus Stahlblech, auf der in Gestalt von Löchern von 18 mm Durchmesser im Abstand von 25 mm von Mitte zu Mitte die Zahl dargestellt ist, die der Geschwindigkeitsangabe entspricht. Hinter jedem der Löcher ist radial zur Lampe — siehe unten — ein Prisma aus Glas an-

*). Diesen Wünschen schließt sich der Bericht für die deutschen Eisenbahnen aus vollem Herzen an.

gebracht, das von einer sehr einfachen Halterung gefaßt ist. Die Halterung ist bei den beiden äußersten Prismen des Querschnitts ersichtlich. Innerhalb einer Gruppe von Prismen je nach der darzustellenden Zahl ist eine Lampe angebracht, die mit sechs Volt betrieben wird und dabei zwei Watt aufnimmt. Im unteren Teil der Abb. 2 ist eine solche Gruppe von Prismen als Beispiel dargestellt, die den oberen Teil einer Null bilden. Die Lampe sitzt im Brennpunkt einer Fresnel-Linse, wie sie für die Seeschifffahrt üblich sind. Durch Totalreflexion im Prisma wird das Lichtbündel um 90° abgelenkt, so daß es durch die Löcher der Rückwand nach vorne, d. h. nach der Schauseite geworfen wird. Vor der Rückwand ist eine Mattglasscheibe angebracht, auf der die Zahlenzeichen erscheinen, die dem Lokomotivführer gezeigt werden sollen.

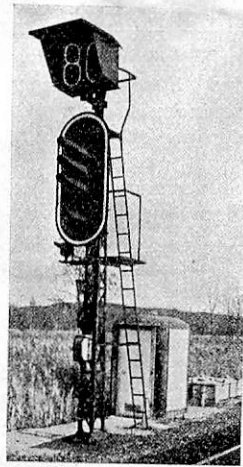


Abb. 1. Geschwindigkeitszeichen.

In bestimmten Fällen muß das Geschwindigkeitszeichen von beiden Seiten sichtbar sein. Dann wird eine Fresnellinse angewandt, die die Lampe umgibt und die das Licht auf zwei Lichtschichten verteilt; diese fallen auf zwei Gruppen von Prismen.

Man kann auch Lichtzeichen herstellen, die nach Bedarf verschiedene Geschwindigkeitsangaben zeigen. Bei der neuen französischen Signalisierung der Abzweigungen wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit mit diesen Geschwindigkeitszeichen angekündigt, wenn sie über 48 km/h liegt. Bei einer Höchstgeschwindigkeit von 48 km/h wird das Doppelgelblicht des Signals

allein angewandt, um die Geschwindigkeitsbeschränkung anzuzeigen. Die Geschwindigkeitszeichen als Lichttagessignale werden

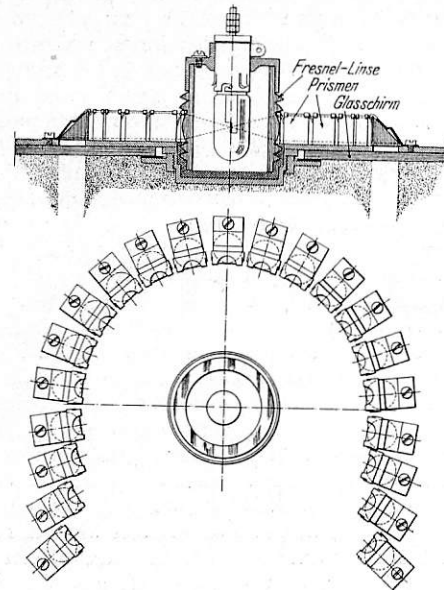


Abb. 2. Erläuterung der Optik des Geschwindigkeitszeichens.

in großem Umfange angewandt, weil in den krummen Strängen der Abzweigungsweichen häufig eine höhere Geschwindigkeit zugelassen ist als 48 km/h.

Buddenberg.

Verschiedenes.

Die VDI-Werkstofftagung Wien 1938.

Auf Veranlassung der Reichsstelle für Wirtschaftsausbau in Wien hatte der Verein Deutscher Ingenieure im NSBDT, am 14. September eine mit einer Sonderschau verbundene Werkstofftagung durchgeführt, auf der dem Unternehmer, Ingenieur, Techniker, Chemiker der Ostmark ein Gesamtüberblick über die wichtigsten heimischen Werkstoffe, ihre Gebrauchseigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten vor allem für den Austausch von Sparstoffen und für die Vervollkommnung der technischen Erzeugung gegeben wurde. Die Tagung, auf der 14 Vorträge bekannter Werkstofffachmänner gehört wurden, wurde von Ministerialrat Lindermayer, Berlin, geleitet. Den Einführungsvortrag hielt der Leiter der Reichsstelle für Wirtschaftsausbau Dr. Ing. A. Czimatis, Berlin, über Planmäßigen Werkstoffeinsatz. Er schilderte die Grundideen des zweiten Vierjahresplanes und seine bisherigen Auswirkungen, insbesondere im Hinblick auf den Werkstoffeinsatz. Abschließend folgte eine Darlegung der Bedeutung des großdeutschen Wirtschaftsraumes.

