

Die Grundlagen der Bestimmungen für die Umgrenzung des lichten Raumes.

Von Zentralinspektor Ing. Dr. E. Feyl, Wien.

(Schluß.)

B. Außenseite des Bogens.

Während im Abschnitt II A (Innenseite des Bogens) nicht nur die Querschnitte innerhalb (Abschnitt II A a), sondern auch die Querschnitte außerhalb (Abschnitt II A b) der führenden Achsen oder Drehzapfen behandelt werden mußten, kann auf der Außenseite des Bogens die Untersuchung auf Querschnitte außerhalb der führenden Achsen oder Drehzapfen beschränkt werden, weil für Querschnitte innerhalb der führenden Achsen nur eine Ausladung nach der Bogeninnenseite in Frage kommt.

Für Querschnitte außerhalb der führenden Achsen ist die Ausladung an der Bogenaußenseite aus der Grundgleichung b) im Abschnitt I C bestimmt. Es ist

$$\begin{aligned} \sigma_a'' &= D_a - E_a'' \dots \text{im Bereich } E_a'' \dots \dots \dots \text{ bV)} \\ \text{und } \sigma_a &= D_a - E_a \dots \text{im Bereich } E_a \dots \dots \dots \text{ bVI)} \\ \text{bzw. } \sigma_a &= D_a - E_a' \dots \text{im Bereich } E_a' \dots \dots \dots \text{ bVII)} \end{aligned}$$

a) Bereich E_a'' .

Werden aus Gl. 3) und 6) D_a und E_a'' in Gl. bV) eingesetzt, so erhält man

$$\sigma_a'' = k + \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{500} \right) - \frac{2n+a}{a} \cdot \frac{1,465-l}{2} \dots \dots \dots \text{ 41)}$$

Der größte Wert von σ_a'' tritt für den größten Wert von $\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right)$ auf, der im Bereich von E_a'' möglich ist, das ist nach Gl. 7') und Abb. 15 für

$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0.$$

Damit ist

$$\sigma_a'' = k - \frac{1,465-l}{2} \cdot \frac{2n+a}{a}.$$

Dies führte nach der Entwicklung im Abschnitt II A b a 1 für $H < 430$ mm zur Formel 20)

$$\Sigma_a'' = \frac{l}{2} - 0,7075$$

für Wagen und Ladungen $H < 430$ mm.

Gl. 41) gilt nur so lange, als E_a'' größer als Null ist. Für $H > 430$ mm ergäbe sich E_a'' aber negativ. Da negative Einschränkungen nicht ausgeführt werden, ist in diesem Bereich E_a'' gleich Null zu setzen.

Daher ist

$$\sigma_a'' = D_a.$$

Aus Gl. 3) findet man, daß D_a am größten ist, wenn $\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right)$ einen Größtwert erreicht. Für den Bereich E_a''

$$\text{trifft dies zu für } a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0.$$

Hiermit ist

$$\sigma_a'' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a}.$$

Diese Gleichung führte nach der Entwicklung im Abschnitt II A b a 1 zur Gl. 22)

$$\Sigma_a'' = 0,605835 l - 0,836052$$

für Ladungen und $H > 430$ mm und zur Gl. 23)

$$\Sigma_a'' = 0,51724 l - 0,68276$$

für Wagen und $H > 430$ mm.

β) Bereich E_a .

Werden D_a und E_a bzw. E_a' aus Gl. 3) und 5) bzw. 10') in die Gl. bVI) und bVII) eingesetzt, so findet man

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_a &= k - \left[\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{2R} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1,465-l}{2} \cdot \frac{2n+a}{a} \right] \dots \dots \dots \text{ 42)} \end{aligned} \right.$$

für den Geltungsbereich von E_a und $R > 250$ m und

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_a &= k + \left[\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{l-1,465}{2} \cdot \frac{2n+a}{a} \right] \dots \dots \dots \text{ 42')} \end{aligned} \right.$$

für den Geltungsbereich von E_a und $R < 250$ m

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_a' &= k + \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \\ &\quad + \frac{l-1,465}{2} \cdot \frac{2n+a}{a} + 0,160 \dots \dots \dots \text{ 42'')} \end{aligned} \right.$$

für den Geltungsbereich von E_a' .

Die Gl. 42), 42') und 42'') gelten für Wagen und Ladungen. Sie sind nur verwendbar für positive Werte von E_a .

1. $R \geq 250$ m.

Der größte Wert der Ausladung tritt für $R > 250$ m für den kleinsten Wert von $\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right)$ ein, der im Bereich E_a möglich ist, das ist nach Gl. 7'') und Abb. 15 für

$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0.$$

Damit ist

$$\sigma_a = k - \frac{1,465-l}{2} \cdot \frac{2n+a}{a}.$$

das ist der gleiche Wert, wie er für σ_a'' und den Bereich E_a'' errechnet worden ist.

n muß Null sein. Dann ist

$$\sigma_a = k - \frac{1,465-l}{2}.$$

Diese Formel ist aber nur gültig, wenn für E_a positive Werte möglich sind.

Mit $a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$ und $n = 0$ ist aus Gl. 5)

$$E_a = \left(\frac{1,465-d}{2} + q + w \right) - k.$$

Für Höhen unter 430 mm über Schienenoberkante ($k = 0,025$ m) ist E_a immer positiv. Es ist daher auf jeden Fall

$$\Sigma_a = \frac{l}{2} - 0,7075$$

für Wagen und Ladungen, $H < 430$ mm.

Für Höhen über 430 mm ($k = 0,075$ m) erreicht E_a auch den Wert Null oder auch negative Werte. Da die E_a -Linie

Zahlen-
Formeln für die Berechnung der größten

		Höhenbereich unter 430 mm über Schienenoberkante. k = 0,025 m	
		Wagen	Ladungen
Bogeninnenseite	R > 250 m	$n = 0, a = \text{beliebig}, p = 0, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_1 = \Sigma_n'' + \Delta b_n'' + \Delta l$ $\Sigma_1 = \Sigma_n'' = \frac{l}{2} - 0,7075$ $\Delta b_n'' = \frac{1,528 R}{\sqrt{R^2 - 25}} - 1,528$	$n = 0, a = \text{beliebig}, p = 0, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_1 = \Sigma_n'' + \Delta b_n'' + \Delta l$ $\Sigma_1 = \Sigma_n'' = \frac{l}{2} - 0,7075$ $\Delta b_n'' = \frac{1,558 R}{\sqrt{R^2 - 25}} - 1,558$
	250 m > R > 150 m	$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} = 100, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_1 = \Sigma_1 + \Delta x_1 + \Delta b_1 + \Delta l$ $\Sigma_1 = k + 100 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2}$ $\Delta x_1 = R - \frac{49,71875}{R} - \sqrt{R^2 - 99,44}$ $\Delta b_1 = \frac{1,327 R}{\sqrt{R^2 - 135,56}} - 1,327$	$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} = 80, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_1 = \Sigma_1 + \Delta x_1 + \Delta b_1 + \Delta l$ $\Sigma_1 = k + 80 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2}$ $\Delta x_1 = R - \frac{39,71875}{R} - \sqrt{R^2 - 79,44}$ $\Delta b_1 = \frac{1,397 R}{\sqrt{R^2 - 155,56}} - 1,397$
	R < 150 m	$n = 15,0 \text{ m}, a = 30,0 \text{ m}, p = 6,5 \text{ m}, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_1 = \Sigma_1 + \Delta x_1 + \Delta l$ $\Sigma_1 = k + 235,5625 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1333$ $\Delta x_1 = R - \frac{112,5}{R} - \sqrt{R^2 - 225}$	$n = 15,0 \text{ m}, a = 30,0 \text{ m}, p = 6,5 \text{ m}, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_1 = \Sigma_1 + \Delta x_1 + \Delta l$ $\Sigma_1 = k + 235,5625 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1067$ $\Delta x_1 = R - \frac{112,5}{R} - \sqrt{R^2 - 225}$
Bogenaußenseite	R > 250 m	$n = 0, a = \text{beliebig}, p = 0, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_n = \Sigma_n'' + \Delta b_n'' + \Delta l$ $\Sigma_n'' = \frac{l}{2} - 0,7075$ $\Delta b_n'' = \frac{1,528 R}{\sqrt{R^2 - 25}} - 1,528$	$n = 0, a = \text{beliebig}, p = 0, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_n = \Sigma_n'' + \Delta b_n'' + \Delta l$ $\Sigma_n'' = \frac{l}{2} - 0,7075$ $\Delta b_n'' = \frac{1,558 R}{\sqrt{R^2 - 25}}$
	250 m > R > 150 m	$n = 3,6162 \text{ m}, a = 300 \text{ m}, p = 2,5 \text{ m}, p + w = \text{beliebig}$ $\Phi_n = \Sigma_n + \Delta x_n + \Delta b_n + \Delta l$ $\Sigma_n = k + 120 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + (l - 1,465) \cdot 0,6205$ $\Delta x_n = \sqrt{R^2 + 121,56} - R - \frac{60,78125}{R}$ $\Delta b_n = \frac{1,270 R}{\sqrt{R^2 - 346,56}} - 1,270$	$n = 3,6162 \text{ m}, a = 30,0 \text{ m}, p = 2,5 \text{ m}, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_n = \Sigma_n + \Delta x_n + \Delta b_n + \Delta l$ $\Sigma_n = k + 120 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + (l - 1,465) \cdot 0,6205$ $\Delta x_n = \sqrt{R^2 + 121,56} - R - \frac{60,78125}{R}$ $\Delta b_n = \frac{1,307 R}{\sqrt{R^2 - 346,56}} - 1,307$
	R > 150 m	$n = 6,5 \text{ m}, a = 30 \text{ m}, p = 2,5 \text{ m}, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_n = \Sigma_n + \Delta x_n + \Delta b_n + \Delta l$ $\Sigma_n = k + 235,6875 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + 0,7167 (l - 1,465) + 0,160$ $\Delta x_n = \sqrt{R^2 + 237,25} - R - \frac{118,625}{R}$ $\Delta b_n = \frac{0,870 R}{\sqrt{R^2 - 462,25}} - 0,870$	$n = 6,5 \text{ m}, a = 30,0 \text{ m}, p = 2,5 \text{ m}, q + w = \text{beliebig}$ $\Phi_n = \Sigma_n + \Delta x_n + \Delta b_n + \Delta l$ $\Sigma_n = k + 235,6875 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + 0,7167 (l - 1,465) + 0,160$ $\Delta x_n = \sqrt{R^2 + 237,25} - R - \frac{118,625}{R}$ $\Delta b_n = \frac{0,913 R}{\sqrt{R^2 - 462,25}} - 0,913$

tafel I.

Ausladungen Φ der Wagen und der Ladungen.

		Höhenbereich über 430 mm über Schienenoberkante, $k = 0,075$ mm	
		Wagen	Ladungen
Bogeninnenseite	$R \geq 250$ m	$\frac{n}{a} = 0,01724, \frac{p}{a} = 0,265, q + w = 0,045$ m, $p = 3,6$ m	$n = 0,8004725$ m, $a = 2,5$ m, $p = 0, q + w = 0,015$ m
		$\Phi_i = \Sigma_a'' + \Delta b_a'' + \Delta l$ $\Sigma_a'' = 0,51724 l - 0,68276$ $\Delta b_a'' = \frac{1,575 R}{\sqrt{R^2 - 49,374}} - 1,575$	$\Phi_i = \Sigma_a' + \Delta b_a' + \Delta l$ $\Sigma_a' = 0,8202 l - 1,1319 - \frac{1,3210}{R}$ $\Delta b_a' = \frac{1,575 R}{\sqrt{R^2 - 4,20}} - 1,575$
	250 m $R \geq 150$ m	$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} = 100, q + w = \text{beliebig}$	$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} = 80, q + w = \text{beliebig}$
		$\Phi_i = \Sigma_i + \Delta x_i + \Delta b_i + \Delta l$ $\Sigma_i = k + 100 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2}$ $\Delta x_i = R - \frac{49,71875}{R} - \sqrt{R^2 - 99,44}$ $\Delta b_i = \frac{1,377 R}{\sqrt{R^2 - 135,56}} - 1,377$	$\Phi_i = \Sigma_i + \Delta x_i + \Delta b_i + \Delta l$ $\Sigma_i = k + 80 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2}$ $\Delta x_i = R - \frac{39,71875}{R} - \sqrt{R^2 - 79,44}$ $\Delta b_i = \frac{1,447 R}{\sqrt{R^2 - 155,56}} - 1,447$
$R < 150$ m	$n = 15,0$ m, $a = 30,0$ m, $p = 6,5$ m, $q + w = \text{beliebig}$	$n = 15,0$ m, $a = 30,0$ m, $p = 6,5$ m, $q + w = \text{beliebig}$	
	$\Phi_i = \Sigma_i + \Delta x_i + \Delta l$ $\Sigma_i = k + 235,5625 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1333$ $\Delta x_i = R - \frac{112,5}{R} - \sqrt{R^2 - 225}$	$\Phi_i = \Sigma_i + \Delta x_i + \Delta l$ $\Sigma_i = k + 235,5625 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1067$ $\Delta x_i = R - \frac{112,5}{R} - \sqrt{R^2 - 225}$	
Bogenaußenseite	$R \geq 598$ m	$\frac{n}{a} = 0,01724, \frac{p}{a} = 0,265, q + w = 0,045$ m, $p = 3,6$ m	$n = 0,8004725$ m, $a = 2,5$ m, $p = 0, q + w = 0,015$ m
		$\Phi_a = \Sigma_a'' + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a'' = 0,51724 l - 0,6276$ $\Delta b_a'' = \frac{1,575 R}{\sqrt{R^2 - 49,376}} - 1,575$	$\Phi_a = \Sigma_a + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a = \frac{1,3210}{R} + 0,8202 l - 1,1319$ $\Delta b_a = \frac{1,575 R}{\sqrt{R^2 - 4,20}} - 1,575$
	598 m $R \geq 250$ m	$n = 0,39625$ m, $a = 2,5$ m, $p = 0, q + w = 0,045$ m	$n = 0,39625$ m, $a = 2,5$ m, $p = 0, q + w = 0,045$ m
		$\Phi_a = \Sigma_a + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a = \frac{0,0504}{R} + 0,5129 l - 0,5809$ $\Delta b_a = \frac{1,575 R}{\sqrt{R^2 - 1,66}} - 1,575$	$\Phi_a = \Sigma_a + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a = \frac{0,0504}{R} + 0,5129 l - 0,5809$ $\Delta b_a = \frac{1,575 R}{\sqrt{R^2 - 1,66}} - 1,575$
	250 m $R \geq 150$ m	$n = 3,6162$ m, $a = 30,0$ m, $p = 2,5$ m, $q + w = \text{beliebig}$	$n = 3,6162$ m, $a = 30,0$ m, $p = 2,5$ m, $q + w = \text{beliebig}$
$\Phi_a = \Sigma_a + \Delta x_a + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a = k + 120 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + (l - 1,465) \cdot 0,6205$ $\Delta x_a = \sqrt{R^2 + 121,56} - R - \frac{60,78125}{R}$ $\Delta b_a = \frac{1,320 R}{\sqrt{R^2 - 346,56}} - 1,320$		$\Phi_a = \Sigma_a + \Delta x_a + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a = k + 120 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + (l - 1,465) \cdot 0,6205$ $\Delta x_a = \sqrt{R^2 + 121,56} - R - \frac{60,78125}{R}$ $\Delta b_a = \frac{1,357 R}{\sqrt{R^2 - 346,56}} - 1,357$	
$R < 150$ m	$n = 6,5$ m, $a = 30,0$ m, $p = 2,5$ m, $q + w = \text{beliebig}$	$n = 6,5$ m, $a = 30,0$ m, $p = 2,5$ m, $q + w = \text{beliebig}$	
	$\Phi_a = \Sigma_a + \Delta x_a + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a = k + 235,6875 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + 0,7167 (l - 1,465) + 0,160$ $\Delta x_a = \sqrt{R^2 + 237,25} - R - \frac{118,625}{R}$ $\Delta b_a = \frac{0,920 R}{\sqrt{R^2 - 462,25}} - 0,920$	$\Phi_a = \Sigma_a + \Delta x_a + \Delta b_a + \Delta l$ $\Sigma_a = k + 235,6875 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + 0,7167 (l - 1,465) + 0,160$ $\Delta x_a = \sqrt{R^2 + 237,25} - R - \frac{118,625}{R}$ $\Delta b_a = \frac{0,963 R}{\sqrt{R^2 - 462,25}} - 0,963$	

steiler ist als die D_n -Linie (vergl. Abb. 15 und 16), ist σ_a daher am größten an der Stelle von n , an der $E_a = 0$ ist.

