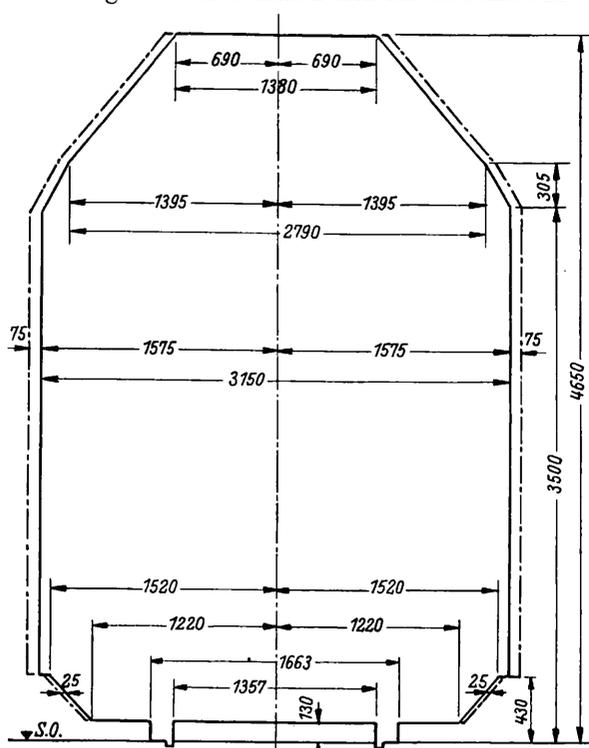


Die Untersuchung der erwähnten Kommission und der Beschluß des IEV erstreckt sich aber nur auf Güterwagen, weil nur für diese Wagenart das Bedürfnis nach allgemeiner Freizügigkeit vorliegt, während die Personenwagen auf fremde Bahnen nur in geringer Zahl und nur auf genau festgelegten Wegen übergehen. Die für Güterwagen aufgestellten Vorschriften können aber auch ohne weiteres auf Personenwagen angewendet werden.

Im Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen ist die Begrenzungslinie der Wagen (Personenwagen, Postwagen, Gepäckwagen und Güterwagen) durch die Vorschriften des § 48 und des Blattes 7 der TV und durch die Bestimmungen der §§ 37 und 38 und des Blattes 8 der Grz festgelegt.

Für Ladungen gilt im Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen das Lademaß I und das Lademaß II. Beide



— Lademaß I und Wagenbegrenzungslinie des VMEV
 - - - - - Spielraumlinie

Abb. 2.

Begrenzungen sind im Vereinsachsdruckverzeichnis (VAchsV) angegeben.

Die Wagenbegrenzungslinie nach den erwähnten Bestimmungen der TV und Grz und das Lademaß I sind in Abb. 2 dargestellt. Für Lademaß II gilt Abb. 3.

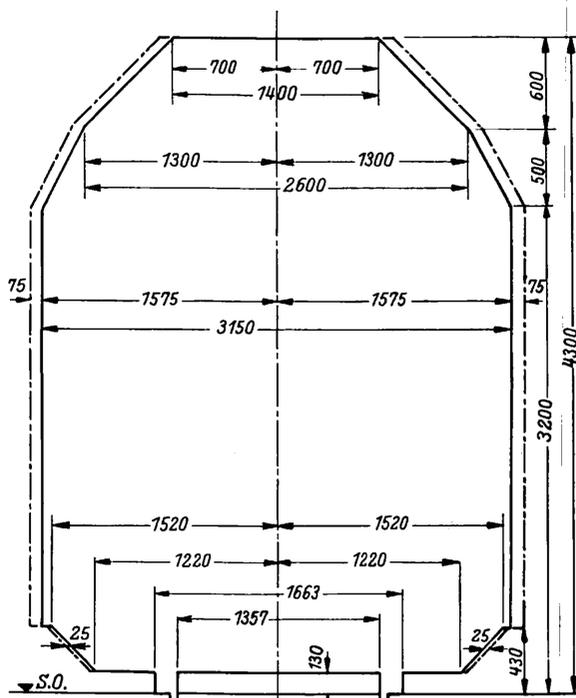
Für den Bau der Wagen gilt — soweit die Begrenzung der Querschnitte in Frage kommt — als grundlegende Bestimmung, daß im Stillstand des Wagens und bei Mittelstellung im geraden Gleis, bei höchstem und niedrigstem Pufferstand, auch bei abgenutzten Radreifen, Achsschenkeln und Achslagern die zulässige Begrenzungslinie nicht überschritten werden darf. Auch für Ladungen gilt die Bestimmung, daß unter den oben angegebenen Bedingungen das Lademaß an allen Stellen der Ladung eingehalten sein muß.