In zwei weiteren Vorträgen wurden die Arbeiten der Überwachungsstellen für Eisen und Stahl (Dr. D'heil, Berlin) und für unedle Metalle (Dipl.-Ing. H. Hertrich, Berlin) behandelt, die eine Lenkung des Verbrauches an knappen Werkstoffen bezwecken. Die Maßnahmen der Überwachungsstelle für Eisen und Stahl sind für die Entwicklung und Anwendung devisenfreier Werkstoffe und eisensparender Konstruktionen außerordentlich fördernd gewesen. Beachtliche Eiseneinsparungen lassen sich durch Normung und Typisierung erreichen. Der Austausch von verschleißfesten Stählen, insbesondere Manganhartstahl durch Hartporzellan und Schmelzbasalt hat sich hervorragend bewährt. So sind z. B. mit diesen Werkstoffen ausgekleidete Schurren länger haltbar als bei Auskleidung mit legiertem Stahl. Außerdem ist der Kostenaufwand für die Herstellung geringer. Für die Arbeiten der Überwachungsstelle für unedle Metalle sind kennzeichnend das Verwendungsverbot, die Richtlinien für den Einsatz der Austauschstoffe und die Erhaltung der Altstoffe. Bei den Arbeiten auf den verschiedensten Fachgebieten wurde durch die Umstellungsmaßnahmen die Güte der davon betroffenen Erzeugnisse nicht nur gehalten, sondern vielfach verbessert. Als Beispiel wurde an die dem Messing überlegene Schlagbiegefestigkeit von Zinklegierungen erinnert; an die Fortschritte, die die Verwendung der Leichtmetalle bringt, sei es, wie im Fahrzeugbau, durch die Wirkung

der Gewichtsverminderung, sei es durch die Leistungserhöhung infolge der Verminderung der Massen von Maschinenteilen, an die Fortschritte, die vielfach der Apparatebau durch die Verbundwerkstoffe erfährt, an die höhere Verschleißfestigkeit der Chrom-Molybdänstähle gegenüber den Chrom-Nickelstählen u. a. m. Die Umlagerung des Werkstoffeinsatzes z. B. von Kupfer auf Leichtmetalle, Zinklegierungen, Verbundmaterial und nichtmetallische Werkstoffe, von Zinn auf Blei und Leichtmetalle, von Blei auf Zinn, organische und keramische Werkstoffe, hatte das Ergebnis, daß die Einfuhr von devisenbelasteten Rohstoffen trotz erheblicher Steigerung der Bedürfnisse der Wirtschaft mit gewissen Schwankungen annähernd gleich geblieben oder gar gesenkt worden ist.

In drei weiteren Vorträgen wurden die Möglichkeiten besprochen, wie durch Forschung auf dem Festigkeitsgebiet sowie durch die geistige Arbeit des Konstrukteurs und Betriebsingenieurs eine Verminderung des Verbrauches an Werkstoffen oder eine Umstellung auf einen anderen in größerer Menge verfügbaren Werkstoff möglich werden kann. Professor Dr. Ing. A. Thum, Darmstadt, führte in seinem Vortrag „Werkstoffersparnis durch konstruktive Maßnahmen“ aus, daß die Leistungssteigerung unserer Konstruktionen ausschließlich zu einer Frage der Gewichtsverminderung geworden ist, die gleichzeitig eine Werkstoffeinsparung bedeutet. Hierfür muß die Festigkeit des Werkstoffes in den einzelnen Maschinenteilen wesentlich mehr ausgenutzt werden als bisher. Da die Festigkeit eines Werkstoffes stark von der äußeren Gestalt des Maschinenteiles und von der Art der Beanspruchung abhängt, müssen diese Einflüsse bei der Festigkeitsberechnung und -verbesserung sorgfältig berücksichtigt werden. Beim Entwurf der Bauteile sind Kerbwirkungen, besonders bei wechselnder Beanspruchung möglichst zu vermeiden. Erfordert die Konstruktion gleichwohl Kerbe (Wellenabsätze, Ölbohrungen usw.), so muß die Höhe der dadurch entstehenden Spannungsspitze durch neuzeitliche Feindehnungsmesser festgestellt werden. In vielen Fällen kann man die Kerbwirkung mit Hilfe verschiedener Verfahren mildern oder die Beanspruchung selbst herabsetzen, was besonders bei Schlagbeanspruchung durch Schaffung von „Dehnlängen“ sehr wirksam geschehen kann. Besonders wichtig ist die Wahl des Werkstoffes, wenn Konstruktionsform und Beanspruchung festliegen. Hier sind nicht nur Dauerfestigkeit und Kerbempfindlichkeit, sondern auch Zeitfestigkeit und Verfestigungsfähig-