In diesem Falle ist

$$[\sigma_a] = D_a - E_a = D_a.$$

Es gelten also die Bedingungsgleichungen

$$\begin{cases} E_a = 0 \\ [\sigma_a] = D_a. \end{cases}$$

Aus der ersten Gleichung ergibt sich nach Gl. 5)

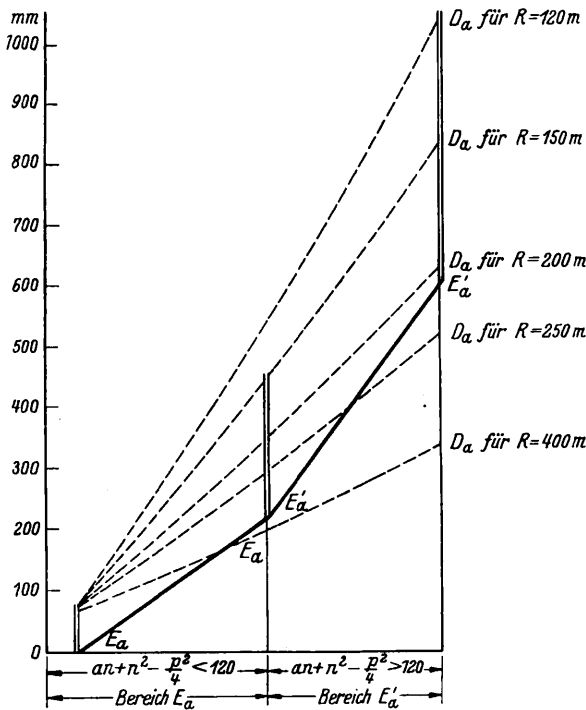
$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 500 \left[k - \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} \right] \dots 43)$$

aus der zweiten Gleichung nach Gl. 3)

$$[\sigma_a] = \frac{1}{2R} \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) + \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n+a}{a} \dots 44)$$

und nach der Vereinigung der beiden Gl. 43) und 44)

$$[\sigma_a] = \frac{500}{2R} \left[k - \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} \right] + \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} \dots 45)$$



Linien der Einschränkungen E_a und E_a' und der Verschiebungen D_a auf der Bogenaußenseite.

$a = 30,0$ m, $p = 2,5$ m, $d = 1,410$ m, $q + w = 0,015$ m, $k = 0,075$ m
Abb. 16.

Das Verhältnis $\frac{n}{a}$ ergibt sich aus $E_a = 0$ zu

$$\frac{n}{a} = - \left(0,5 + \frac{\mu}{a^2} \right) + \sqrt{\left(0,5 + \frac{\mu}{a^2} \right)^2 + \frac{p^2 - 4\mu + 2000k}{4a^2}}$$

wobei $\mu = 500 \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right)$ ist.

Der Größtwert von $\frac{n}{a}$ tritt für den kleinsten Wert von a , das ist für $a = 2,5$ m ein. Dann ist selbstverständlich $p = 0$ zu setzen. Hiermit ist für Wagen, in welchem Fall $q + w = 0,045$ m gesetzt wird, $\mu = 36,25$, $\frac{n}{a} = 0,01585$, $n = 0,039625$ und somit aus Gl. 45)

$$\Sigma_a = \frac{0,0504}{R} + 0,5159l - 0,6809 \dots 46)$$

für Wagen, $H > 430$ mm.

Um die durch die Ladungen möglichen größten Ausladungen zu erhalten, müssen Güterwagen in Betracht gezogen werden. Der mögliche Größtwert ergibt sich daher wieder aus Gl. 45) mit den in der Ausführung zulässigen Größtwerten von $(q + w)$ das ist mit $(q + w) = 0,015$ m.

Es muß auch in diesem Falle $a = 2,5$ m und $p = 0$ gesetzt

werden, damit ist $\frac{n}{a} = 0,320189$ und

$$\Sigma_a = \frac{1,3210}{R} + 0,8202l - 1,1319 \dots 47)$$

für Ladungen und $H > 430$ mm.

$$2. \quad 250 \text{ m} > R \geq 150 \text{ m.}$$

Der größte Wert der Ausladung tritt in diesem Halbmesserbereich nach Gl. 42') für den größten Wert von $\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right)$ auf, der möglich ist, das ist nach Abschnitt I G G. 9') und Abb. 16 für

$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 120.$$

Mit diesem Werte wird Gl. 42'):

$$[\sigma_a] = k + 120 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2} \cdot \frac{2n+a}{a}$$

Dieser Wert ist abhängig von dem Verhältnis $\left(\frac{n}{a} \right)$, das an der Grenzstelle vorhanden ist. Es ergibt sich aus der Beziehung

$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 120$$

zu

$$\frac{n}{a} = - \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{p^2 + 480}{4a^2}} \dots 48)$$

Um $[\sigma_a]$ zu einem Größtwert zu machen, müssen $\frac{n}{a}$ und p so klein wie möglich, a so groß wie möglich sein. d. h., es muß angenommen werden $a = 30$ m, $p = 2,5$ m, womit $\frac{n}{a} = 0,12054$ ist. Dann ist

$$\Sigma_a = k + 120 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + (l - 1,465) 0,6205 \dots 49)$$

für Wagen und Ladungen.

$$3. \quad R < 150 \text{ m.}$$

Für diesen Bereich gelten die Formeln 42') und 42''). Es ist

$$\begin{cases} \sigma_a = k + \left[\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) - \frac{1,465 - l}{2} \cdot \frac{2n+a}{a} \right] \\ \text{für den Geltungsbereich von } E_a \text{ und} \\ \sigma_a' = k + \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) - \frac{1,465 - l}{2} \cdot \frac{2n+a}{a} + 0,160 \\ \text{für den Geltungsbereich von } E_a'. \end{cases}$$

σ_a' ist im angegebenen Halbmesserbereich immer größer als σ_a (vergl. auch Abb. 16).

Der größte Wert von σ_a' tritt dann auf, wenn n ein Größtwert ist. Ferner muß a ein Größtwert und p ein Kleinstwert sein.

Es sind daher für diesen Bereich für den Drehzapfenabstand und den Überhang die größten Werte einzusetzen, die im zwischenstaatlichen Verkehr zugelassen und in ganz besonderen Ausnahmefällen für Güterwagen und Ladungen möglich sind. Es ist daher

$$a = 30 \text{ m, } p = 2,5 \text{ m, } n = 6,5 \text{ m anzunehmen.}$$

Damit ist

$$\Sigma a' = k + 235,6875 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + 0,7167 (l - 1,465) + 0,160 \dots \dots \dots 50)$$

für Wagen und Ladungen.

γ) Gültigkeitsbereich der einzelnen Formeln.

Der Gültigkeitsbereich der in den Abschnitten α) und β) für die größte Ausladung auf der Bogenaußenseite entwickelten Formeln ergibt sich durch Gleichsetzen der einzelnen Ausdrücke, die für die aneinanderstoßenden Bereiche gelten. Wurden für einen Halbmesserbereich mehrere Ausdrücke gefunden, so gilt immer der größere Ausdruck. Die sich danach ergebenden Formeln sind in Zahlentafel 1 enthalten.

C. Ergänzungsglieder.

In der Ableitung für die Übrerragung x_i auf der Bogeninnenseite (vergl. Abschnitt I D) ist die zweite Potenz x_i^2 vernachlässigt worden, was nur für Bogen mit einem Halbmesser von 250 m und mehr zulässig ist.

Es ergibt sich genau (vergl. Abb. 9):

$$x_i' = R - \sqrt{R^2 - (an - n^2)},$$

während zur Vereinfachung angenommen worden ist

$$x_i = \frac{an - n^2}{2R}.$$

Das erforderliche Ergänzungsglied ist daher

$$\Delta x_i = R - \frac{an - n^2}{2R} - \sqrt{R^2 - (an - n^2)} \dots \dots 51)$$

Für die Übrerragung x_a' (in Abb. 12 mit y bezeichnet) auf der Bogenaußenseite ist in den Ableitungen $x_a'^2$ vernachlässigt worden, was nur für Bogen mit Halbmessern über 250 m zulässig ist.

Es ergibt sich genau (vergl. Abb. 12):

$$x_a' = -R + \sqrt{R^2 + (an + n^2)}.$$

In der Entwicklung ist eingesetzt worden:

$$x_a = \frac{an + n^2}{2R}.$$

Das erforderliche Ergänzungsglied ist demnach

$$\Delta x_a = \sqrt{R^2 + (an + n^2)} - R - \frac{an + n^2}{2R} \dots \dots 52)$$

Ein weiteres Ergänzungsglied ist anzubringen, weil die Wagen- und Ladungsbreiten senkrecht zur Wagenachse gemessen werden, während die Lichtraummaße senkrecht zur Gleisachse gemessen werden.

Mit den Bezeichnungen der Abb. 17 ist für Querschnitte innerhalb der führenden Achsen oder Drehzapfen der Unterschied zwischen den senkrecht zur Wagenlängsachse und den in der Richtung des Kreismittelpunktes gemessenen Größen

$$\Delta b_i = \frac{b}{\cos \varphi} - b$$

$$\cos \varphi = \frac{\sqrt{(R-x)^2 - \left(\frac{a}{2} - n\right)^2}}{R-x}$$

oder genau genug

$$\cos \varphi \sim \frac{\sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{2} - n\right)^2}}{R}$$

Damit ist

$$\Delta b_i = \frac{b \cdot R}{\sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{2} - n\right)^2}} - b \dots \dots 53)$$

Für Querschnitte außerhalb der führenden Achsen oder Drehzapfen ist n mit negativem Vorzeichen einzusetzen.

Dann ist

$$\Delta b_a = \frac{b \cdot R}{\sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{2} + n\right)^2}} - b \dots \dots 54)$$

In den Formeln für die Ergänzungsglieder sind für a und n die Werte einzuführen, die nach den für die größten Ausladungen geltenden Formeln möglich sind und gleichzeitig die Ergänzungsglieder zu einem Größtwert machen. Die halbe Wagen- und Ladungsbreite ist dabei mit 1575 mm, vermindert um die vorgeschriebene Einschränkung, anzunehmen. Die sich hieraus ergebenden Verbesserungen sind in Zahlentafel 1 angegeben.

Da die Spurweite sich im Betrieb ändert, ist noch ein drittes Ergänzungsglied Δl anzubringen, das sich aus der Spurübererweiterung ergibt. Da die Spurweite in allen Formeln für die Ausladung mit positivem Vorzeichen vorkommt, ist für die Spurübererweiterung der größtmögliche Wert anzunehmen. Nach den TV § 2, Abs. 4 darf die Spurübererweiterung nicht mehr als 10 mm betragen. Die Spurweite darf aber niemals größer sein als 1470 mm. Das demnach erforderliche Ergänzungsglied Δl ergibt sich aus den für die Aus-

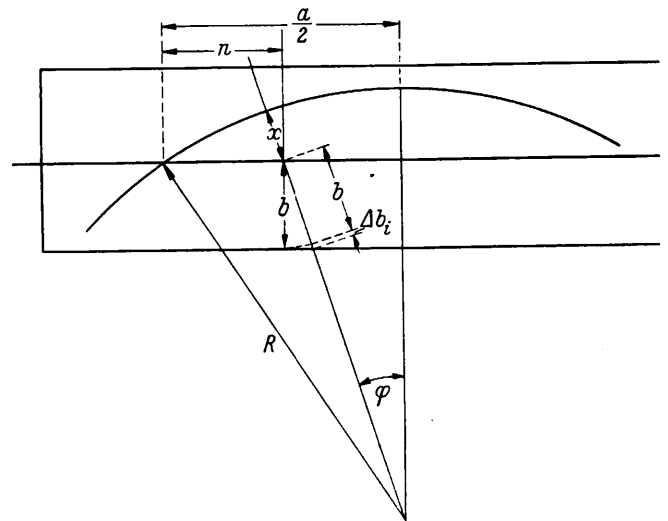


Abb. 17.

ladung Σ geltenden Formeln, wenn in dem darin enthaltenen Ausdruck für die Spurweite statt l das Maß 10 mm gesetzt wird. Wenn in den Formeln für die Ausladung die vorgeschriebene Spurweite aber mit einem größeren Wert als 1460 mm eingesetzt worden ist, dann muß zur Berechnung von Δl in dem im Wert Σ enthaltenen Ausdruck für die Spurweite statt 10 mm der Unterschiedsbetrag $1470-l$ eingeführt werden.

III. Einwirkung der Betriebsunregelmäßigkeiten am Oberbau und an den Fahrzeugen auf den freizuhaltenden lichten Raum.

Im Abschnitt II ist vorausgesetzt worden, daß sowohl das Gleis, als auch die Fahrzeuge in ihrer vorgeschriebenen Form und Lage verbleiben. Dieser Zustand ist in der Ausführung nicht dauernd zu erhalten. Durch die Einwirkung des Betriebes entstehen im Gleis und an den Fahrzeugen von der Regellage und Regelform Abweichungen, die zu einem Teil überhaupt nicht beseitigt werden können, zum anderen Teil bis zu einem gewissen Maß geduldet werden müssen, weil sie aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nicht immer sofort behoben werden können. Durch diese Betriebsunregelmäßigkeiten wird die Lage des Gleises und der Fahrzeuge zur Gleisachse, die die Grundlage für die Bemessung des freizuhaltenden lichten Raumes abgibt, geändert: sie müssen daher bei der Feststellung des Lichtraumbedarfes berücksichtigt werden.

Über die vorkommenden Betriebsunregelmäßigkeiten wurden bei den Verwaltungen des Vereins mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen seinerzeit Erhebungen gepflogen. Von den bekanntgegebenen Beobachtungswerten wurden die zugrunde gelegt, die 75% aller beobachteten Fälle unter sich einschließen, was zulässig ist, da es sich um mehrere Einzelercheinungen handelt, von denen nicht angenommen werden kann, daß sie alle gleichzeitig eintreten, geschweige denn, daß sie hierbei auch den beobachteten größten Wert erreichen. Dazu kommt noch, daß der Raum, der zur Deckung der Auswirkung dieser Betriebsunregelmäßigkeiten freigehalten werden soll, dem Raum zugeschlagen wird, der zur Deckung der größten Ausladungen nach Abschnitt II notwendig ist. In ihrem vollen Ausmaß treten die Ausladungen nur äußerst selten auf, so daß in der weitaus überwiegenden Anzahl von Fällen der zur Deckung der Ausladungen freigehaltene Raum nicht voll ausgenutzt wird.