Diese Bestimmung genügt aber nicht, weil in Bogen mit kleinen Halbmessern die Ausladungen solcher Wagen und Ladungen, die ganz an die nach dem vorhergehenden Absatz zugelassene Begrenzungslinie oder das zugelassene Lademaß herankommen, über die Gleismitte so groß werden könnten, daß die Breitenmaße des lichten Raumes in einem wirtschaftlich

nicht vertretbaren Maße verbreitert werden müßten (vergl. Abb. 4 und 5).

Hat z. B. die in Abb. 4 und 5 gezeichnete Lichtraumumgrenzung die äußerste noch wirtschaftlich vertretbare Breite, so ist diese Umgrenzung nach Abb. 4 für den angenommenen Wagen auf der Innenseite des dargestellten Bogens um das Maß f_1 zu schmal; auf der Außenseite des Bogens ist die Umgrenzung nach Abb. 5 um das Maß f_2 zu schmal.

Es wurde daher in den am Beginn dieses Abschnittes angeführten Verbänden vereinbart, daß die Wagen derart gebaut sein müssen und auch nur derart beladen sein dürfen, daß die größte Ausladung über die Wagenbegrenzungslinie und über das Lademaß in einem Bogen von 250 m Halbmesser und mit einer Spurweite von 1,465 m in der ungünstigsten Stellung des Wagens nicht größer wird als ein bestimmter Wert „k“. Dieser Wert ist für Teile, die 430 mm und mehr über Schienen-



— Lademaß II des VMEV
 - - - - - Spielraumlinie

Abb. 3.

oberkante liegen, $k = 0,075$ m und für Teile, die tiefer als 430 mm über Schienenoberkante liegen, $k = 0,025$ m.

Es darf demnach kein Teil des Wagens und kein Teil der Ladung in einem Bogen von 250 m Halbmesser und mit einer Spurweite von 1,465 m in der ungünstigsten Stellung des Wagens über die in den Abb. 1, 2 und 3 mit — · — · — dargestellte Linie hinausragen. Diese Linie, die das Spiel angibt, das über die Begrenzungslinie der Wagen oder Ladungen hinaus im oben angegebenen Bogen zulässig ist, kann mit Spielraumlinie bezeichnet werden. Wenn diese Linie nicht überschritten werden soll, dann müssen die Querschnittsmaße der Wagen und Ladungen an bestimmten ungünstigen Stellen „eingeschränkt“ werden.

Als ungünstigste Stellungen werden nach den zwischenstaatlichen Vereinbarungen angenommen

a) für die Bogeninnenseite;

α) für Innenpunkte, das sind bei Wagen ohne Drehgestelle Punkte zwischen den führenden Achsen, bei Wagen mit Drehgestellen Punkte zwischen den Drehzapfen;

Die führenden Achsen der Wagen ohne Drehgestelle bzw. die führenden Achsen der Drehgestelle sind mit Ausnutzung

aller Spielräume bis zum Anlauf der Spurkränze an die Schienen nach der Bogeninnenseite gerückt (Abb. 6).