keit entscheidend. Aus dieser verwickelten Beeinflussung des Werkstoffes durch die äußeren Betriebsbedingungen ergibt sich die dringende Forderung an den Konstrukteur, den Werkstoff nicht wie eine Tabelle von Kennziffern zu behandeln, sondern durch anschauliche Betrachtung des inneren Verformungs- und Bruchmechanismus den Werkstoffeigentümlichkeiten Rechnung zu tragen, womit er auch zur sparsamsten Verwendung von Rohstoffen gelangt. Den weiteren Weg „Werkstoffersparnis in der Fertigung“ erörterte Obering. W. Meier, Berlin. Im Betrieb handelt es sich um die Aufgabe, den toten Stoffaufwand (Abfall und Ausschuß) gering zu halten. Dazu muß man von der günstigsten Vcrform und Lagereinheit des Werkstoffes ausgehen, abfallarm trennen und Reste wieder verwenden. Die spanlose Fertigung gibt geringen Abfall, vorteilhafte Vorrichtungskonstruktion verringert den Ausschuß. Wichtig ist auch die Einsparung von Hilfsstoffen wie z. B. Anstrich- und Verpackungstoffe. Die „Werkstoffhaltung durch Altmetallumlauf“ erörterte Reichsbahnoberrat Ph. Haas, Berlin, im Beispiel des Betriebes der Deutschen Reichsbahn mit ihrem Fahrzeugpark und ihren eigenen Werkstätten. Die bei den Betriebsuntersuchungen ausgebauten Metalle werden fast ausnahmslos in den eigenen Werken wiederverarbeitet. Die Altstoffe werden durch eine Sortierungsvorschrift mit 110 verschiedenen Scrten richtig erfaßt. Die Kennzeichnung nach DIN-Norm ist für alle eingebauten Metallteile vorgeschrieben. In besonderen Kursen wird das Personal an Hand von Mustersammlungen mit den Grundsätzen der Metallsortierung vertraut gemacht, um alle Abfälle zu erfassen und größte Reinheit zu erzielen. Kupfer fällt mengen- und wertmäßig am meisten an; über die Hälfte stammt von der Unterhaltung der Lokomotiven. In zweiter Stelle steht Rotguß, der für Lager und Armaturen immer noch in großem Umfange Verwendung findet. Messing fällt hauptsächlich von Vorwärmern in Form von Rohren, auch in Preßteilen an. Besondere Sorgfalt wird auf die Bewirtschaftung der Lagermetalle, insbesondere des Weißmetalles gelegt, das für Lokomotivlager, wenn auch nur in dünner Schicht, noch verwendet wird. Weitere Kreisläufe entstehen bei Akkumulatoren- und Kabelblei. Die Umlaufverluste an devisenbelasteten Werkstoffen werden durch Umstellung auf Heimstoffe ausgeglichen, in der Zentralstelle nach Menge und Güte überwacht. Bei der Metallbewirtschaftung der Reichsbahn hat sich gezeigt, daß es wohl möglich ist, mit außerordentlich geringen Mengen zusätzlicher Metalle auszukommen.

Die Nachmittagsvorträge waren den heute besonders im Vordergrund stehenden Werkstoffen: Edelstahl, Aluminium, Magnesium, Holz, Deutscher Gummi, Kunst- und Preßstoffe, Glas und Porzellan gewidmet. Dr. Ing. Benneck, Essen, wies in seinem Vortrag über „Neue Edelstähle“ darauf hin, daß eine zweckmäßige Werkstoffauswahl im Sinne der heutigen Rohstoffwirtschaft gründliche Kenntnis der Zusammenhänge zwischen den im Laboratorium gewonnenen Prüfwerten und der Betriebsbewährung voraussetzt. Besondere Aufgabe des Werkstoff-Fachmannes bleibt es dabei, die erforderlichen Eigenschaften mit einem Mindestmaß an wertvollen Legierungsbestandteilen zu erzielen. Dies war in den letzten Jahren beim Stahl Ziel eingehender Forschung mit bestem Erfolg. Bei Einsatz- und Vergütungsstählen werden vorzügliche Werte auch auf nickelarmer Legierungsgrundlage erreicht. Selbst bei Schmiedestücken mit großem Querschnitt wurde der Nickelgehalt, der hier zur Erzielung gleichmäßiger Festigkeitseigenschaften nicht ganz unentbehrlich ist, gegen früher erheblich gesenkt. Warmfeste Stähle für den Bau von Dampfkesseln und Hochdruckanlagen der chemischen Industrie können auch ohne Nickel in hervorragender Beschaffenheit hergestellt werden. Die hochwolframhaltigen Schnellarbeits-Stähle wurden gegen neue Werkstoffe mit wenig oder gar keinem Wolfram und geringen Prozentsätzen an Molybdän und Vanadin ausgetauscht, die in den Schnittleistungen nicht geringer als die früheren Stähle sind. Auch auf dem Gebiet der nichtrostenden und hitzebeständigen Stähle, bei denen es schwieriger ist, den hohen Legierungsbedarf zu senken, sind neue Legierungen geschaffen worden, die auf vielen Anwendungsgebieten vollauf genügen. Neue Magnetstähle mit sehr hohen Leistungen wurden entwickelt, die magnetisch weichen Legierungen aus einheimischen Rohstoffen erlangten einen hohen Gütegrad. Die Fortschritte in den metallurgischen Erkenntnissen, gestützt durch sorgfältige Überwachung während der Herstellung, geben heute die Gewähr, daß hochwertige Fertigerzeugnisse aus heimischen Rohstoffen in einem Gütegrad hergestellt werden, wie er jahrzehntelang nur den Stählen aus Erzeugungsländern mit besonders wertvollen und reinen Rohstoffen nachgerühmt werden konnte.