Die Betriebsunregelmäßigkeiten wurden wie folgt bewertet:

1. Die Werte für die Einwirkung der Spurübererweiterung Δl sind verschieden für Ladungen und Wagen und müssen daher den um die Ergänzungsglieder Δx_1 oder Δx_a und Δb vergrößerten größten Ausladungen Σ zugeschlagen werden, damit festgestellt werden kann, ob die für die Ladungen oder die für die Wagen erhaltenen Werte für die Bemessung der Lichtraumumgrenzung maßgebend sind (vergl. Zahlentafel 1).
2. Dauernde seitliche Verschiebung des Gleises aus der Regellage von einer Durcharbeitung bis zur anderen ohne Rücksicht auf die Größe des Krümmungshalbmessers 30 mm
3. Elastische Seitenverschiebung der Schienen während des Befahrens
 - a) in geraden Strecken 1 mm
 - b) in Bogen 2,5 mm
4. Über- und Unterschreitung der Überhöhung . 15 mm
5. Einseitiges Setzen der Tragfedern, gemessen am stillstehenden Fahrzeug, im nicht überhöhten Gleis
 - a) bei Güterwagen 10 mm
 - b) bei Personenwagen 15 mm
6. Die Einwirkung der Fliehkraft auf das Setzen der Tragfedern, berechnet unter der Annahme
 - a) daß ein gedeckter Güterwagen mit 15 t Ladegewicht einen Gleisbogen mit der größten für diesen Bogen zulässigen Geschwindigkeit befährt und die Überhöhung der Außenschiene nur 100 mm beträgt zu 5,5 mm
 - b) daß ein Drehgestellwagen im Gewicht von 56 t einen Gleisbogen mit der größten für diesen Bogen zulässigen Geschwindigkeit befährt und die Überhöhung der Außenschiene nur 100 mm beträgt zu 4,5 mm
7. Die Einwirkung eines in einem Bogen stillstehenden Wagens auf das Setzen der Tragfedern, berechnet unter der Annahme
 - a) daß ein gedeckter Güterwagen mit 15 t Ladegewicht in einem Gleisbogen steht und die Überhöhung der Außenschiene 150 mm beträgt zu 9,0 mm
 - b) daß ein Drehgestellwagen im Gewicht von 56 t in einem Gleisbogen steht und die Überhöhung der Außenschiene 150 mm beträgt zu 8,0 mm

Die Werte, die für die in den Punkten 2 bis 5 angegebenen Betriebsunregelmäßigkeiten angenommen worden sind, stützen sich, wie schon oben ausgeführt worden ist, auf Erhebungen, und zwar wurden die zugrunde gelegt, die 75 v. H. aller Fälle einschließen.

Die Betriebsunregelmäßigkeiten nach Punkt 6 und 7 wurden berechnet. Die angegebenen Werte ergeben sich aus folgender Entwicklung:

Um den Einfluß der Fliehkraft auf das Setzen der Tragfedern festzustellen, wird das auf eine Achse entfallende Gewicht des abgefederten Teiles des Wagens Q mit der Fliehkraft C zur Kraft R zusammengesetzt (vergl. Abb. 18).

Die Kraft R steht senkrecht auf einer Ebene, die die Neigung β hat. Wird R zerlegt in eine Kraft L senkrecht zur Gleisebene, die unter dem Winkel α zur Waagerechten geneigt ist, und in eine Kraft H senkrecht zu L , so stellt H die Kraft dar, die eine Belastung der auf der Bogenaußenseite und eine Entlastung der auf der Bogeninnenseite liegenden Federn erzeugt.

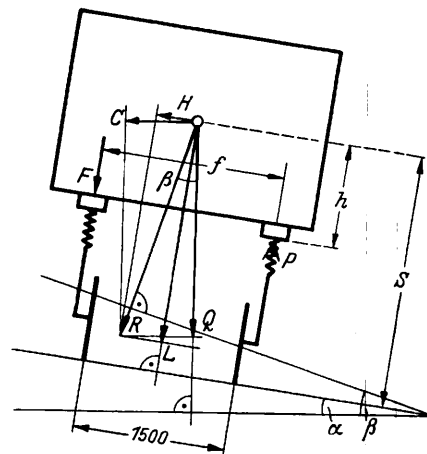


Abb. 18.

Es ist $C = \frac{m \cdot v^2}{r}$.

Wird v ($m \text{ sec}^{-1}$) durch $\frac{V \text{ (km/h)}}{3,6}$ ersetzt und m durch $\frac{Q}{g}$,

dann ist $C = \frac{Q V^2}{3,6^2 \cdot g \cdot r}$.

Nun kann aber $\frac{V^2}{r} = c^2$ (einem Festwert) gesetzt werden,

dann ist

$C = \frac{c^2 Q}{3,6^2 \cdot g}$ und $R = \sqrt{Q^2 + C^2} = Q \sqrt{1 + \frac{c^4}{3,6^4 g^2}}$.

Wird $c = 4$ und $g = 9,81 \text{ m sec}^{-2}$ eingesetzt, so ist $R \sim 1,0079 Q$.

Ferner ist $H = R \sin(\beta - \alpha)$

$\text{tg } \beta = \frac{C}{Q} = \frac{c^2}{3,6^2 \cdot g}$

und $\sin \alpha = \frac{\ddot{u}}{1500}$, worin \ddot{u} die Überhöhung in mm ist; wird

$\ddot{u} = 100 \text{ mm}$ angenommen, dann ist

$\beta = 7^\circ 10' 22''$
 $\alpha = 3^\circ 49' 21''$
 $\beta - \alpha = 3^\circ 21' 01''$

Damit ist $H = 0,058 R = 0,059 Q$.

Die Mehrbelastung der Feder ist mit den Bezeichnungen der Abb. 18

$F = \frac{h}{f} \cdot H$.

Bezeichnet man die Einsenkung der Feder mit e und die Federkonstante, das ist die Einsenkung je t mit k , so ist

$e = k \cdot F = k \cdot \frac{h}{f} \cdot H = 0,059 k \frac{h}{f} Q$.

Der Drehpunkt in den Federgehängen kann mit 850 mm über Schienenoberkante angenommen werden. Dann ist $h = S - 850$,

worin S die Höhenlage des Schwerpunktes des abgedeferten Teiles des Wagens über SO ist. Ferner wird

$$f = 2000 \text{ mm}$$

gesetzt. Dann ist

$$e = \frac{0.059 \cdot k \cdot Q (S - 850)}{2000} \dots \dots \dots 55)$$

Von den Güterwagen wirken am ungünstigsten die gedeckten großräumigen Güterwagen mit 15 t Ladefähigkeit. Das Gewicht des abgedeferten Teiles solcher Wagen ist 10,5 t, die Belastung ist 15 t. Dann ist die auf eine Achse entfallende Last $Q = 12.75 \text{ t}$. Ferner kann $k = 10 \text{ mm/t}$, $S = 2000 \text{ mm}$ angenommen werden. Damit ist

$$e = 4.3 \text{ mm.}$$

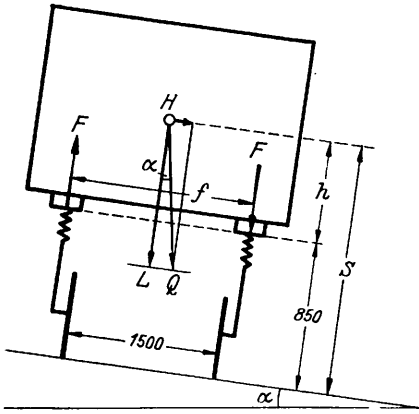


Abb. 19.

Es ist also die Zusammendrückung der Federn durch die überschüssige Fliehkraft bei Güterwagen größer als bei Drehgestellwagen. Nimmt man an, daß einzelne Sonderwagen noch ungünstiger sind, wie der zugrunde gelegte Reihenwagen oder daß einzelne Ladungen ungünstiger wirken, so ist aber e ausreichend groß angenommen, wenn man zum errechneten Wert noch 25 v. H. zuschlägt. Dann ist für Güterwagen $e = 5.5 \text{ mm}$, für Personenwagen wird $e = 4.5 \text{ mm}$ gesetzt.

Um den Einfluß eines im Bogen stillstehenden Wagens auf das Setzen der Tragfedern festzustellen, wird das auf eine Achse entfallende Gewicht des abgedeferten Teiles des Fahrzeuges in eine Komponente L senkrecht zur Gleisebene und in eine Komponente H parallel zur Gleisebene zerlegt. Mit den Bezeichnungen der Abb. 19 ist

$$H = Q \sin \alpha.$$

$$\text{Da } \sin \alpha = \frac{\ddot{u}}{1500} \text{ ist, wird } H = \frac{Q \cdot \ddot{u}}{1500}.$$

Ferner ist

$$F = H \frac{h}{f}.$$

Ist k wieder die Federkonstante, dann ist die Einsenkung der auf der Bogeninnenseite gelegenen Feder

$$e = k \cdot F = k \cdot H \cdot \frac{h}{f}.$$

Wird H eingesetzt und $h = S - 850$ angenommen, dann ist

$$e = \frac{k \cdot Q \cdot \ddot{u} \cdot (S - 850)}{1500 \cdot f}.$$

Wird $f = 2000 \text{ mm}$ angenommen, dann ist

$$e = \frac{10^{-6} \cdot k \cdot Q \cdot \ddot{u} (S - 850)}{3} \dots \dots \dots 56)$$

Nimmt man wieder einen gedeckten großräumigen Güterwagen als den am ungünstigsten wirkenden an, dann ist das Gewicht des abgedeferten Teiles 10,5 t, die Last 15 t und der Achsdruck

$$Q = 12.75 \text{ t.}$$

Wird $k = 10 \text{ mm/t}$ und $\ddot{u} = 150 \text{ mm}$ angenommen, ferner $S = 2000 \text{ mm}$, dann ist $e = 7.3 \text{ mm}$.

Für Drehgestellwagen wird $Q = 10.5 \text{ t}$,
 $k = 20 \text{ mm/t}$,
 $S = 1450 \text{ mm}$,
 $\ddot{u} = 150 \text{ mm}$

gesetzt, dann ist

$$e = 6.3 \text{ mm.}$$

Schlägt man wieder 25 v. H. zu, um mit aller Sicherheit alle Wagen und Ladungen zu treffen, die möglich sind, dann ist für Güterwagen $e = 9.0 \text{ mm}$ für Personenwagen $e = 8.0 \text{ mm}$.

Die unter 2) und 3) angeführten Einflüsse wirken wie die Spurübererweiterung im waagerechten Sinne und sind daher zu den Werten für die Ausladungen Φ_i und Φ_a über die ganze Höhe der Umgrenzungslinie in vollem, einfachem Ausmaße hinzuzufügen.

Die Einflüsse nach 4), 5), 6) und 7) wirken im lotrechten Sinne und zwar 4) in Höhe der Schienenoberkante, 5), 6) und 7) in Höhe der Tragfedern. Die durch sie hervorgerufenen Verschiebungen des Fahrzeuges wirken in waagerechter Richtung je nach der Höhenlage mit verschiedenem Werte, und zwar bei (4) nach der Formel

$$d = \frac{H \cdot \Delta h}{1500}$$

wobei H die betrachtete Höhe über Schienenoberkante und Δh die Änderung der Überhöhung ist und bei (5), (6) und (7) nach den Formeln

$$d = \frac{(H - 850) \cdot s}{2000}$$

für die oberhalb der Tragfedern und

$$d = \frac{(850 - H) \cdot s}{2000}$$

für die unterhalb der Tragfedern liegenden Teile, wobei s die Tragfedernsetzung nach 5), 6) und 7) ist.

Die Einflüsse nach 2), 3), 4) und 5) können sowohl auf der Bogeninnenseite als auch auf der Bogenaußenseite wirken, während der Einfluß nach (6) in den Höhen unter 850 mm über SO sich nur auf der Bogeninnenseite und in den Höhen über 850 mm nur auf der Bogenaußenseite geltend macht und der Einfluß nach 7) in den Höhen unter 850 mm nur auf der Bogenaußenseite und in den Höhen über 850 mm nur auf der Bogeninnenseite. Alle Einflüsse zusammen ergeben die in der Zahlentafel 2 angegebenen Werte.

IV. Bestimmung der Lichtraumumgrenzung.

Um die Umgrenzung des lichten Raumes festlegen zu können, sind die Einflüsse folgender Begrenzungslinien zu verfolgen:

1. Der Einfluß der Wagenbegrenzungslinie des VMEV nach den Bestimmungen der TV. Ausgabe 1930, unter Berücksichtigung des Nachtrags V, § 48² und Blatt 7. Diese Begrenzung ist gleich der des Lademaßes I.

2. Der Einfluß der Begrenzungslinie des Transitwagens nach den Beschlüssen des Internationalen Eisenbahnverbandes (Nr. 53 der Sammlung der Beschlüsse, Ausgabe 1933); dabei ist die Begrenzungslinie der Transitwagen in den Teilen unter 400 mm über SO mit der Linienführung zugrunde gelegt worden, wie sie gemäß Anlage 12 des Berner Protokolls vom Dezember 1912 für die Zukunft vorgeschlagen wurde.

3. Der Einfluß der nach der internationalen Ladetafel der Technischen Einheit, Fassung 1913 im Zusammenhang mit den Lademaßen I und II des VMEV zulässigen breitesten Ladungen.

Zahlentafel 2.
Einwirkung der Betriebsunregelmäßigkeiten.

Höhe über SO mm	Auf der Bogeninnenseite		Auf der Bogenaußenseite	
	für Ladungen mm	für Wagen mm	für Ladungen mm	für Wagen mm
80 (gesenkter Punkt des Lademaßes)	39	41	41	42
350 (gesenkter Punkt der TE)	40	41	41	42
380	40	41	41	42
760	41	41	41	41
1120	46	47	46	46
3300 (LM II)	89	94	85	90
3500 (LM I)	93	98	88	94
3700 (LM II)	97	102	92	98
3800 (LM I)	99	104	93	100
3805 (LM I)	99	105	94	100
4300 (LM II)	108	116	102	109
4650 (LM I)	115	123	108	116

Abkürzungen: LM = Lademaß, TE = Technische Einheit.

Zu den hierdurch festgelegten Breitenmaßen sind, gleichlaufend zur Schienenkopferührenden gemessen, zuzuschlagen:

- a) die im Abschnitt II behandelten Ausladungen und
- β) die waagerechten Wirkungen der im Abschnitt III behandelten Betriebsunregelmäßigkeiten.

Die Ausladungen sind für Wagen und Ladungen und für Bogeninnen- und Bogenaußenseite meist verschieden und wesentlich vom Krümmungshalbmesser und von der Spurweite abhängig. Die Werte für die Wirkungen der Betriebsunregelmäßigkeiten sind gleichfalls für Wagen und Ladungen und für Bogeninnen- und Bogenaußenseite verschieden. Daraus ergibt sich, daß die Lichtraumumgrenzung für die verschiedenen Halbmesser verschieden bemessen werden muß. Es empfiehlt sich sonach, eine Grundform für einen bestimmten Halbmesser zu wählen und für die anderen Halbmesser die an dieser Grundform anzubringenden Breitenzuschläge festzulegen.

Es wäre nun naheliegend, als Grund- oder Regelform jene Linienführung aufzustellen, wie sie in der Geraden notwendig ist, weil diese im allgemeinen den kleinsten Raum umschließt und dadurch unter allen Umständen Übermaße an Raum, die verteuern auf Bau und Unterhaltung wirken, vermieden werden. Dagegen spricht aber, daß bei solcher Festsetzung in jedem Bogen, also auch in sehr flachen Bögen, eine Erbreiterung auszuführen wäre, was für den Dienstgebrauch sehr unerwünscht ist. Es ist vorzuziehen, solche Erbreiterungen erst für die Krümmungshalbmesser vorzuschreiben, die infolge ihrer Kleinheit selten vorkommen oder als Ausnahme sofort in die Augen fallen. Das würde bedingen, daß man als Grundlage für die Regelform einen Halbmesser wählt, der auf der Mehrzahl der Strecken nicht unterschritten wird. Als eine solche Grenze ist ein Wert von 250 m anzusehen. Dieser Krümmungshalbmesser ist in den Vorschriften der Technischen Einheit auch eine der Grundlagen für die Einschränkungformeln.

Um festzustellen, welche der Linien für die Bemessung der Umgrenzung des lichten Raumes am ungünstigsten wirkt, die Wagenbegrenzungslinie nach den Bestimmungen der TV oder die neue Begrenzungslinie für Transitwagen oder die Ladungen, sind die in diesem Abschnitt nach 1. bis 3. angegebenen Querschnittsmaße, vermehrt um die unter α) angegebenen Ausladungen und die unter β) angeführten Wirkungen der Betriebsunregelmäßigkeiten, zu vergleichen. Dabei ist in den einzelnen Höhen die Begrenzungslinie maßgebend, die die jeweils breitere Fläche umschließt.