β) für Außenpunkte, das sind bei Wagen ohne Drehgestelle Punkte, die über die führenden Achsen, bei Wagen mit Drehgestellen Punkte, die über die Drehzapfen hinausliegen:

Die eine führende Achse der Wagen ohne Drehgestelle ist mit Ausnützung aller Spielräume bis zum Anlauf des Spurkränzes an die Schiene nach der Bogenaußenseite, die

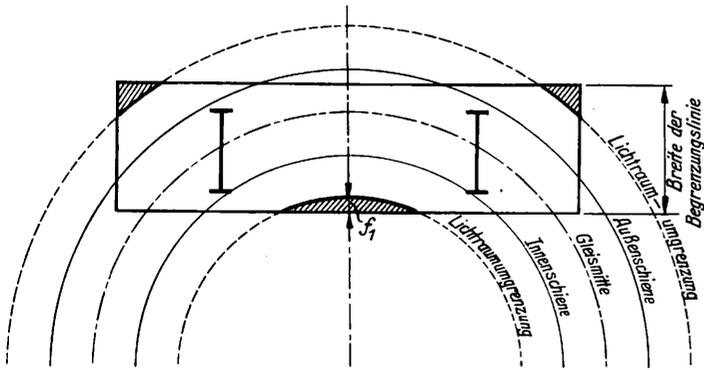


Abb. 4.

andere führende Achse in gleicher Weise nach der Bogeninnenseite gerückt (Spießgangstellung). Bei Drehgestellwagen sind die führenden Achsen des einen Drehgestells an die Außenseite und die des anderen Drehgestells an die Innenseite des Bogens gerückt (Abb. 7).

b) für die Bogenaußenseite:

Es kommen nur Außenpunkte in Frage, das sind bei Wagen ohne Drehgestelle Punkte, die über die führenden Achsen, bei Wagen mit Drehgestellen Punkte, die über die Drehzapfen hinausliegen:

Die eine führende Achse der Wagen ohne Drehgestelle ist mit Ausnützung aller Spielräume bis zum Anlauf des Spurkränzes an die Schiene nach der Bogenaußenseite, die andere führende Achse in gleicher Weise nach der Bogeninnenseite gerückt (Spießgangstellung). Bei Drehgestellwagen

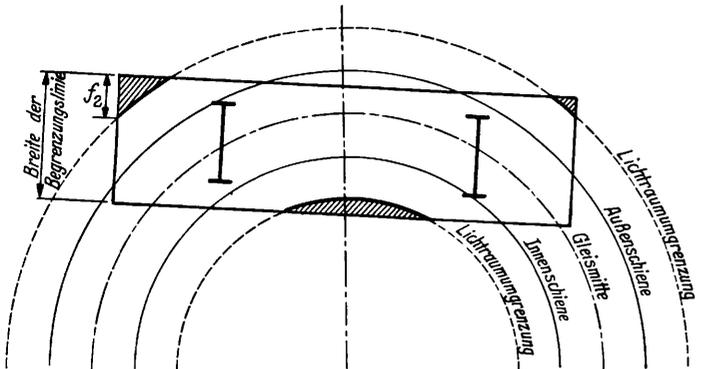


Abb. 5.

sind die führenden Achsen des einen Drehgestells an die Außenseite und die des anderen Drehgestells an die Innenseite des Bogens gerückt (Abb. 7).

B. Bezeichnung der in der Berechnung auftretenden Größen.

a = bei Wagen ohne Drehgestelle der Abstand der führenden Achsen, bei Wagen mit Drehgestellen der Abstand der Drehzapfen in m;

p = der Abstand der führenden Achsen eines Drehgestells oder bei Ladungen auf Drehschemelwagen der Achsstand dieser Wagen in m;

n = der Abstand des betrachteten Wagen- oder Ladungsquerschnittes von der nächstgelegenen führenden Achse oder vom nächstgelegenen Drehzapfen in m;

R = der Halbmesser des Bogens, bezogen auf die wirkliche Achse des Gleises in m;

l = die Spurweite des Gleises, gemessen nach § 2 der TV, Ausgabe 1930, in m;

d = der Abstand von Außenkante zu Außenkante der Spurkränze, 10 mm über dem in einem Abstände von 1500 mm