Dr. phil. Hansen, Berlin, begann seinen Vortrag „Aluminium“ mit dem Hinweis, daß die großen Fortschritte auf dem Gebiet der Verkehrstechnik und des Leichtbaues nicht ohne die Entwicklung der stählfesten Aluminiumlegierungen (Duralumin) möglich gewesen wären. Zahlreiche Aluminiumlegierungen wurden entwickelt, die sich in den Festigkeitseigenschaften, der Verformbarkeit, dem Korrosionsverhalten u. a. erheblich unterscheiden und für den jeweiligen Zweck aus den Normen auszuwählen sind. Kenntnis der Behandlungsverfahren bei der Verarbeitung ist zur Bewährung in der Praxis erforderlich. Ein bedeutender Fortschritt ist, daß es gelungen ist, die hochfesten Aluminiumlegierungen durch ein geeignetes Plattierverfahren seewasserbeständig zu machen. Ferner wurde die Zerspanbarkeit von Aluminiumlegierungen für Automatenarbeiten durch geeignete Zusätze so weit verbessert, daß ihre Bearbeitung in derselben Weise wie bei Automatenmessing möglich ist. Dadurch ist es möglich geworden, beträchtliche Mengen Kupfer und Zink anderen Zwecken zuzuführen oder ganz einzusparen.

„Magnesium“, Vortrag von Dipl.-Ing. Spitaler, Bitterfeld, ist in seinen Legierungen mit Aluminium, Zink und Mangan der leichteste metallische Werkstoff (spez. Gew. 1,8). Aussichtsreiche Entwicklungsarbeiten mit anderen Zusätzen sind im Gange. Bedeutung für den Leichtbau gewinnen Magnesiumlegierungen durch gute Festigkeitseigenschaften neben ihrem geringen spez. Gewicht. Die vergütbare Sandgußlegierung „Elektron A 9 V“ erreicht z. B. eine Zugfestigkeit bis 27 kg/qmm bei einer Streckgrenze von 11 kg/qmm, einer Dauerbiegefestigkeit von 9 kg/qmm und einer Dehnung von 10%. Die verschiedensten Halbfabrikate lassen sich aus Magnesiumlegierungen herstellen, einige sind sehr gut schweißbar (Gattung Mg-Mn auf DIN 1717). Bei einer werkstoffgerechten Gestaltung und Verarbeitung der Magnesiumlegierungen, die besonders auf eine gewisse Kerbempfindlichkeit, den kleineren Elastizitätsmodul und den erforderlichen Korrosionsschutz (Beizen, Lackieren, Isolieren) Rücksicht nehmen muß, bewähren sich die Erzeugnisse. Hingewiesen wurde auf ihre Verwendung im Bau von Kraft- und Schienenfahrzeugen. Die Erzeugung von Magnesiumlegierungen ist in den letzten Jahren sprunghaft gestiegen. Deutschland steht mit etwa $\frac{3}{4}$ der Weltzeugung an der Spitze. Die Preise der Magnesiumlegierungen zeigen dementsprechend eine fortschreitende Verbilligung: RM. 2,75 im Jahre 1925, RM. 1,50 im Jahre 1938.

Im Vortrag „Holz als Werkstoff“ ging Dr. Ing. Mörath, Berlin, auch auf Sperrholz ein, das durch neue Verfahren der Industrie besonders günstige Eigenschaften erhalten hat. Durch die Einführung des Gütezeichens ist dem Verarbeiter die Sicherheit gegeben, daß er in allen Fällen mit bestimmten Mindestfestigkeiten rechnen kann. Ein großer Vorteil des Sperrholzes ist seine leichte Anpassung an die tatsächlichen Beanspruchungen im Werkstück, was ebenfalls zum Leichtbau führt. Die Erfolge im Sperrholz wurden durch neue Kunststoffleime erzielt, die vollkommen wetterbeständig sind. Diese finden auch wegen ihrer Verwendungsmöglichkeit bei gewöhnlicher Temperatur im Hoch- und Ingenieurbau Beachtung, um so mehr als man bei den Leimverbindungen je Flächeneinheit der Verbindungsstellen größere Kräfte als bei den bisher üblichen Bolz-, Dübel- und sogar Nagelverbindungen zu übertragen vermag. Abfälle der mechanischen Holzverarbeitung werden zur Herstellung von Faserplatten mit besonders hoher Wärmeschutz- und Schallschluckungseigenschaften und von Bauelementen für Innenauskleidungen, Fußbodenbelag usw. benutzt.

Unter den heutigen künstlichen Kautschukarten (Vortrag „Deutscher Gummi“ von Dr. Ing. Konrad Leverkusen) sind die für die Technik wichtigsten: Buna S und Perbunan, früher Buna N genannt. Diese haben gegenüber Naturkautschuk höhere Alterungsbeständigkeit beim Lagern, sind hitzebeständiger d. h. bei höheren Temperaturen verwendbar, abreibefester und widerstandsfähiger bei mechanischer Beanspruchung gegen Verschleiß. Perbunan ist darüberhinaus benzin- und ölfest, was bei Naturkautschuk nicht der Fall ist.