Für diese Untersuchung ist nach den verschiedenen Höhenbereichen zu unterscheiden:

A. Höhenbereich über 430 mm über Schienenoberkante.

Im Höhenbereich von 430 mm über SO bis 3171 mm über SO fällt die Begrenzungslinie für Wagen nach § 48² und Blatt 7 der TV, Ausgabe 1930, Nachtrag V, mit der Begrenzungslinie für Transitwagen zusammen, wie dies aus Abb. 1 und 2 unmittelbar zu ersehen ist. Im Höhenbereich über 3171 mm umschließt die Begrenzungslinie für Wagen nach den TV die Begrenzungslinie für Transitwagen. Da die Ausladungen für Vereinswagen gleich denen für Transitwagen sind, kann demnach die Betrachtung der Transitwagen im Höhenbereich über 430 mm entfallen. In dem betrachteten Höhenbereich fällt außerdem die Begrenzungslinie für Vereinswagen und das Lademaß I zusammen.

B) Höhenbereich unter 430 mm über Schienenoberkante.

In diesem Höhenbereich decken sich Lademaß I und II. Die Lademaße und die Wagenbegrenzungslinie nach den TV, Ausgabe 1930, § 48², Nachtrag V, decken sich gleichfalls. Diese Linien sind breiter als die Begrenzungslinie für Transitwagen. Da die Ausladungen der Wagen und Ladungen für Bogen mit dem Halbmesser von 250 m und Höhen unter 430 mm über SO praktisch gleich sind, ist für die Gestaltung der Lichtraumumgrenzung die um 50 mm gesenkte Begrenzungslinie des Lademaßes (Vereinswagenbegrenzungslinie) maßgebend. Diese Senkung soll einer durch Betriebseinflüsse möglichen Bewegung der Wagen nach abwärts Rechnung tragen, entsprechend dem Abstand der waagerechten Teile der Wagenbegrenzungslinie des VMEV und des Lademaßes in 430 mm und der Lichtraumumgrenzung in 380 mm Höhe über SO.

Zur Lichtraumumgrenzung für 250 m Halbmesser gelangt man, wenn man zu den im vorstehenden festgelegten maßgebenden Wagenbegrenzungslinien oder Lademaßen gleichlaufend zur Schienenkopfebene nach außen noch hinzugibt:

1. Die Ausladungen Φ , die nach den Formeln der Zahlentafel 1 für $R = 250$ m und die Spurweite $l_1 = 1465$ mm betragen:

Bogeninnenseite		Bogenaußenseite	
unter	über	unter	über
430 mm über Schienenoberkante			
Wagen	Ladungen	Wagen	Ladungen
28	28	79	79
Wagen	Ladungen	Wagen	Ladungen
28	28	78	83

2. Die Summe der waagerechten Wirkungen der Betriebsunregelmäßigkeiten nach Zahlentafel 2.

Die sonach erforderlichen Lichtraumbreiten sind in Zahlentafel 3 angegeben. Die in der Höhe von 840 bis 1120 mm über

Zahlentafel 3.

Erforderliche Lichtraumbreiten für Bogen mit einem Halbmesser von 250 m und mit einer Spurweite von 1465 mm.

1 Höhe über Schienenoberkante mm	2 Breite der maßgebenden Umgrenzung mm	3		4		5		6		7 Größter Wert der erforder- lichen kleinsten Lichtraum- breiten L 250 mm	8 Lichtraum- breite Lrg nach den TV, Ausgabe 1930 mm	9 Unterschied zwischen der nach Spalte 7 erforder- lichen Lichtraum- breite L 250 und der Lichtraum- breite Lrg nach TV, Ausgabe 1930 (Spalte 7 weniger 8) mm
		Bogeninnenseite		Bogenaußenseite		Wagen		Ladungen				
		Wagen	Ladungen	Wagen	Ladungen	Erforderliche kleinste Lichtraumbreite						
80 (gesenkter Punkt der Lademaße)	1220 LM I, II 1100 TE	1289	1287	1290	1289	1290	1300	- 10				
350 (gesenkter Punkt der TE)	1490 TE LM I, II	1559	1558	1560	1559	1560	1570	- 10				
380 (ge- senkte Lage von 430)	nach unten 1520 LM I, II 1490 TE	1589	1588	1590	1589	1590	1600	- 10				
	nach oben 1575 LM I, II TE	1695	1694	1695	1699	1699	1700	- 1				
760	nach unten 1575 LM I, II TE	1695	1695	1694	1699	1699	1700	- 1				
	nach oben 1575 LM I, II TE	1695	1695	1694	1699	1699	2000	- 301				
1120	nach unten 1575 LM I, II TE	1701	1700	1699	1704	1704	1700	+ 4				
	nach oben 1575 LM I, II TE	1701	1700	1699	1704	1704	2000	- 296				
3300	1575 LM I, II	1748	1743	1743	1743	1748	1750	- 2				
3500	1575 LM I	1752	1747	1747	1746	1752	1760	- 8				
3700	1350 LM II 1300 TE	1481	1526	1476	1525	1526	1550	- 24				
3800	1398 LM I	1581	1576	1576	1574	1581	1600	- 19				
3805	1395 LM I	1579	1573	1573	1572	1579	1596	- 17				
4300	750 LM II	—	937	—	935	937	950	- 13				
4650	690 LM I	892	884	884	881	892	903	- 11				

Abkürzungen: LM = Lademaß, TE = Technische Einheit.

SO entstehende geringfügige Überschreitung der bestehenden Lichtraumumgrenzung kann vernachlässigt werden, weil die Betriebsunregelmäßigkeiten mit Werten angenommen worden sind, wie sie zusammen wohl kaum auftreten werden.

Die größten Werte der erforderlichen kleinsten Lichtraumbreiten sind für die maßgebenden Höhen über SO in Zahlentafel 3, Spalte 7 verzeichnet.

Abgerundet ergeben sich die in Spalte 8 dieser Tafel angegebenen Werte der TV, Ausgabe 1930.

Vergrößerung und Verkleinerung der Lichtraumbreiten.

In Bogen mit einem kleineren Halbmesser als 250 m müssen zu den Breitenmaßen des lichten Raumes bestimmte Vergrößerungen hinzugeschlagen werden, die sich aus den Ausladungen in solchen Bogen (vergl. Zahlentafel 1) errechnen lassen. Hierbei sind die Wirkungen der Wagen und Ladungen

getrennt zu betrachten, weil die Ausladungen zum Teil verschieden sind.

In Bogen mit größerem Halbmesser als 250 m und in der Geraden dürfen die Lichtraumbreiten verkleinert werden. Die dann erforderlichen Lichtraumbreiten sind in ähnlicher Weise wie die vergrößerten Breiten zu berechnen.

In den TV sind auf Blatt 1 in der Zahlentafel 1 die nach vorstehendem errechneten und demnach zulässigen Verkleinerungen, auf Blatt 2 die erforderlichen Vergrößerungen des Regellichtraumes angegeben.

V. Umgrenzung des lichten Raumes für Gleise, die unter besonderer Unterhaltungsaufsicht stehen oder deren Achse sich festen Gegenständen nicht nähern kann.

Dem Bestreben, Betriebsunregelmäßigkeiten durch Wahrung größerer Räume Rechnung zu tragen, stehen andere wich-

tige Betriebsrücksichten entgegen, die ein möglichst nahes Heranrücken gewisser Baulichkeiten an die Fahrzeuge und damit an das Gleis bedingen. Solche Bauwerke sind z. B. die Laderampen und die hohen Bahnsteige. Auch kann es in vereinzelt Fällen, z. B. bei bestehenden Bauwerken, deren Umbau verhältnismäßig hohe Kosten verursachen würde, erforderlich werden, die Breitenmaße des lichten Raumes gering zu halten. Diesem Umstande kann dadurch Rechnung getragen werden, daß man für solche nur vereinzelt vorkommende Bahnstellen, die vorhin erwähnten Betriebsunregelmäßigkeiten, soweit sie vom Oberbau herrühren, durch entsprechend bessere Unterhaltung der Gleise auf ein diesen besonderen Bedürfnissen entsprechendes Maß einschränkt, das nach unten nur durch die Möglichkeit seiner Einhaltung bei den Unterhaltungsarbeiten begrenzt ist. Die höheren Unterhaltungskosten solcher „Gleise unter besonderer Unterhaltungsaufsicht“, wie sie genannt werden können, finden in den damit erreichten anderen Betriebsvorteilen ihre Rechtfertigung.

Es kann für solche Gleise z. B. angenommen werden:

- a) die dauernde seitliche Verschiebung von einer zur anderen Durcharbeitung. 10 mm
- b) die elastische seitliche Verschiebung während des Befahrens 2 mm
- c) die Änderung der Überhöhung ± 5 mm

Zerstörungsfreie Untersuchung von Radsätzen auf Anbrüche.

Von Reichsbahnoberrat König, Limburg.

Langjährige Versuche zur zerstörungsfreien Untersuchung von Radsätzen auf Anbrüche und Anrisse führten zu zwei Konstruktionen, dem elektrischen Prüfstand und dem elektromagnetischen Prüfstand, mit welchen bei gemeinsamer Anwendung brauchbare Ergebnisse erzielt sind. Eine besondere Anregung erhielten die Versuche durch einige im Betriebe vorgekommenen Achsbrüche hoch beanspruchter Achsen, die leicht zu großen Schäden hätten führen können.

1. Der elektrische Prüfstand

benutzt Gleichstrom zur Feststellung von Fehlern. Leitet man durch eine Welle von gleichem Durchmesser und homogenem Stoff einen elektrischen Gleichstrom, so ist der Spannungsabfall für gleich lange Wellenabschnitte gleich. Befindet sich an einer Stelle ein Anriß, der bei Achswellen immer quer zur Achse der Welle verläuft, so erhöht sich an dieser Stelle der elektrische Widerstand und ergibt einen größeren Spannungsabfall. Durch Unterteilung der Meßabschnitte und durch Vergleich der einzelnen Spannungsabfälle gleich langer Abschnitte, findet man in der Welle den Abschnitt, in dem sich der Anriß befindet. Es kann in diesem Abschnitt auch die wahrscheinliche Lage des Anrisses zum Umfang der Welle durch die elektrische Prüfung der Spannungsabfälle erhalten werden. Die Versuche haben ergeben, daß die Lage eines Anrisses zu der Lage des Meßabschnittes von wesentlicher Bedeutung ist. Die Größe eines Ausschlags am Meßinstrument läßt nicht ohne weiteres einen Rückschluß auf die Größe eines vorhandenen Fehlers zu. Der Ausschlag ist nicht nur abhängig von der Größe des Fehlers, sondern auch von der Lage des Fehlers innerhalb des Meßabschnittes und von der Lage der Fehlerstelle in der Welle zur Ebene der Meßkontakte. Durch den Anriß wird der Stromlinienweg abgelenkt und ergibt innerhalb des Meßabschnittes an dem Fehlerquerschnitt Stellen mit geringerer und mit stärkerer Stromliniendichte und damit auch Stellen verschiedener Spannungsabfälle. Der Ausschlag ist um so größer, je näher die Ebene der Meßkontakte zu der Mitte des Fehlers und je näher der eine Meßkontakt der Fehlerstelle liegt, oder nach Drehung der Achse um 180°, wenn die Fehlerstelle in der Mitte der Meßkontakte liegt, siehe Abb. 1.

Damit ändern sich auch die im Abschnitt III angegebenen Verschiebungen. Werden die erhaltenen Werte denen für unbeschränkten Wagen- und Ladungsverkehr gegenübergestellt, so ergibt sich, daß die Breitenmaße der allgemein gültigen Regelform der Lichtraumungrenzungen bei Gleisen, die unter besonderer Unterhaltungsaufsicht stehen, in den unter 380 mm über SO liegenden Teilen

auf der Bogeninnenseite um 20 mm,
auf der Bogenaußenseite um 20 mm,
in den über 380 mm, aber unter 1120 oder 760 mm über SO liegenden Teilen

auf der Bogeninnenseite um 30 mm,
auf der Bogenaußenseite um 30 mm,
in den darüber liegenden Teilen

auf der Bogeninnenseite um 45 mm,
auf der Bogenaußenseite um 45 mm
zusätzlich verkleinert werden dürfen.

Kleinere Breitenmaße können auch erzielt werden, wenn die Gleisachse zu den Gegenständen, die eine Verkleinerung der Breitenmaße erfordern, so festgelegt ist, daß der Abstand der Achse von diesen Gegenständen nicht kleiner werden kann. In diesem Fall darf das im Abschnitt III unter 2. für die dauernde seitliche Verschiebung des Gleises aus der Regellage angegebene Maß von 30 mm wegfallen.

Abb. 1 stellt eine Welle von 143 mm Durchmesser mit einem künstlichen Fehler von 10% dar. Es sind die Span-

Abhängigkeit der Spannungsabfälle von der Fehlerlage im Meßabschnitt.

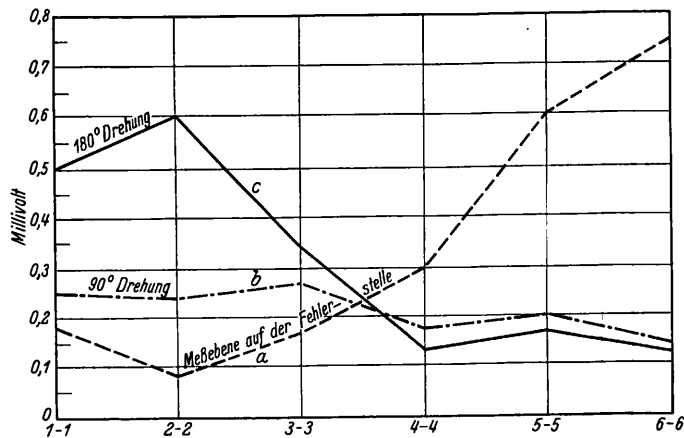
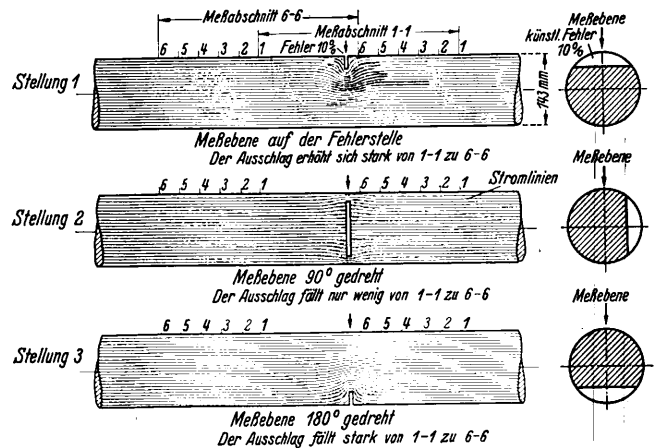
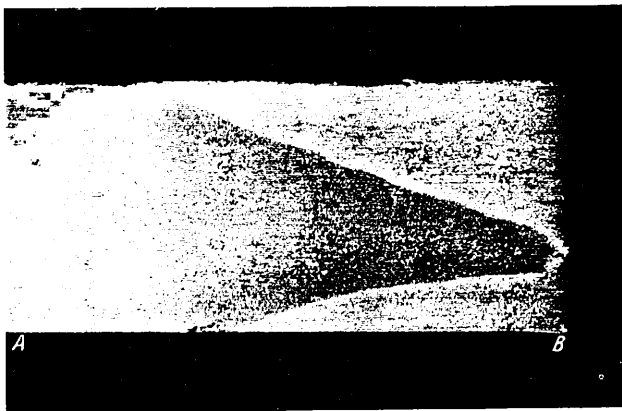
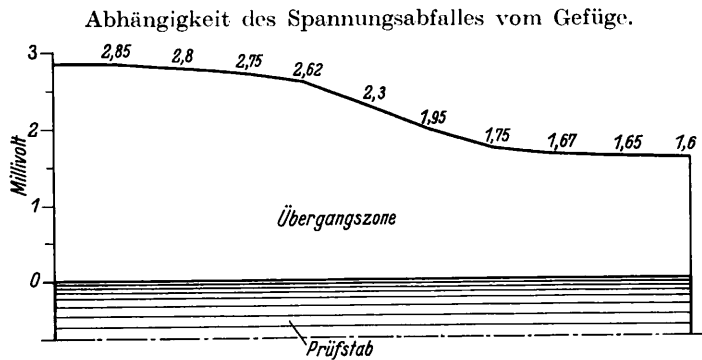


Abb. 1. Spannungsabfallkurven bei 0, 90 und 180° Drehung.

nungsabfälle für die gleichlangen Meßabschnitte 1-1, 2-2 usw. bis 6-6 gemessen und in der Kurve a dargestellt. Nach

Drehung der Achse um 90° , siehe Stellung 2, sind die Spannungsabfälle für die gleichen Meßabschnitte 1—1 bis 6—6 gemessen und in Kurve b festgehalten. Die gleichen Messungen nach einer weiteren Drehung um 90° , siehe Stellung 3, ergeben die Kurve c. Die Kurven a und c sind gegenläufig, während die Kurve b zeigt, daß die Spannungsabfälle in der Meßebene senkrecht zur Mitte des Fehlers ungefähr konstant bleiben. Das wiederholte Messen nach Drehung der Achsen gestatten einen Rückschluß auf die wahrscheinliche Lage des Fehlers in dem verdächtigen Meßabschnitt. Auf dem Meßstand werden daher die Messungen viermal vorgenommen nach Drehung der Achse um je 90° .

Der Spannungsabfall hängt stark von den Werkstoffeigenschaften ab. Abb. 2 zeigt die Spannungsabfälle, die an



Werkaufnahme.

Abb. 2. Längsschnitt der Übergangszone.

Prüfstab mit zonenmäßiger Veränderung des elektrischen Widerstandes. Der Längsdurchschnitt ergab eine Schweißverbindung verschiedener Werkstoffe.

einer Welle von 32 mm Durchmesser bei einer Belastung von 500 Amp. gleich $0,62 \text{ Amp./mm}^2$ und bei Teilmeßstrecken von je 20 mm Länge gemessen wurden. Die weitere Untersuchung an der aufgeschnittenen geschliffenen und geätzten Übergangsstelle ergab, daß ein Flußstahl mit etwa 0,40% Kohlenstoff und $61,2 \text{ kg/mm}^2$ Festigkeit (A) mit einem Schweißstahl mit etwa 0,08% Kohlenstoff und 34 kg/mm^2 Festigkeit (B) verschweißt war. Es handelt sich um eine sehr gut ausgeführte Schweißverbindung, die äußerlich nicht zu erkennen war; auch eine Röntgenaufnahme hatte zu keinem Ergebnis geführt. Über das Abbild des gehobelten Längsschnittes ist die Spannungskurve gezeichnet.

Die Ausschläge sind auch von der Strombelastung abhängig. Bei den geringen Spannungsabfällen ergeben sich bei dem hochempfindlichen Apparat brauchbare Meßgrößen, wenn die Strombelastungen 0,4 bis $0,5 \text{ Amp./mm}^2$ betragen. Die Einflüsse der Erwärmung bei dieser hohen Strombelastung und die der Schwankungen der Netzspannung sind bei den kleinen in Frage kommenden Spannungsabfällen größer als

der Spannungsabfall infolge kleiner Anrisse. Um diese störenden Einflüsse auszuschalten, werden die Spannungsabfälle je zweier gleichlanger und gleichstarker Wellenabschnitte einem hochempfindlichen Differential-Millivoltmeter zugeleitet, das die Differenz der beiden Spannungsabfälle anzeigt.

Die Meßabschnitte beim elektrischen Prüfstand für die Achswellen sind durch Teilung des gesamten elektrischen Spannungsabfalles einer Achse in ungefähr gleiche Teile unter Berücksichtigung der Radnabenlänge erhalten. Die Spannungsabfälle dieser Abschnitte werden durch aufgesetzte Kontakte, die in einem gemeinsamen Rahmen gelagert sind, gemessen. Der Spannungsabfall in den einzelnen Achsabschnitten ist je nach der Länge und der Größe des Querschnittes etwas verschieden. Es werden jeweilig die Spannungsabfälle zweier gegenüberliegender gleichstarker und gleichlanger Meßabschnitte über einen Umschalter dem Differential-Millivoltmeter zugeleitet. Das Meßinstrument, ein Millivoltmeter mit zwei Drehspulen-Meßsystemen, zeigt die Differenz der Spannungsabfälle zwischen zwei Meßabschnitten an, es gestattet im kleinsten Meßbereich Ablesungen

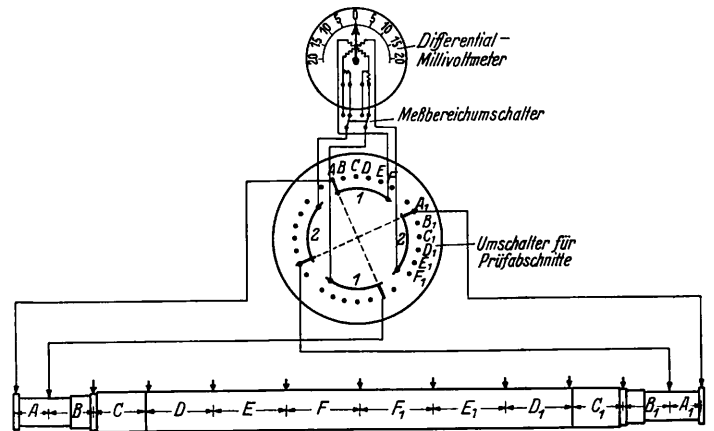


Abb. 3. Schematische Darstellung der Einteilung der Prüfabschnitte, des Umschalters und des Meßgeräts.

bis 0,01 Millivolt. Bei gleichen Widerständen, also gleichen Spannungsabfällen, bleibt der Zeiger des Meßinstrumentes in seiner Nullstellung in der Mitte. Befindet sich ein Anriß im rechten Meßabschnitt, so ist der Widerstand und damit der Spannungsabfall in diesem Wellenstück größer als in dem gleichlangen und gleichstarken unbeschädigten Wellenstück auf der linken Seite. Der Zeiger des Differential-Millivoltmeters schlägt nach links aus, er schlägt um so weiter aus, je größer der Spannungsabfall auf der rechten Seite gegenüber dem der anderen Seite ist und demgemäß je größer der Anriß ist.

Auf dem Prüfstand werden so Fehler in den einzelnen Abschnitten festgestellt. Durch Wiederholung der Messungen nach Drehung der Achse um je 90° , wird die Richtigkeit der Messungen nachgeprüft und auch die wahrscheinliche Lage des Fehlers im Querschnitt ermittelt. Abb. 3 stellt das Schema des elektrischen Prüfstandes dar. Ein starker Gleichstrom der durch besondere Niederspannungsgeneratoren erzeugt ist, wird durch die Achse geleitet. Die Welle ist isoliert gegen Ableitung aufgelegt. Die Stromanschlußschienen werden an den gut blankgemachten Stirnflächen der Wellen angeschlossen und die Meßkontakte auf die Meßpunkte gesetzt. Diese Kontaktstellen müssen vollständig metallisch blank sein, da schon die kleinsten Übergangswiderstände bei diesen kleinen Spannungen Meßfehler verursachen. Nach dem Einschalten des Stromes werden die Spannungsdifferenzen über den Umschalter an dem hochempfindlichen Differential-Millivoltmeter abgelesen. Die Belastung bei der die günstigsten

Meßergebnisse erhalten werden, ist für die untersuchten Achsen bei einem Achsdurchmesser von 170 mm mit 9000 bis 10000 Amp. ermittelt. Die Welle wird stark mit Strom gesättigt und es entstehen infolge des Ohmschen Widerstandes Spannungsabfälle, die in Millivolt meßbar sind. Zeigen sich beim Messen der einzelnen Streckenabschnitte Ausschläge, so ist die Achse in diesen Abschnitten verdächtig auf Fehler. Diese mutmaßlichen Fehler können Anbrüche, bzw. Anrisse in der Achse, oder bei beräderten Achsen auch schlechter Nabensitz sein. Der Stromweg in der Welle unter der Radnabe wird mehr oder weniger durch die Güte des Nabensitzes beeinflußt, so daß in diesem Abschnitt die Erkennung des Anrisses erschwert ist. Es kann z. B. über die eine Nabe je nach Güte des Sitzes ein größerer Strom fließen, als über die andere Nabe. Es werden somit nicht nur Anrisse, sondern auch schlechte Nabensitze mit dem Verfahren festgestellt. Die Art des Ausschlagens des Zeigers beim Messen dieser Abschnitte gibt noch keinen genauen Aufschluß über die Ursache. Ein Anriß erhöht in diesem Abschnitt den Spannungsabfall. Das Differential-Millivoltmeter schlägt infolge des erhöhten Widerstandes und des dadurch erhöhten Spannungsabfalles nach der Gegenseite aus. Ein schlechter Nabensitz hat einen größeren Spannungsabfall als ein guter Nabensitz, bei dem ein großer Teil des elektrischen Stromes über die Nabe fließt. Das Differential-Millivoltmeter schlägt nach der Seite des guten Nabensitzes aus. Ein Heißläufer verändert vielfach das Gefüge in der Lagerstelle und den anschließenden Teilen. Der Spannungsabfall ist in diesem Abschnitt erhöht. Es können aber auch Anrisse im Lagerschenkel den Spannungsabfall erhöhen. Der elektrische Prüfstand scheidet so alle Achsen aus, die verdächtig sind auf Anbruch beziehungsweise Anrisse, auf schlechten Nabensitz oder auf frühere Heißläufer und gibt jeweilig den verdächtigen Achsabschnitt an.

Bei den zahlreichen Prüfungen an Radsätzen von Personen- und Güterwagen konnten nur an einer Achse Anbrüche festgestellt werden. Es erübrigt sich daher, diese Betriebsachsen normaler Beanspruchung allgemein dieser Prüfung zu unterziehen, dagegen haben wiederholt aufgetretene Brüche an Triebachsen der Speichertriebwagen die Notwendigkeit der laufenden Prüfung dieser Achsen ergeben. Es wurde festgestellt, daß bei diesen Brüchen im Betriebe der Endbruch erst eingetreten war, nachdem die Achse bis zu $\frac{2}{3}$ ihres Querschnittes schon längere Zeit angebrochen war. Es kann angenommen werden, daß eine Achse mit Anriß bis zum Endbruch lange Zeit im Betriebe ist, es besteht daher die Möglichkeit, bei der laufenden Untersuchung des Wagens beschädigte Achswellen auszuschneiden, ehe sie sich dem Zeitpunkt des Endbruches nähern. Diese Triebachsen sind besonders stark beansprucht durch die zusätzliche Übertragung des Drehmomentes vom Antriebsmotor, der auch noch auf der Achse gelagert ist. Es wurde festgestellt, daß schlechte Nabensitze der Zahnräder bei diesen Triebachsen Anrisse und Achsbrüche verursachen können. Diese Triebachsen werden in gleicher Weise auf dem elektrischen Prüfstand vorgeprüft. Für diese Achsen muß der Meßkontakt zwischen Rad und Zahnradnabe wegfallen.

Abb. 4 zeigt das Schema des elektrischen Prüfstandes für die Triebradsätze. Der Gleichstrom von etwa 10000 Amp. wird in gleicher Weise durch die Achse geleitet. Der Spannungsabfall in dem Abschnitt b — Zahnrad + Laufradnabe — wirkt mit dem Spannungsabfall in dem gleich langen Meßabschnitt a auf der anderen Seite der Achse auf das Differential-Millivoltmeter. Bei gutem Zahnradsitz fließt ein Teilstrom über die Zahnradnabe, die Stromdichte in dem darunter liegenden Achswellenstück wird damit geringer und infolgedessen auch der auf dieser Seite gemessene Spannungsabfall. Der höhere Spannungsabfall der anderen Seite läßt den Zeiger

des Instrumentes aus der Nullstellung ausschlagen. Je nach der Strombelastung der Welle beträgt normalerweise bei einer solchen Triebachse, mit einwandfreiem Sitz der Zahnradnabe, der Ausschlag etwa 3 bis 6 Millivolt. Bleibt der Zeiger auf der Nullstellung stehen, oder zeigt er einen geringeren Ausschlag als etwa 3 Millivolt an, oder schlägt der Zeiger

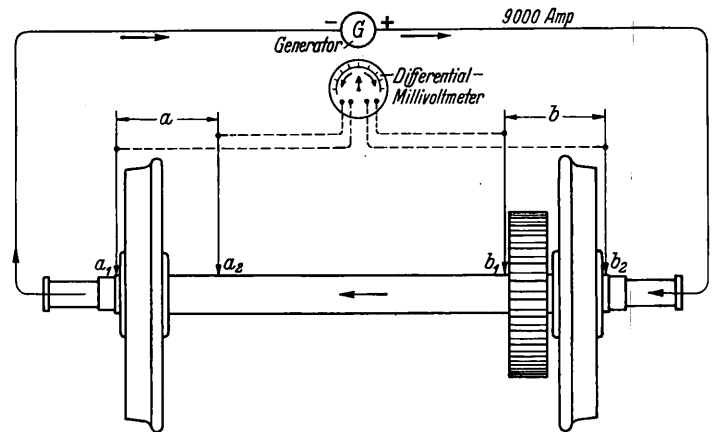
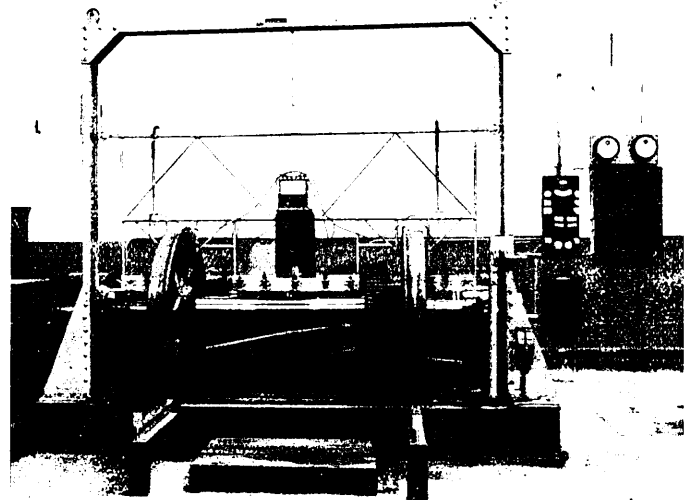


Abb. 4. Prüfschema für AT-Triebachsätze.

sogar nach der anderen Seite aus, so ist das Zahnrad lose beziehungsweise die Achse anbruchverdächtig. Die Größe der Ausschläge hängt naturgemäß auch von den Werkstoffeigenschaften der Achse ab. Die Zahnräder sitzen in diesen Fällen nicht derartig locker, daß dieses durch Klopfen oder durch seitliches Klemmen festgestellt werden könnte. Sie sitzen oft auf angefressenen Scheuerstellen der Welle fest und werden erst wieder durch die Antriebskräfte des Motors auf der Welle scheuernd bewegt.

Abb. 5 zeigt den elektrischen Prüfstand mit einer Triebachse eines AT-Wagens.



Werkaufnahme.

Abb. 5. Elektrischer Prüfstand mit AT-Triebachse.