Dr. Ing. Mienes, Troisdorf, sprach über „Kunst- und Preßstoffe“. An Bedeutung gewinnt die Vulkanfiber, bei der Versuche im Gange sind, sie unter Erhaltung ihrer naturgegebenen Eigenschaften widerstandsfähiger gegen Feuchtigkeitseinflüsse zu machen (hydrophobieren). Bei der neuen Ausgestaltung, insbesondere von spanlos verformten Schichtstoffen, wird eine bemerkenswerte Annäherung der auf das spezifische Gewicht bezogenen mechanischen Eigenschaften an diejenigen von Holz und Metall deutlich. Mit der Einteilung der Typen Z₃ und T₃ in die WEI-Typisierung ist die Brücke

vom Preßteil als Hilfsmittel und Zubehörteil zum Konstruktionsteil für tragende Bauelemente geschlagen. In den Festigkeitswerten unterscheiden sich die nach der Struktur gebildeten Preßstoffgruppen. Bei den Flächenpreßstoffen konnten bereits Schlagbiegewerte von der Größenordnung der Vulkanfaser und des Kunstharz-Schichtholzes erzielt werden. Auf dem Lagergebiet wurde das Bestreben der rationellen Anwendung von Kunststoffen zu spanabhebend geformten Hartgewebelagern, Lagersegmenten, gepreßten Lagern, Stützschaalenlagern, Gießharzlagern gestreift. Die an Schichtpreßholz gewonnenen Erfahrungen infolge verbesserter Verleimungstechnik (Tegowiro) wurden mitgeteilt. Die Entwicklung der Kunststoffe aus Polymerisation hat zu einer bedeutenden Bereicherung zelluloidartiger Werkstoffe geführt. Mit Hilfe der Polymerisatchemie ist es auch möglich geworden, die Dehnungseigenschaften der Kunststoffe zu beeinflussen. Bei der Auswahl des Kunststoffes ist außer der Frage der praktischen Verwendbarkeit auch die Höhe der Kosten zu berücksichtigen. Deutschland steht mit $\frac{1}{3}$ der Gesamtausfuhr an Kunststoffen an erster Stelle aller Länder. Die Ostmark kommt vornehmlich für die Herstellung hochwertiger Fertigerzeugnisse in Frage.

Nach dem Vortrag von Dr. G. Schott, Jena, „Glas“ ist in diesem nur 0,7% ausländischer Rohstoffanteil. Während bei einer ganzen Reihe von Verwendungsarten die Eigenschaften der üblichen Gläser vollkommen ausreichen, z. B. für Spülkästen, Schwimmer, Glaswolle usw., sind in der Mehrzahl der Fälle nur Sondergläser verwendbar. Vielseitige Anwendung haben diesen Gläser ihre Durchsichtigkeit, Korrosionsfestigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit gesichert. Sprödigkeit, geringe Zugfestigkeit und schwache Wärmeleitfähigkeit begrenzen den Verwendungsbereich des Glases. Immerhin haben Wärmeaustauscher aus Glas ohne erhebliche Vergrößerung der Oberfläche an Stelle solcher aus Metall erfolgreich eingesetzt werden können.

Die deutschen Rohstoffe für „Porzellan“ (Dr. Ing. Ziegler, Selb) sind für unabsehbare Zeiten unerschöpflich. Die Werkstoffeigenschaften der verschiedenen Porzellansorten sind praktisch völlige chemische Unangreifbarkeit bzw. Korrosionsfestigkeit, die hohe elektrische Isolierfestigkeit, die wertvollen thermischen Eigenschaften der Hitzebeständigkeit und Unempfindlichkeit gegen Temperaturstürze und zu alledem eine oft unterschätzte mechanische Festigkeit bei zweckmäßiger Ausbildung des Gegenstandes. Unter anderem ist die Herstellung von Radiatoren für Raumbheizung im Gange. Porzellankabel im Austausch gegen Bleikabel werden erprobt. Heute noch bestehende Mehrpreise der Porzellanerzeugnisse gegenüber denen aus unedlen Metallen werden mit der Entwicklung verschwinden.

Przygode VDI., VDE.

Nordatlantikluftverkehr der Lufthansa.

Mit dem Rekordflug des Blohm & Voß-Flugzeugs Ha 139b „Nordstern“ von Amerika nach Europa am 19. Oktober 1938 hat die Deutsche Lufthansa ihren diesjährigen planmäßigen Nordatlantikluftverkehr erfolgreich abgeschlossen. Insgesamt wurden von der Lufthansa bis zum heutigen Tage 50 durchgehende Flüge allein über den Nordatlantik ausgeführt. Schon damit hat der deutsche Luftverkehr rein zahlenmäßig bewiesen, daß technisch und organisatorisch alle Fragen, die mit dieser schwierigsten aller Luftverkehrsstrecken verbunden waren, gelöst worden sind.