In Zusammenstellung 1 sind Meßergebnisse an Triebachsen mit einteiligen und zweiseitigen Zahnrädern angegeben. Die zahlreichen Messungen ergaben, daß bei gutem Zahnradsitz der Ausschlag am Meßinstrument ziemlich gleichmäßig ist. Der Spannungsabfall ist in diesen Fällen auf der Seite des Zahnrades im Mittel 4 bis 5 Millivolt geringer, als auf der anderen Seite. Bei einem geringeren Ausschlag zeigte sich nach Abnehmen des Zahnrades immer ein schlechter Sitz des Zahnrades. Die Sitzfläche war durch die scheuernde Wirkung des

losen Zahnrades stark eingeschlagen und aufgeraut. Einzelne Keilnuten waren außerdem verbreitert und meist waren an dem inneren Ende des Laufradsitzes neben dem Zahnrad Sitz Anrisse vorhanden. Die zweiteiligen Zahnräder saßen im all-

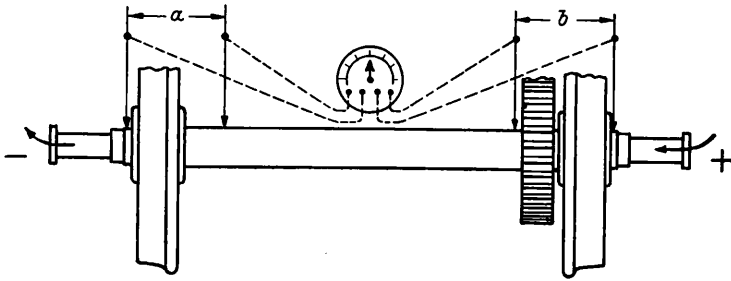


Abb. 6. Prüfanordnung zu den in der Zusammenstellung 1 angegebenen Prüfergebnissen.

Selbst bei nochmaliger Prüfung zweier Radsätze nach einer Betriebszeit von über einem Jahr, waren dieselben Meßergebnisse und derselbe gute Zahnradsitz vorhanden.

Hieraus kann gefolgert werden, daß bei sorgfältiger Arbeit auch die zweiteiligen Zahnräder sich nicht lockern, daß aber ein schlechter Zahnrad Sitz infolge schlechter Fertigungsarbeit zu einer Überbeanspruchung des Achswellenabschnittes und damit zu Anbrüchen führt. Das elektrische Prüfverfahren führt somit zur Erkennung von losen Zahnrädern und zur Feststellung von Anrissen. Ein schlecht sitzendes Zahnrad bildet infolge der dauernden ruckweisen Hin- und Herbewegung auf der Achswelle bei Übertragung der Anzugtriebkraft eine zusätzliche Überbeanspruchung der Achswelle und muß mit der Zeit zu Oberflächenanrissen führen. Die Weiterentwicklung bis zum Endbruch ist dann bei starker Betriebsbeanspruchung unausbleiblich.

Zusammenstellung 1.

Prüfergebnisse an AT-Triebachsen mit einteiligen und zweiteiligen Zahnrädern.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Einfluß des Zahnrades Millivolt ¹⁾	Bemerkungen
1	Einfluß des Zahnrades im Mittel von 37 Stück Achsen mit einteiligen Zahnrädern Grenzwerte . .	4,4 1,3 bis 6,5	Zahnrad Sitze durchweg gut, nur drei Stück weniger gut
2	Einfluß des Zahnrades im Mittel von 18 Stück Achsen mit zweiteiligen Zahnrädern Grenzwerte . .	1,2 0,— bis 2,9	Zahnrad Sitze allgemein schlecht, acht Stück sehr schlecht
3	Vergleichsmessungen an zwei neuen, hier fertiggestellten Wellen mit zweiteiligen Zahnrädern	a 4,4 b 4,5	Die Zahnräder wurden genau auf die Wellen aufgepaßt und dieselben Festsitze wie bei einteiligen Zahnrädern erreicht

¹⁾ Guter Zahnradsitz ergibt hohe Spannungsdifferenz in Millivolt, schlechter Sitz geringe Differenz.

gemeinen schlecht, während sie bei sorgfältiger Aufpassung dieselben Meßergebnisse hatten wie die einteiligen Zahnräder.

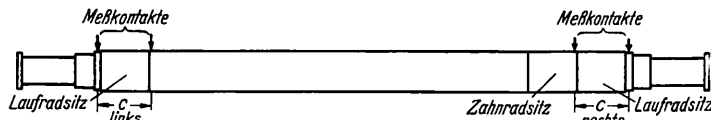


Abb. 7. Meßanordnung zu den in Zusammenstellung 2 angegebenen Meßergebnissen.

Die auf Anbruch oder schlechten Nabensitz des Zahnrades verdächtigen Achsen werden ausgesondert und die Räder und Zahnräder abgezogen. Die von den Rädern und Zahnrädern befreiten Achsen können dann nochmals auf dem elektrischen Prüfstand untersucht werden. In diesen Fällen sind meist Anrisse festgestellt, in der Regel etwa 10 mm vom inneren Ende des Laufradsitzes zwischen Welle und Zahnradnabe.

Abb. 7 zeigt einige Prüfungsergebnisse von Achsen mit und ohne Räder auf dem elektrischen Prüfstand (siehe

Zusammenstellung 2.

Beispiele von elektrischen Differential-Widerstandsmessungen an Achsen mit und ohne Räder. (Nr. 1 und 2 sind Laufachsen, Nr. 3 ist eine AT-Triebachse ohne Zahnrad.)

Lfd. Nr.	Achsen Nr.	Prüfstromstärke Amp.	Meßergebnisse in Millivolt Abschnitt C						Bemerkungen
			mit Räder			ohne Räder			
1	2	3	0°	90°	180°	0°	90°	180°	10
1	AW	9000	0,42	0,26	0,46	0,—	0,—	0,—	Die Durchmesser sind auf beiden Seiten gleich. Die Zeigerausschläge nach Spalte 4 bis 6 sind auf ungleiche Laufradnabensitze zurückzuführen, da nach Spalte 7 bis 9 die Ausschläge = 0 sind.
2	125802	9000	4,28	4,28	4,20	0,—	0,—	0,—	Die Durchmesser sind gleich. Sehr schlechter Nabensitz links.
3	1224	9000	0,20	0,35	0,30	0,25 +	0,20 +	0,20 +	Die Durchmesser sind gleich. AT-Triebwelle mit feinen Anrissen auf der Seite des Zahnrades. Ausschläge nach Spalte 4 bis 6 durch Nabeneinfluß und nach Spalte 7 bis 9 durch Anrisse bedingt.

Das Meßinstrument gibt die Differenz der Spannungsabfälle an. Ein + hinter den Zahlen bedeutet, daß der höhere Spannungsabfall rechts war, sonst links.

Zusammenstellung 2). Die Messungen der beiden ersten Achsen zeigen den Unterschied der Ausschläge infolge eines besseren und eines sehr schlechten Nabensitzes der Räder. Die dritte Achse ergab leichte Anrisse. Diese Anrisse wurden durch Untersuchung der Nabensitzfläche mit einer Lupe festgestellt.

Wenn auch die Prüfung der räderlosen Achsen auf dem elektrischen Prüfstand brauchbare Ergebnisse ergibt, so hängen die Meßergebnisse doch sehr von der Geschicklichkeit und Erfahrung des Prüfbeamten ab. Außer den in Abb. 1 dargestellten Besonderheiten machen sich bei kleinen Anbrüchen die geringsten unterschiedlichen Achsdurchmesser und Kontaktverhältnisse an der Meßstelle bemerkbar. Um diese für die Werkstatt weniger günstigen Erscheinungen auszuschalten, wurde für die räderlosen Wellen der elektromagnetische Prüfstand für Achsen gebaut, der schnell alle Schäden der Achsen in dem verdächtigen Achsabschnitt gut sichtbar anzeigt.

2. Der elektromagnetische Prüfstand.

Das elektromagnetische Verfahren beruht darauf, daß an einem magnetisch gesättigten Werkstoff an Fehlerstellen Kraftlinien austreten, weil an diesen Stellen der Querschnitt vermindert ist und infolgedessen eine magnetische Übersättigung auftritt. Bringt man in diesen Kraftlinienstrom Körper mit guter magnetischer Durchlässigkeit, wie z. B. feine Eisenfeilspäne, so werden diese angezogen und an den Anrissen raupenartig festgehalten. Das Maß der magnetischen Sättigung muß dabei ausprobiert werden, um den Unterschied der Permeabilität zwischen dem Eisen und dem Luftspalt am Anriß recht groß zu erhalten. Wenn z. B. ein Querschnitt zu sehr gesättigt ist, wird ein Teil der Kraftlinien aus dem Werkstück austreten, selbst wenn kein Fehler vorhanden ist, das führt zu falschen Ergebnissen. Andererseits werden bei ungenügender Sättigung die Kraftlinien an Fehlerstellen nicht austreten, sondern durch den gesunden Querschnitt gehen und keine genügende Wirkung nach außen hervorrufen. Der richtige Sättigungsgrad bei den untersuchten Achswellen wird bei einer Anzahl von 6000 bis 8000 Kraftlinien pro mm² erreicht.

Der elektromagnetische Prüfstand besteht aus dem Elektromagnetkern mit Erregerspule, den Magnetschenkeln und der zu prüfenden Welle (siehe Abb. 8 und 9). Magnetkern, Spule und die unteren Enden der Magnetschenkel sind im Boden versenkt angeordnet und durch Bodenbelag abgedeckt. Um störende Streukraftlinien zu vermeiden, sind magnetische Metallteile nach Möglichkeit ferngehalten. Die Magnetschenkel sind entsprechend dem Weg der Kraftlinien gestaltet. Die zu prüfende Welle wird auf die Böcke des Prüfstandes gelegt. Nach dem Einschalten des Erregerstromes werden die Magnetschenkel durch die magnetischen Zugkräfte fest an Magnetkern und Prüfwellen angepreßt. Die Stirnflächen der Prüfwellen müssen eben und metallisch blank sein, um Luftzwischenraum zu vermeiden, der sonst zur Bildung von störenden Streukraftlinien führen. Die Größe des Erregerstromes richtet sich je nach dem Durchmesser der zu prüfenden Stelle. Der richtige Sättigungsgrad ist dann erreicht, wenn übergestreute Feilspäne an den unbeschädigten Stellen sich eben noch abblasen lassen. Sind Anrisse vorhanden, so bleiben die Feilspäne raupenartig an diesen haften. Das Maß der magnetischen Sättigung muß also jeweils für den zu prüfenden Querschnitt eingestellt werden. Ist z. B. die Welle an dem Nabensitz voll gesättigt, so ist der Lagerschenkel übersättigt, da hier ein kleinerer Querschnitt vorhanden ist. Bei nicht allzu feinen Rissen genügt schon eine geringere Magnetisierung, oft schon der remanente Magnetismus der Prüfwellen zur Feststellung der Anrisse. Das Abblasen der überschüssigen Eisenfeilspäne kann durch einen kleinen Ventilator erfolgen. Im allgemeinen genügt auch das Abblasen mit dem Munde.

Bei Beachtung des richtigen Sättigungsgrades des zu prüfenden Wellenabschnittes können die feinsten Haarrisse auf diese Weise sicher und schnell festgestellt werden. Bei einiger Übung können sogar aus der Größe und der Form der Feilspänenraupen,

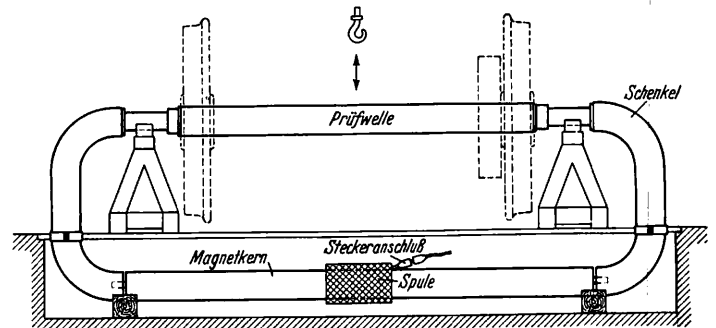


Abb. 8. Magnetischer Prüfstand.

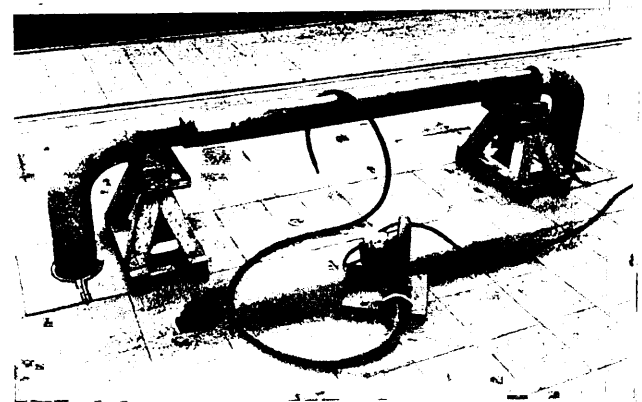


Abb. 9. Magnetischer Prüfstand.



Abb. 10.

Einige im RAW, Limburg festgestellte Anrisse an AT-Triebachsen.

Lfd. Nr.	Art und Nr. des Wagens	Art und Nr. der Achse	Herstell.-Jahr	Art des Schadens und vermutliche Ursache
1 (Abb. 10a)	Zweiteilig Kettwig 295/96	Triebachse Nr. 725	1908	1 Anriß. Loses Zahnrad. Tiefe des Anrisses etwa 5 bis 10 mm.
2 (Abb. 10b)	Zweiteilig Heißen 297/98	Triebachse Nr. 730	1908	2 Anrisse, Keil gebrochen. Loses Zahnrad. Tiefe der Anrisse etwa 1 mm.
3 (Abb. 10c u. d)	Zweiteilig Köln-Düren 279/80	Triebachse Nr. 728	1908	2 Anrisse, Keil gebrochen. Loses Zahnrad. Riß 1 = Haarriß, Riß 2 = etwa 10 bis 12 mm tief.

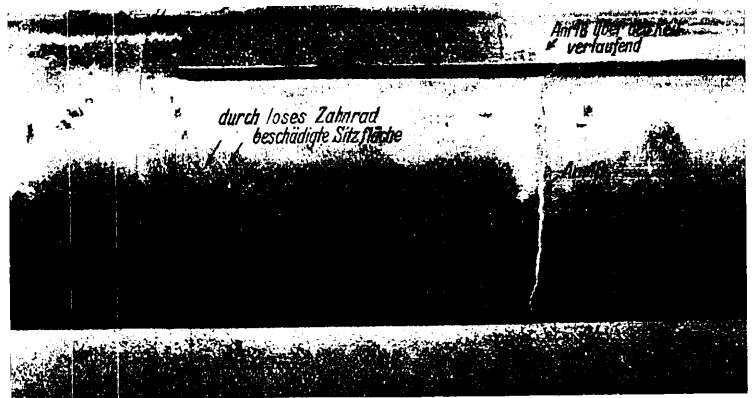
Schlüsse auf Tiefe und Beschaffenheit der Anrisse gezogen werden. Es hat den Anschein, als ob bestimmte proportionale Beziehungen zwischen Raupengröße und Anrissen vorhanden sind. Die feinsten Anrisse in der Achse, besonders auch Heißläuferanrisse im heißgelaufenen Achsschenkel, werden durch das Verfahren mit Sicherheit festgestellt. Die durch den Betrieb entstehenden gefährlichen Anrisse in der Achse sind ausschließlich Querrisse. Sie liegen bei der Untersuchung auch auf dem magnetischen Prüfstand senkrecht zu dem Kraftlinienstrom. Hierdurch erklärt sich die hohe Empfindlichkeit des Verfahrens selbst bei den feinsten Haarrissen.

Es wurden auch Achsen mit Rädern auf dem elektromagnetischen Prüfstand untersucht. Dabei hat es sich nicht als zweckmäßig erwiesen, Achsen mit Rädern oder Triebachsen mit Rädern und Zahnrad auf dem elektromagnetischen Prüfstand zu untersuchen, weil der Einfluß der Nabensitze zu verschieden ist und aus den dadurch sich ergebenden Unterschieden nicht mit Sicherheit auf Anbrüche geschlossen werden kann. Erst die Verbindung beider Prüfstände hat zu praktischen Ergebnissen geführt.

Nach diesen beiden Verfahren, dem elektrischen Prüfverfahren und dem elektromagnetischen Prüfverfahren, werden seit drei Jahren sämtliche Triebachsen der AT-Wagen, sowie stark beanspruchte Laufradsätze untersucht. Von über 200 untersuchten Achsen wurden 25 Triebradsätze und zwei Laufradsätze nach dem elektrischen Prüfverfahren als verdächtig ausgesondert. Die von den Rädern befreiten Achswellen wurden sodann auf dem magnetischen Prüfstand weiter untersucht und es wurden dabei an 20 Wellen Anrisse festgestellt. Diese 20 Wellen mußten als betriebsgefährlich ausgemustert werden. Die Tiefe der festgestellten Risse ging vom Haarriß bis zu 10 mm und einzelne bis zu 30 mm und die Länge der Anrisse bis rund um die Welle herum. Das Eintreten des Bruches im Betrieb wäre bei diesen Wellen nur eine Frage der Zeit gewesen. Die übrigen sieben Wellen zeigten gebrochenen Keil und zerschlagenen Zahnradsitz, was nach den Beobachtungen bei den übrigen Wellen als Vorstufe zu den späteren Anrissen angesehen werden muß. Abb. 10 bringt einige Beispiele der durch beide Verfahren gefundenen beschädigten Achswellen nebst den durch das elektromagnetische Verfahren sichtbar gemachten Anrissen. Abb. 11 zeigt die Anrisse eines heißgelaufenen Achsschenkels.

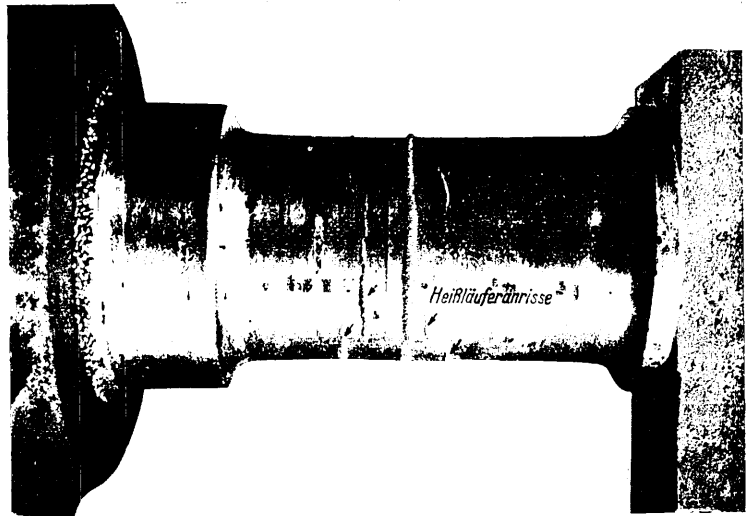
Die Aufgabe, ein Verfahren zu entwickeln um Radsätze ohne Abpressen der Räder auf Anbrüche zu untersuchen, ist so weit gelöst, als alle Achsen auf dem elektrischen Prüfstand darauf untersucht werden können, ob sie frei von Anrissen, frei von schlechten Nabensitzen und frei von früherem Heißlauf sind. Liegen derartige Fehler vor, so wird die fehlerhafte

Stelle auf dem elektrischen Prüfstand festgelegt. Auf dem elektromagnetischen Prüfstand wird dann die von den Rädern



Werkaufnahme.

Abb. 10d. Anriß an einer Triebachswelle durch Feilspäne kenntlich gemacht.



Werkaufnahme.

Abb. 11. Anrisse an einem heißen Achsschenkel. (Das Haften der Eisenkügelchen an der Nabe ist auf sehr schlechten Laufrad-Nabensitz zurückzuführen.)

befreite Achswelle weiter untersucht und der Anriß gut sichtbar gemacht.

Rundschau.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Normalisierungsverfahren für Schienenherstellung.

Durch eingehende Forschungen und Versuche hat die Illinois Steel Cy. ein neues Herstellungsverfahren für Schienen, Normalisierung genannt, ausgebildet, das Schienen größerer Dehnbarkeit und größeren Widerstandes gegen Stöße, Abnutzung und Einfahren der Schienenenden liefert. Auch soll es dem Auftreten von Querrissen und anderen Innenschäden entgegenwirken. Das Verfahren ist das Ergebnis mehr als 25jähriger Forschung unter Zusammenwirken einer Reihe von Stellen, die an der Herstellung von Schienen beteiligt sind.

Durch Versuche zwischen 45° unter und 60° über Null wurde bestätigt, daß der dynamische Widerstand der Schienen mit der Temperatur rasch abnimmt. Die Erscheinung, daß die Schienen häufiger bei niedriger als bei hoher Temperatur brechen, ist damit

wesentlich begründet. Weiter fand man, daß die sogenannten Querrisse bei neuen Schienen in der Mitte des Schienenkopfes durch wiederholte Beanspruchungen nahe der Streckgrenze des Stahls herbeigeführt werden konnten. Der Ort dieser Risse hängt genau von der Lauflinie der Last auf der Schiene ab. Als wichtige Feststellung ergab sich weiter, daß sowohl Brüche bei niedriger Temperatur als auch Querrisse durch gröberes Korn innerhalb des Schienenkopfes begünstigt wurden.

Beim Abkühlen aus dem geschmolzenen Zustand durchläuft der Stahl verschiedene Stadien, deren eines, das „Kritische“, als für die Beschaffenheit und die Eigenschaften des Metalls besonders wichtig bekannt ist. Beim Normalisierungsverfahren wird nun durch geeignete Wärmebehandlung dafür gesorgt, daß die Schienen dieses Stadium mit verfeinertem Korn antreten, so

daß sie den Abkühlungsspannungen ohne Rissebildung mit ausreichender Dehnbarkeit widerstehen. Weiter erfahren die Schienenenden vor der schließlichen Abkühlung eine Härtung. Es wird zunächst Luftkühlung angewendet, wenn die Schiene die Walzen verlassen hat, bis die Temperatur im Inneren ein wenig unter dem sogenannten wärmekritischen und über dem spröden Wärmestadium ist. Dann werden die Schienen unter sorgfältiger Kontrolle im Ofen erhitzt, bis der ganze Querschnitt eine etwas über der wärmekritischen liegende, gleichförmige Temperatur erreicht hat. Schließlich wird der Schienenkopf an beiden Enden einem Druckluftgebläse ausgesetzt, bis an diesen Stellen die gewünschte Härte erreicht ist. Alles ist dabei selbsttätig eingestellt, so daß ein gleichförmiges Erzeugnis gewährleistet ist.

Durch strenge Prüfung in Versuchsanstalten und auf der Strecke wurde die Überlegenheit der normalisierten Schienen gegenüber den üblichen erwiesen. Die Innenspannungen in neuen und in längere Zeit befahrenen Schienen wurden genau beobachtet, mit denen gewöhnlicher Schienen verglichen und es wurde dabei ausnahmslos festgestellt, daß die Spannungslinien sich im Betrieb änderten, d. h. sich gegen Schienenkopfmittle oder darüber hinaus verlegten.

Die Brinellhärte der normalisierten Schienen wurde durch Abschrecken der Enden mittels Druckluft hier auf 375 bis 400 gebracht, während sie sonst, auf dem Wärmebett gekühlt, 250 bis 260 haben. Der Übergang vom gehärteten zum ungehärteten Stahl erfolgt allmählich und läßt sich leicht nach Bedarf regeln. Die Normalisierung erhöht auch die Dehnbarkeit, was durch zahlreiche Versuche bewiesen wurde.

Dr. S.

(Rly. Age 1935.)

Der Schienenschragstoß auf amerikanischen Eisenbahnen.

Der Schragstoß unter 45° ist aus dem amerikanischen Oberbau nie ganz verschwunden. Vor 40 bis 50 Jahren wurde der Schrag-

stoß derart ausgeführt, daß die Abschrägung auf die ganze Schientiefe ausgedehnt wurde. Man war damit nicht unzufrieden, der Stoß befuhr sich angenehmer und die Schläge nahmen ab, aber die Bewegung der Schienen gegeneinander verursachte eine Verkeilung, sprengte die Bolzen und führte Gefahr herbei. Später wurde der Gedanke dahin abgeändert, daß man den Schragstoß im Kopf und den Querstoß im Fuß anwendete. Dadurch wurde die Verkeilung vermieden, aber man mußte dabei die Schienenenden nach dem Erkalten bearbeiten und das war sehr teuer. Vor einigen Jahren griff man nun auf diesen kombinierten Gedanken wieder zurück, indem man die Bearbeitung in der Zeit ausführte, in der die Schiene noch die Walzglut besaß. Alle Schienen sind absolut auswechselbar. Eine Anzahl solcher Schienen, teils gehärtet, teils ungehärtet, waren auf einigen der wichtigsten Eisenbahnen der Ver. Staaten schon bis zu drei Jahren in Verwendung und zwar wurden sie absichtlich dem stärksten Verkehr ausgesetzt. Die Schläge an den Schienenstößen wurden dabei um 50 bis 75% gegenüber dem gewöhnlichen Querstoß abgemindert. Die Stöße und Geräusche unter den Verkehrslasten nahmen entschieden ab.

Bei dieser Gelegenheit ist zu bemerken, daß einige Bahnverwaltungen mit besonders schwerem Verkehr über die Schläge an den Schienenstößen eingehende Beobachtungen anstellten. Es stellte sich heraus, daß von der Deformation, die sich innerhalb eines Zeitraumes von 3 bis 5 Jahren entwickelt, mehr als der halbe Betrag schon in den ersten 5 Wochen auftritt. Schon das Verkehren weniger Züge genügt, um die Enden der quergestoßenen Schienen einzuschlagen und ausgesprochene Schläge unter den Verkehrslasten hervorzurufen. Der Schragstoß dagegen gibt die Beanspruchungen von der einen Schiene an die andere stetig weiter und schon so beide Schienenenden.

Dr. S.

Rly. Age.

Lokomotiven und Wagen.

Anthrazit-Triebwagen.

Nach den guten Erfahrungen, die man gelegentlich der Versuchsfahrt für heimische Treibstoffe im Herbst 1935 außer mit Holz auch mit Anthrazit und Schwelkoks als Brennstoff gemacht hatte, lag es nahe, auch Triebwagen mit derartigen Gasanlagen auszustatten.

Das Landesverkehrsamt Brandenburg hatte Anfang 1935 neben sieben Diesel-Triebwagen auch zwei Holzgas-Triebwagen in Auftrag gegeben und entschloß sich auf Grund der Erfahrungen der Versuchsfahrt eines dieser Fahrzeuge für Anthrazitbetrieb einrichten zu lassen.

Im allgemeinen verwendet man heute als Gas-Fahrzeugmotoren Dieselmotoren, die durch Auswechseln der Zylinderköpfe, Ersatz der Brennstoffpumpen durch den Zündapparat und der Einspritzdüsen durch Zündkerzen sowie nach Einsatz neuer Zylinderbüchsen mit größerer Bohrung für Gasbetrieb eingerichtet werden. Die Hauptteile der Konstruktion, das Kurbelgehäuse, die Kurbelwelle mit Lagerung usw. werden hierbei vollständig vom Dieselmotor übernommen. Dadurch hat man auch jederzeit die Möglichkeit, unter besonderen Umständen zum flüssigen Betriebsstoff zurückzukehren. Bei der Bemessung der Motorgröße muß natürlich von der Gasmotorleistung ausgegangen werden, da der Gasbetrieb trotz der vorstehend aufgeführten Änderungen noch eine Minderleistung ergibt.

Abb. 1 zeigt schematisch die Anordnung der Motoren- und Antriebsanlage in dem obengenannten Anthrazitgas-Triebwagen. Der Gaserzeuger ist in dem einen Führerstand seitlich eingebaut, der Vergaserraum selbst durch eine große Tür von außen bequem zugänglich. Die Beschickungsöffnung ist durch eine Leiter erreichbar.

Der Gaserzeuger arbeitet mit aufsteigender Vergasung, er besteht aus einem Unterteil mit Dampfkammer und Drehrost, einem ausgemauerten Mittelteil und einem oberen Blechmantel, der als Brennstoffvorratsbehälter dient. Die Vergasungsluft wird durch die Dampfkammer, in die in Abhängigkeit von der Leistung Wasser eingespritzt wird, hindurchgeleitet. Die genaue Bemessung der Wassermenge spielt für den Vergasungsvorgang eine große Rolle. Das Dampfluftgemisch tritt aus einer Mitteldüse unmittel-

bar über dem Rost aus, durchzieht gleichmäßig das Glutbett und bewirkt darüber die chemische Umsetzung der Schweldämpfe in brennbares Gas, das oben vom Motor abgesaugt wird. Das Gas durchströmt zunächst zwei Fliehkraft-Staubabscheider, gelangt dann zum Gaskühler, der ebenso wie die Staubabscheider unterhalb der Wagenplattform, dem Fahrwind gut ausgesetzt, angeordnet ist. Das gereinigte, gekühlte und nunmehr fast trockene Gas durchläuft noch einen weiteren Wasserabscheider, um schließlich durch das Gasluftmischventil zum Motor zu gelangen.

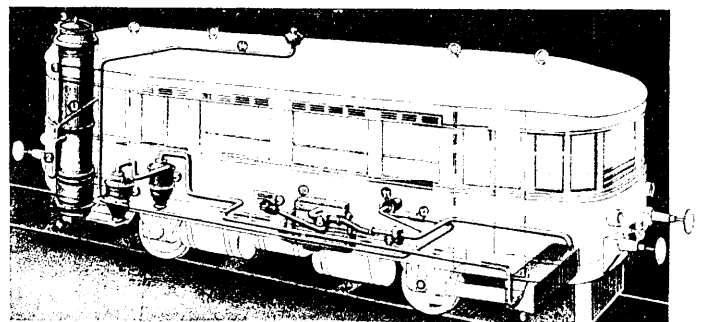


Abb. 1. Einbau der Anthrazitgasanlage in einen Triebwagen.
1. Gaserzeuger, 5. Staubabscheider, 6. Gaskühler, 10. Gasmotor.

Der Antrieb des Wagens, bestehend aus Motor, Kupplung und viergängigem Druckluftschaltgetriebe, ist in einem besonderen Rahmen angeordnet, der in drei Punkten auf den Achsen gelagert ist. Diese Anordnung hat sich sehr bewährt, da sie Erschütterungen von dem Fahrzeug selbst fernhält.

Die Antriebsmaschine, ein Sechszylinder-Deutz-Fahrzeugmotor, hat bei Gasbetrieb eine Leistung von 95 PS, er arbeitet mit dem sehr günstigen Verdichtungsverhältnis von $\epsilon = 1:10$ und zeichnet sich durch hohe Laufruhe und weichen Gang aus. Der Antrieb von der Motorwelle erfolgt über das Getriebe auf die eine Achse.

Alle Bedienungshebel, die Kontroll- und Meßinstrumente sind in je einem Schalttisch an beiden Enden des Wagens zu-

sammengefaßt nahezu in der gleichen Anordnung wie bei dem bei derselben Verwaltung in Betrieb befindlichen Dieselwagen. Der Kraftstoffverbrauch betrug bei der Probefahrt über 108 km 87 kg Anthrazit Nuß IV. Im praktischen Betrieb ergeben sich Kraftstoffkosten von 3,08 Pfg./km. Da beim Landesverkehrsamt Brandenburg auf der gleichen Strecke unter den gleichen Betriebsverhältnissen je ein Anthrazit-, ein Holzgas- und Dieseltriebwagen laufen, ergeben sich interessante Vergleichsmöglichkeiten über die praktische Bewährung dieser Anlagen.



Abb. 2. Bekohlungseinrichtung für Anthrazitgas-Triebwagen.