Die schrittweise durchgeführte Entwicklung des deutschen Nordatlantikluftverkehrs geht bis auf das Jahr 1929 zurück, als die Lufthansa von Bord der Dampfer „Bremen“ und „Europa“ aus ihre Schleudervorausflüge aufnahm, die bis 1935 durchgeführt wurden. Im Jahre 1936 begann die Lufthansa nach umfangreichen Vorarbeiten mit zwei Dornier-Do 18-Flugbooten, die mit je zwei Junkers Jumo-205-Schwerölmotoren ausgerüstet waren, als erste Luftverkehrsgesellschaft der Welt mit durchgehenden Flügen über den Nordatlantik. Acht Flüge mit Verkehrsflugbooten wurden damals über verschiedene Kurse von Europa nach Nordamerika unternommen, um unter verkehrsmäßigen Bedingungen den für einen regelmäßigen Luftpostdienst günstigen Weg zu erkunden. Diese ersten planmäßigen Nordatlantikerkundungsflüge des Jahres 1936 wurden in der Zeit vom 11. September bis 18. Oktober ohne jeden Zwischenfall ausgeführt, und zwar mit einem Flugboot, das sich, obwohl es für den Dienst im meteorologisch weit weniger schwierigeren Südatlantikdienst bestimmt war, auch in schwerem Wetter und unter den härtesten Bedingungen ausgezeichnet bewährte. Über dem Nordatlantik wurden dabei 37 637 km zurückgelegt. Die Reisedauer zwischen

Horta und New York schwankte zwischen 22 Std. 12 Min. und 13 Std. 32 Min. Die mittlere Reisegeschwindigkeit auf allen diesen Flügen betrug in Ostwestrichtung 192 km/Std., in Westostrichtung 216 km/Std. Seinerzeit flog die Lufthansa als einzige Luftverkehrsgesellschaft über den Nordatlantik. Die Gesellschaften anderer Länder waren weder mit ihrer Organisation noch mit ihrem Gerät soweit vorgeschritten, ähnliche Versuchsflüge durchführen zu können.

Im Jahre 1937 wurde für die Zeit vom 13. August bis 22. November eine zweite Versuchsreihe mit 14 Nordatlantikflügen angesetzt und ebenso regelmäßig durchgeführt. Zum Einsatz kamen die in Zusammenarbeit mit der Lufthansa von Dr. Vogt bei Blohm & Voß gebauten Ha 139-Schwimmerflugzeuge. Diese Maschinen waren mit je vier Junkers Schwerölmotoren ausgerüstet. Ebenso wie im Jahre zuvor die Do 18-Flugboote wurde nun auch die Ha 139 mit Hilfe einer Großflugzeugschleuder gestartet und war infolgedessen von den Wasserverhältnissen, die besonders in Horta sehr ungünstig sind, unabhängig. Die Namen „Nordwind“, „Nordmeer“ und „Nordstern“ der Flugzeuge sind ja allenthalben bekannt.

Auf Grund der Erkenntnisse des Jahres 1936 wurden alle Flüge im Jahre 1937 auf der Strecke Horta—New York durchgeführt, da es sich gezeigt hatte, daß der nördlichere Kurs nur in günstigen Jahreszeiten Vorteile zu bieten vermag. Im Jahre 1937 wurden insgesamt 70 925 km über dem Nordatlantik geflogen. Die längste Reisezeit zwischen Horta und New York betrug 19 Std. 5 Min., die kürzeste 14 Std. 35 Min., während der Durchschnitt 16 Std. 33 Min. betrug. In umgekehrter Richtung, das heißt für die Strecke New York—Horta, lagen die Zeiten zwischen 16 Std. 38 Min. und 14 Std. 10 Min. Der Durchschnitt betrug hier 15 Std. 25 Min.

Die günstigen Ergebnisse des Jahres 1937 ließen die Deutsche Lufthansa zu dem Schluß kommen, daß der Aufnahme eines regelmäßigen Luftverkehrs zwischen Deutschland und den Vereinigten Staaten nichts mehr im Wege stehe. Organisatorisch und technisch war die Lufthansa, die allein für den Nordatlantikflugdienst zwei Schleuderschiffe, die „Schwabenland“ und die „Friesland“, zur Verfügung hatte, vollkommen gerüstet.

Leider gelang es jedoch nicht, von der amerikanischen Regierung die für einen Postflugverkehr nach den Vereinigten Staaten erforderliche Genehmigung der Postbeförderung zu erhalten. Aus diesem Grunde war die Deutsche Lufthansa im Jahre 1938 gezwungen, ihren planmäßigen Verkehr über den Nordatlantik ohne jede Ladung durchzuführen und muß mit den ausgeführten 50 Flügen ihr Unternehmen zunächst als abgeschlossen betrachten.

Eröffnung des Mittellandkanals.

Am 30. Oktober ist der Mittellandkanal dem Verkehr übergeben worden und damit ein nicht nur in technischer Hinsicht, sondern auch für den Verkehr von Massengütern und damit wirtschaftlich hochbedeutendes Werk vollendet worden. Der Kanal verbindet den Rhein mit der Elbe und da von dort bereits Kanäle bis nach Tilsit reichen ist eine das ganze nördliche Deutschland in west-östlicher Richtung durchziehende, zusammenhängende Wasserstraße geschaffen, auf der Massengüter wie Kohlen, Erz, Steine, Holz, Düngemittel in billiger Weise befördert werden können. Davon werden auch die Reichswerke „Hermann Göring“ und die Eisenerzvorkommen bei Salzgitter, zu denen ein besonderer 13 km langer Stichkanal mit Hafen angelegt wird, sowie das Volkswagenwerk in Fallersleben Nutzen ziehen. Den ersten Anfang dieses Mittellandkanals bildet der in den Jahren 1892 bis 1899 erbaute Dortmund—Emskanal, dieser wurde 1916 bis Hannover fortgesetzt und 1928 bis Peine und Hildesheim. Erst die energische Förderung durch die nationalsozialistische Regierung vermochte aber ab 1933 die ins Stocken geratenen Arbeiten wieder in Fluß zu bringen und die Verbindung mit der Elbe zu vollenden. Den Anschluß zur Elbe stellt das gewaltige Schiffshebewerk Magdeburg-Rothensee dar, das am 30. Oktober 1938 in Betrieb genommen wurde und einen Höhenunterschied von 19 m überwindet; ein weiteres Großbauwerk ist die im Bau befindliche Kanalbrücke über die Elbe bei Glindenberg, die den Verkehr der Schiffe über die Elbe hinüber vermitteln wird, während er z. Z. noch unter Benutzung der Elbe selbst vor sich geht. Der Kanal ist für den Verkehr von 1000 t Schiffen bestimmt.