Abb. 2 zeigt eine Bekohlungseinrichtung für den Anthrazit-Triebwagen. Die Wagen haben 31 Sitzplätze und fünf Klappsitze. Das Betriebsdienstgewicht beträgt 12,9 t, die Fahrgeschwindigkeit etwa 54 km. Than.

Stromlinien-Triebwagenzüge der Gulf, Mobile and Northern-Bahn.

Die beiden von der American Car and Foundry Company gebauten Züge ähneln im ganzen den übrigen Zügen, die in den letzten Jahren in den Vereinigten Staaten in Betrieb gekommen sind*). Jedoch sind sie nicht als Gliederzüge mit Jakobs-Drehgestellen durchgebildet, sondern bestehen je aus drei eng gekuppelten und durch Faltenbälge verbundenen Einzelwagen, denen nach Bedarf ein weiterer Wagen als Verstärkung hinzugefügt werden kann. Der Antrieb ist dieselektrisch. Der an der Spitze laufende Wagen enthält als Triebfahrzeug die Maschinenanlage am vorderen Ende und die Antriebsmotoren (2 × 275 PS-Tatzlagermotoren) im hinteren Drehgestell sowie ein Postabteil und einen Gepäckraum. Der anschließende Speisewagen hat 38 Sitzplätze für weiße und 24 Sitzplätze für farbige Reisende. Der Schlußwagen ist je zur Hälfte als Schlafwagen und als Aussichtswagen ausgebildet.

Die Wagen sind aus Stahl hergestellt; die meisten Verbindungen sind geschweißt. Die Türausschnitte sind besonders verstärkt; die Türen verdecken in geschlossenem Zustand auch die unter den Wagenkasten befindlichen Schürzen, wodurch die Züge eine glatte, ruhige Außenform erhalten. Da der Zug stets mit dem Triebwagen voran fährt, ist sein vorderes und hinteres Ende der Stromlinienform entsprechend verschieden ausgebildet, auch ist der vordere Teil des Triebfahrzeugs besonders kräftig durchgebildet.

Die Drehgestelle haben die übliche amerikanische Bauart mit Schwanenhals. Sämtliche Achsen laufen in Timken-Rollenlagern.

Die Maschinenanlage besteht aus einer 660 PS-Alco Mc Intosh and Seymour-Dieselmachine, die mit 740 Umdr.-Min. im Viertakt arbeitet. Im Leerlauf beträgt die Umdrehungszahl nur 350 Umdr.-Min. Der Zylinderblock ist im Schweißverfahren ganz

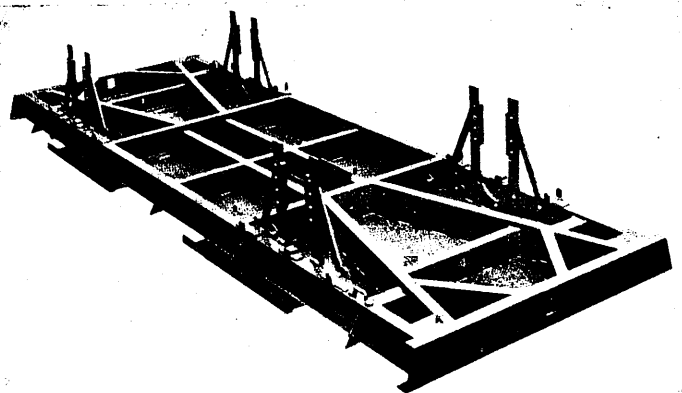
aus Stahlblech hergestellt, wie dies von ortsfesten Dieselmachines ja bekannt ist. In die Zylinder sind Laufbüchsen aus Gußeisen eingesetzt. Die Zylinderköpfe bestehen aus Stahlguß, die Kolben aus Leichtmetall. Der Maschinensatz wiegt samt den zugehörigen Umlaufpumpen 11100 kg; also 16,8 kg/PS. Der 450 kW-Stromerzeuger ist mit der Dieselmachine unmittelbar gekuppelt. Zum leichteren Ausbau der Maschinenanlage kann der darüber liegende Teil des Daches abgehoben werden.

Die Druckluft-elektrische Bremse mit Totmanneinrichtung stammt von der New York Air Brake Company. Das führende Drehgestell ist zu 169%, das Triebgestell zu 197% abgebremst; die übrigen Drehgestelle, außer dem letzten, sind zu 200% dieses nur zu 165% abgebremst. Der Anstrich der Wagen ist aluminiumfarbig und in Höhe der Fenster grellrot gehalten; nicht nur aus Gründen der Verkehrswerbung, sondern vor allem auch zwecks besserer Sichtbarkeit zur Unfallverhütung.

Die neuen Züge sind für den durchgehenden Verkehr zwischen Jackson und New Orleans bestimmt; sie sollen die 785 km lange Strecke mit 39 Halten in etwa zwölfstündiger Nachtfahrt zurücklegen. Eine außergewöhnliche, die Stromlinienform erfordernde Fahrgeschwindigkeit hat der Zug also nicht. An den Endbahnhöfen müssen die Züge gedreht werden. Mit der Inbetriebnahme dieser Züge hat die Bahn nunmehr ihren gesamten Personenverkehr auf Triebwagen umgestellt, nachdem sie schon seit 1933 eine Reihe von Brill-Triebwagen mit benzol-elektrischem Antrieb in Betrieb hatte, die mit je zwei Anhängern verkehrten und bisher täglich 660 km zurücklegten. Die Gesamtkosten dieses Betriebs haben im vergangenen Jahr einschließlich der Abschreibung, Verzinsung und Unterhaltung der Wagen und sämtlicher Nebenkosten etwa 21,5 ets für den Zugkilometer betragen. (Rly. Age 1935.) R. D.

Geschweißter Kohlenwagen der London und North Eastern-Bahn.

Die London and North Eastern-Bahn hat als eine der ersten englischen Eisenbahnen von der Schweißung in größerem Umfang Gebrauch gemacht, und zwar zunächst bei der Ausbesserung und beim Bau von Brücken, dann auch bei Fahrzeugen. So hat sie vor einiger Zeit einen Tender fast vollständig geschweißt und damit bedeutende Gewichtsparnisse erzielt.



In jüngster Zeit hat die Bahn 100 Kohlenwagen beschafft, die für die Beförderung von Lokomotivkohle bestimmt und ebenfalls fast ganz geschweißt sind. Die Wagen, im allgemeinen Aufbau den englischen Regelwagen entsprechend, sind nach den Angaben von Gresley gebaut worden. Der Wagenkasten ist ganz aus Blech hergestellt, die vier Türen und die fest eingebauten Stirnwände bestehen aus Preßblech. Sämtliche Kastenbleche samt den Türsäulen sind durch Schweißnähte verbunden. Die Bauart des Untergestells ist aus der Textabbildung zu ersehen, wo dasselbe mit der Unterseite nach oben gerichtet dargestellt ist. Alle Teile, die Langträger, Pufferstreben, Kastenstützen, Querträger und Kopfstücke sind unter sich und mit dem ebenfalls aus Blech hergestellten Kastenboden durch Schweißung verbunden. Dies ergibt nicht nur den Vorzug größerer Steifigkeit und geringeren Gewichts, sondern es verhindert zugleich das Durchsickern von Wasser durch den Fußboden, das sonst bekanntlich

*) Vergl. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, S. 359.

zu Anzehrungen am Untergestell und mit der Zeit zu dessen Zerstörung führt. Auch die sonst erforderlichen kleineren Teile wie die Bremsklotzhängeisenlager und ähnliches sind angeschweißt. Eine Ausnahme machen nur die Achshalter, die des leichteren Austausches halber angenietet sind.

Der Wagen, der ein Fassungsvermögen von 23,2 m³ aufweist, hat ein Eigengewicht von 8 t
R. D.
(Engineering 1935.)

Neue Diesel-Triebwagen und Triebwagenzüge.

In der letzten Zeit haben wiederum zahlreiche Verwaltungen neue Diesel-Triebwagen und -Triebwagenzüge eingestellt oder in Bau gegeben. Über einige bemerkenswerte Bauarten sei nachstehend kurz berichtet.

Deutschland und Frankreich) für die Innehaltung einer Höchstgeschwindigkeit auf längeren Fahrstrecken nicht geeignet sind. Die Luxuszüge (Abb. 1) sollen im Südexpresdienst zwischen Madrid und Hendaye an der französischen Grenze eingesetzt werden. Die Fahrzeit von etwa 11 1/2 Stunden wird sich hier um etwa 3 Stunden kürzen lassen. Die Höchstgeschwindigkeit dieser Züge beträgt 120 km/h. Die beiden anderen Vierwagenzüge sind für den Dienst zwischen Madrid und der Provinz Galicien (Gijon, Corunna, Vigo) bestimmt, die beiden Dreiwagenzüge für die Strecke Madrid-Palencia-Santander. Der Luxuszug bietet 175 Plätze 1. und 2. Klasse, die anderen Vierwagenzüge 254 Sitzplätze 2. und 3. Klasse; sie wiegen 134 t und sind mit vier paarweise in den Maschinenräumen am Zugende angeordneten Stromerzeugersätzen mit Achtzylinder-Dieselmotoren von 350 PS bei

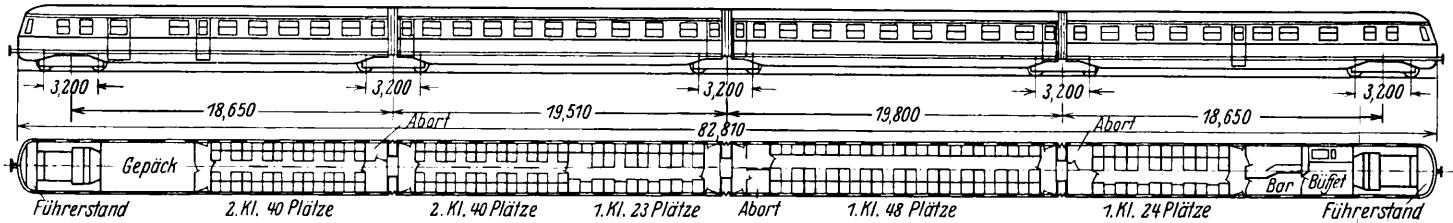


Abb. 1. Diesel-elektrischer Triebwagenzug der Spanischen Nordbahn.

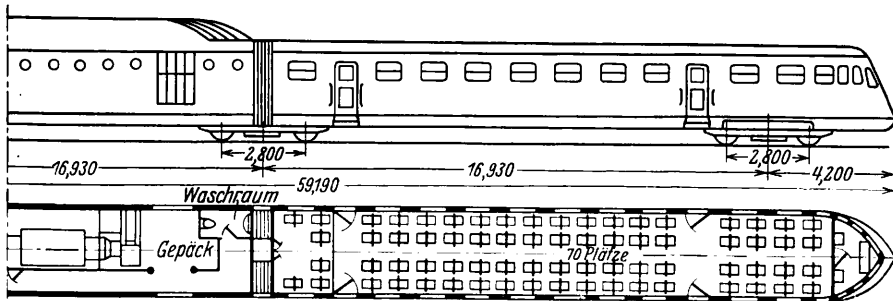


Abb. 2. Diesel-mechanischer Dreiwagenzug der Französischen Staatsbahn.

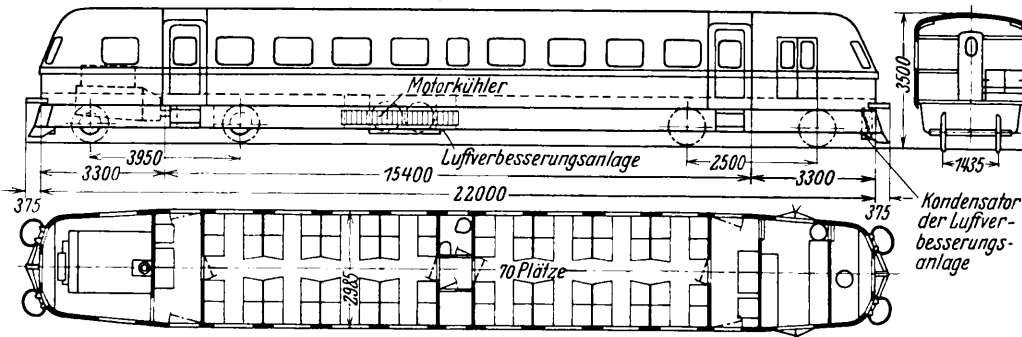


Abb. 3. Diesel-Triebwagen der Ägyptischen Staatsbahn.

Die Spanische Nordbahn hat sechs Diesel-Triebwagenzüge bestellt (sämtlich mit diesel-elektrischem Antrieb), nämlich zwei Vierwagenzüge der in Abb. 1 dargestellten Bauart, zwei Vierwagenzüge ähnlicher Bauart, jedoch ohne Büfett und in anderer Klasseneinteilung, und zwei Dreiwagenzüge. Diese Züge weisen alle Merkmale neuzeitlicher Schnelltriebwagen auf, obwohl die Streckenverhältnisse in Spanien (starke Steigungen, scharfe Krümmungen sowie ein nicht so kräftiger Oberbau wie z. B. in

1100 Umdr./Min. ausgerüstet. Die Dreiwagenzüge erhalten ebenfalls vier Dieselstromerzeugersätze, jedoch von je 275 PS bei 1000 Umdr./Min. Bei den derzeitigen Wirren in Spanien wird ein Einsatz der Wagen wohl vorerst nicht in Frage kommen.

Abb. 2 zeigt die Hälfte eines Diesel-Dreiwagenzuges mit mechanischer Übertragung; von dieser Bauart hat die Französische Staatsbahn kürzlich drei Züge bestellt. Jeder Endwagen des Zuges, dessen Höchstgeschwindigkeit 140 km/h beträgt, bietet 70 Plätze. Im Mittelwagen befinden sich (einseitig eines Seitenganges) zwei Waschräume und zwei Gepäckräume sowie der Maschinenraum, in welchem zwei Dieselmotoren mit 16 Zylindern in V-Anordnung untergebracht sind. Jede Maschine leistet 500 PS bei 1500 Umdr./Min. (Bohrung 156 mm, Hub 180 mm) und arbeitet über ein elektropneumatisch gesteuertes Vierganggetriebe mit Vorwahl ($\ddot{u} = 1:1, 1,63:1, 2,76:1, 4,9:1$) auf die zunächst gelegene Achse des benachbarten Drehgestells, mit der die andere Achse dieses Drehgestells durch eine Kardanwelle gekuppelt ist.

Schließlich seien noch die Triebwagen nach Abb. 3, von denen die Ägyptische Staatsbahn zehn bestellt hat (fünf sind schon geliefert), erwähnt. Diese für 110 km/h Höchstgeschwindigkeit bestimmten Wagen werden durch einen unmittelbar über dem einen Drehgestell angeordneten Sechszylinder-Dieselmotor von 220 PS bei 1250 Umdr./Min. (Bohrung 170 mm, Hub 220 mm) angetrieben, und zwar arbeitet der Motor über ein zwischen den beiden Achsen des unter dem Maschinenraum liegenden Drehgestells angeordnetes Fünfganggetriebe auf die beiden Achsen dieses Drehgestells. Die Kühleinrichtung des Motors hängt etwa in Wagenmitte unter dem Rahmen, wo sich auch eine Luftverbesserungs- und -kühlanlage befindet. Der Wagen bietet 70 Sitzplätze in zwei Abteilen.

Spies.

Berichtigung. Auf Wunsch der Verfasser berichtigen wir zu dem Aufsatz: „Lokomotivstangen- und Achslager-Bohrwerk“ auf Seite 435, daß in der linken Spalte, Zeile 7 bis 9 unter Abb. 1 die rechte Planscheibenspindel gemeint ist. In der rechten Spalte Zeile 10 oben ist „wie aus Abb. 2 ersichtlich“ zu streichen.

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.

Als Herausgeber verantwortlich: Direktor bei der Reichsbahn Dr. Ing. Heinrich Uebelacker in Nürnberg. — Verlag von Julius Springer in Berlin. Druck von Carl Ritter G. m. b. H. in Wiesbaden.