VDI-Preisausschreiben zur wechselseitigen Anpassung von Motor und Kraftstoff.

Die Motorisierung des Verkehrs ist eine der größten technischen Aufgaben der Gegenwart. Ihre erfolgreiche Durchführung hängt in hervorragendem Maße von der Weiterentwicklung der schnelllaufenden Verbrennungsmotoren sowie von der Lösung aller der Fragen ab, die sich auf die Schaffung und Bereitstellung geeigneter deutscher Kraftstoffe beziehen. Die ganze bisherige Entwicklung zeigt eine ständige Wechselwirkung zwischen Motor und Kraftstoff; auf der einen Seite wurde der Bereich der verwendeten Kraftstoffe ständig erweitert, auf der andern wuchs die Zahl der Motorbauarten. Heute steht die Aufgabe der wechselseitigen Anpassung von Motor und Kraftstoff wieder im Vordergrund.

Um die Entwicklung des Motorbetriebes mit deutschen Kraftstoffen zu höchster Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit zu fördern und voranzutreiben, hat der Verein deutscher Ingenieure im NSBDT. auf seiner diesjährigen Herbsttagung in Augsburg einen Wettbewerb eingeleitet, der zu gesteigerter schöpferischer Anstrengung auf diesem Wege anspornen soll. Dieser Wettbewerb wird durch ein VDI-Preisausschreiben eröffnet, das einen Preis von *R.M.* 3000.— für eine dem VDI. vorzulegende Arbeit aussetzt, durch welche die gegenseitige Anpassung von Motor und Kraftstoff einen entscheidenden Fortschritt erfährt.

Die näheren Bedingungen über das Preisausschreiben sind in der Z. VDI., Bd. 82, Nr. 41 vom 8. Oktober 1938 enthalten.

Bücherschau.

Die elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn, 2. Teil. Entwicklungsgeschichte von 1924 bis 1937 von Professor Georg Lotter, mit 21 Bildtafeln, Heft 7 der Schriftreihe: Die Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn im Bild, herausgegeben von Ingenieur Hermann Maey, Verlag der Arbeitsgemeinschaft Deutsches Lokomotivbildarchiv Darmstadt und Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft Leipzig. Preis *R.M.* 2,25.

Der Herausgeber hat sich zum Ziel gesetzt, die Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn in Bildern festzuhalten und nach Gruppen in besonders zusammengestellten Heften der Allgemeinheit zugänglich zu machen. Die Bilder sind sorgfältige Originalaufnahmen, die in einer Größe von etwa 115 × 70 mm die Fahrzeuge gut wiedergeben. Während wohl ursprünglich nur daran gedacht war die Hauptdaten der Fahrzeuge mit anzugeben, zeigen einige Bändchen auch textliche Erläuterungen. Im vorliegenden Bändchen ist sogar ein ziemlich eingehender Überblick über die Entstehung und Entwicklung der elektrischen Lokomotivgattungen seit dem Jahre 1924 gegeben, so daß der Text gegenüber den Abbildungen erheblich überwiegt. Der Text hat zum Verfasser Professor Lotter von der technischen Hochschule Breslau, der als ehemaliger Konstrukteur der Firma Maffei selbst an der Entwicklung mitgearbeitet hat und vorzüglicher Kenner dieser Entwicklung ist. So werden in kurzer prägnanter Weise die mannigfachen Versuchslokomotiven geschildert, die die Deutsche Reichsbahn in großzügiger Weise und planvoller Arbeit in Auftrag gegeben hat, bis es zur Festlegung der als erprobt anzusehenden auf wenige Typen beschränkten Bauarten gekommen ist. Das Büchlein wird jedem, der sich rasch einen Überblick über die Lokomotiven des ja immer weiter greifenden, geschwindigkeitssteigernden elektrischen Betriebes verschaffen will, eine willkommene Gabe sein. Dr. Ue.

Werner von Siemens Lebenserinnerungen. 13. Auflage, Volkswirtschaftliche Ausgabe in Ganzleinen *R.M.* 3,90. Berlin: Julius Springer.

Die Lebenserinnerungen Werner von Siemens, die er in der Muße seiner letzten Lebensjahre in seinem Ruhesitz Harzburg zu Papier gebracht, erschienen erstmals im Jahre 1892, wenige Tage vor seinem Heimgange. Sie waren damals schon ein überaus wertvolles Lebens- und Charakterbild eines der erfolgreichsten Ingenieure und Unternehmer, eines warmfühlenden Menschenfreundes, eines in den schweren Zeiten deutscher Zerrissenheit durch und durch deutsch fühlenden Patrioten. „Heute — schreibt der dem Buch beigegebene Prospekt —, sind uns die Erinnerungen Werner von Siemens besonders lebensnah. Das liegt einmal daran, daß die technisch-geschichtliche Betrachtungsweise in den letzten Jahren viel stärker in den Vordergrund getreten ist und bewertet wird. Sodann darf gesagt werden, daß in einer Zeit, in der die persönliche Leistung mehr gilt als Standesvorteil und Besitz, es für unsere heranwachsende Jugend keinen wirksameren Ansporn gibt als dieses Buch, in dem ein Mann seinen Lebensweg schildert, der nur durch eigene Kraft, ohne Vermögen und ohne Beziehungen, nur durch selbsterworbene Kenntnisse, durch Fleiß und zähe Ausdauer aus dem Nichts ein Weltunternehmen geschaffen hat, das heute mehr als 160 000 Menschen Arbeit und Brot gibt.“

Man könnte über das Buch nichts treffenderes sagen als es die vorstehenden Worte tun. Jeder, der das Buch in die Hand nimmt, wird sie voll bestätigt finden und das Buch nicht ohne Gewinn aus der Hand legen. Dr. Ue.

Die Elektrizität im Aufgabenkreis der Deutschen Technik. Von Bingel. Berlin: Julius Springer 1938.

Den Inhalt des Buches bildet der Festvortrag, den Dr.-Ing. e. h. Rudolf Bingel auf der Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im Mai 1938 in Köln gehalten hat, und der der Tagung durch Würdigung der Bedeutung der Elektrotechnik ihre Prägung gab. Der Redner zeigte auf, in wie vielgestaltiger Form und in welchem Ausmaß die Elektrotechnik unser heutiges Leben bedingt, so daß man, wie bei der Eisenbahn auch von der Elektrizität und ihren Anwendungen sagen könnte, sie sei aus unserem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Als einen Anhalt und ein Maß dafür prägte der Vortragende den Begriff des „spezifischen elektrischen Arbeitsinhaltes“, der in jedem erzeugten Gut steckt. Weiterhin wurden die Großleistungen der Elektrotechnik in ihren zu gigantischer Größe gewachsenen Motoren, aber auch die feinnervige Anwendung der Steuerung und Regelung, wie die Anwendung im Dienst der Nachrichtenübertragung besprochen. Den Schluß bildet der Hinweis auf die weite Perspektiven eröffnende Erfindung des Ultramikroskops, das eine sprunghafte Erweiterung unserer Blickwelt ins Kleinste gestattet. — Es ist hiernach zu begrüßen, daß der Vortrag in Buchform zur Verbreitung in weiteren Kreisen erschienen ist. Dr. Ue.

Dieselmotoren VII. VDI-Sonderheft. Berlin 1938. VDI-Verlag G. m. b. H. DIN A 4. 155 Seiten mit 276 Bildern. Broschiert *R.M.* 6,— (VDI-Mitglieder *R.M.* 5,40).

Mit dieser neuen Veröffentlichung wird die 1924 begonnene Reihe der VDI-Sonderhefte „Dieselmotoren“ fortgesetzt. Das Heft enthält über Dieselmotoren die wichtigsten Arbeiten, die in den letzten zwei Jahren in der „VDI-Zeitschrift“ und der Zeitschrift „Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens“ erschienen sind. Die Fülle des Stoffes wurde zweckmäßig unterteilt in die fünf Hauptgruppen: Gaswechsellvorgang, Zündung und Verbrennung, ausgeführte Motoren, Berechnung und Konstruktion und Sonderfragen.

Aber auch die einzelnen Aufsätze selbst sind sorgfältig ausgewählt. Es wurden alle Beiträge berücksichtigt, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Dieselmotoren und den in ihr sich abspielenden Vorgängen stehen. Das Heft gibt daher nicht nur auf die vielfältigen Fragen der Praxis Antwort, sondern vermittelt zugleich einen querschnittartigen Überblick über die Entwicklung auf diesem Fachgebiet.

Zündverzögerung und Klopfen im Motor. (VDI-Forschungsheft 392.) Berlin 1938. VDI-Verlag G. m. b. H. DIN A 4, 24 Seiten mit 28 Bildern und 3 Zahlentafeln. Broschiert *R.M.* 5,— (VDI-Mitglieder *R.M.* 4,50).

Das Forschungsheft enthält zwei Beiträge. In der Arbeit von Fritz A. F. Schmidt „Theoretische Untersuchungen und Versuche über Zündverzögerung und Klopfvorgang“ wird hauptsächlich der Zünd- und Verbrennungsvorgang behandelt, dessen weitgehende Beherrschung bei Höchstleistungen von besonderer Bedeutung ist.

Die zweite Arbeit von Herbert H. Wolfer gibt einen Überblick über die bisherigen Auffassungen vom Zündverzögerung und berichtet sodann über Untersuchungen des Einflusses verschiedener Faktoren auf der Grundlage von Versuchsergebnissen.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

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