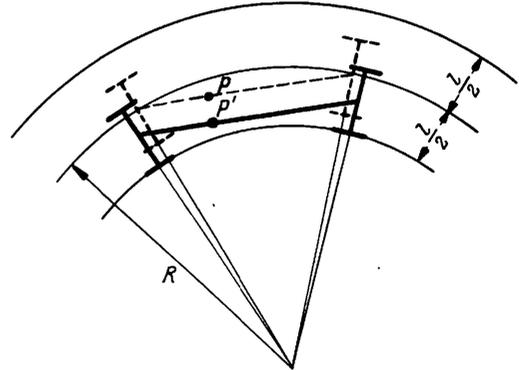


Abb. 6.

voneinander anzunehmenden Laufkreis bei größter Abnutzung in m;

q = die mögliche Querverschiebung zwischen Achsschenkel und Lagerschale, zusätzlich der zwischen Lagerschale und Achslagergehäuse und zwischen Achslagergehäuse und Achshalter aus der Mittellage heraus nach jeder Seite bei größter Abnutzung in m;

w = die mögliche Querverschiebung von Drehgestellzapfen und Wiege aus der Mittellage heraus nach jeder Seite in m;

k = größtes Maß, um das der Wagen oder die Ladung in einem Bogen von 250 m Halbmesser auf einem Gleis mit 1,465 m Spurweite über die Wagenbegrenzungslinie bzw. über das Lademaß, senkrecht zur Achse dieser Linien gemessen, herausragen darf, in m;

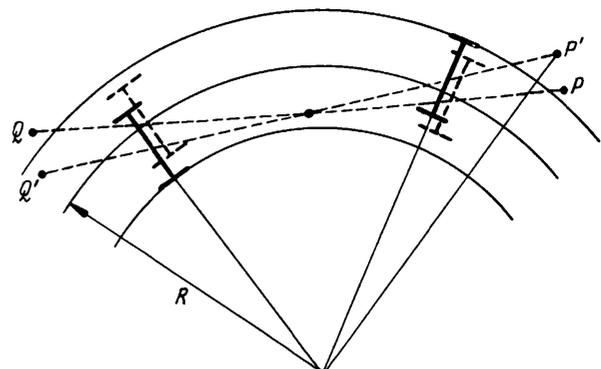


Abb. 7.

D₁ = größte Verschiebung eines zwischen den führenden Achsen oder den Drehzapfen gelegenen Wagen- oder Ladungsquerschnittes nach der Innenseite des Bogens in m; D₁ ist also gleich dem Unterschied der Abstände eines zwischen den führenden Achsen oder den Drehzapfen gelegenen Wagenpunktes von der wirklichen Gleisachse, wenn der Wagen nacheinander folgende Stellungen einnimmt:

1. auf einem geraden Gleis: Mittelstellung,
2. auf einem im Bogen mit dem Halbmesser R gelegenen Gleis: beide führenden Achsen oder beide Drehgestelle liegen am inneren Schienenstrang an;

D_a = größte Verschiebung nach der Außenseite des Bogens eines über die führenden Achsen oder Drehzapfen hinausliegenden Wagen- oder Ladungsquerschnittes in m. D_a ist also gleich dem Unterschied der Abstände eines über die führenden Achsen oder die Drehzapfen hinausliegenden Wagenpunktes von der wirklichen Gleisachse, wenn der Wagen nacheinander folgende Stellungen einnimmt:

1. auf einem geraden Gleis: Mittelstellung.
2. auf einem im Bogen mit dem Halbmesser R gelegenen Gleis: die dem betrachteten Punkte am nächsten liegende führende Achse oder das am nächsten liegende Drehgestell liegt an der äußeren Schiene und die von dem betrachteten Punkte am weitesten abliegende führende Achse oder das am weitesten abliegende Drehgestell liegt an der inneren Schiene an;

$D_{a'}$ = größte Verschiebung eines über die führenden Achsen oder Drehzapfen hinausliegenden Wagen- oder Ladungsquerschnittes nach der Innenseite des Bogens in m. $D_{a'}$ ist also gleich dem Unterschied der Abstände eines über die führenden Achsen oder die Drehzapfen hinausliegenden Wagenpunktes von der wirklichen Gleisachse, wenn der Wagen nacheinander folgende zwei Stellungen einnimmt:

1. auf einem geraden Gleis: Mittelstellung.
2. auf einem im Bogen mit dem Halbmesser R gelegenen Gleis: die dem betrachteten Punkt am nächsten liegende führende Achse oder das am nächsten liegende Drehgestell liegt an der inneren Schiene und die von dem betrachteten Punkt am weitesten abliegende führende Achse oder das am weitesten abliegende Drehgestell liegt an der äußeren Schiene an;

σ_i = die größte Ausladung nach der Bogeninnenseite hin über die Begrenzungslinie hinaus, die ein zwischen den führenden Achsen oder den Drehzapfen gelegener Punkt eines Wagens oder einer Ladung erreicht, wenn der Wagen auf einem Gleisbogen mit dem Halbmesser R läuft, in m;

σ_a = die größte Ausladung nach der Bogenaußenseite hin über die Begrenzungslinie hinaus, die ein über die führenden Achsen oder die Drehzapfen hinaus liegender Punkt eines Wagens oder einer Ladung erreicht, wenn das Fahrzeug in einem Bogen mit dem Halbmesser R läuft, in m;

$\sigma_{a'}$ und $\sigma_{a''}$ = die größte Ausladung nach der Bogeninnenseite hin über die Begrenzungslinie hinaus, die ein über die führenden Achsen oder die Drehzapfen hinaus liegender Punkt eines Wagens oder einer Ladung erreicht, wenn das Fahrzeug in einem Bogen mit dem Halbmesser R läuft, in m;

E_i oder E_i' = die innere Einschränkung, d. h. der kleinste zulässige Abstand eines zwischen den führenden Achsen der Wagen ohne Drehgestelle oder zwischen den Drehzapfen der Drehgestellwagen liegenden Wagenpunktes von der Begrenzungslinie des Transitwagens oder von der Begrenzungslinie eines Wagens nach den Bestimmungen der TV Ausgabe 1930, in m;

E_a , $E_{a'}$ oder $E_{a''}$ = die äußere Einschränkung, d. h. der kleinste zulässige Abstand eines über die führenden Achsen der Wagen ohne Drehgestelle oder über die Drehzapfen der Drehgestellwagen hinausliegenden Wagenpunktes von der Begrenzungslinie des Transitwagens oder von der Begrenzungslinie eines Wagens nach den Bestimmungen der TV Ausgabe 1930, in m.

C. Grundgleichungen.

In der Einleitung ist schon erwähnt worden, daß in Bogen mit einem kleinen Halbmesser Wagen mit einem großen

Achsstand oder Drehzapfenabstand bei voll ausgenützter Wagenbegrenzungslinie unter Umständen einen derart großen Raum erfordern, daß es aus wirtschaftlichen Gründen geboten erscheint, den Wagen in den Teilen, wo die unzulässigen Ausladungen sind, „einzuschränken“, d. h. die Breitenmaße des Wagenquerschnittes an diesen Stellen zu verkleinern. Wie gleichfalls ausgeführt worden ist, wurde zwischenstaatlich vereinbart, daß die Einschränkung E der Wagen (Ladungen) so groß sein muß, daß die größte Ausladung über die Wagenbegrenzungslinie (über das Lademaß) in einem Bogen mit dem Halbmesser von 250 m ($D_R = 250$) nicht größer sein darf als ein bestimmter, im Abschnitt A bereits erläuterter Wert „k“.

Nach Abb. 8 ist für jede Krümmung die Ausladung σ über die Wagenbegrenzungslinie oder über das Lademaß

$$\sigma = D - E \dots a)$$

Für Bogen mit dem Halbmesser von 250 m und mit $\sigma_{R=250} = k$

$$\text{ergibt sich } k = D_{R=250} - E$$

$$\text{hieraus ist } E = D_{R=250} - k \dots b)$$

Da die Wagen Linksbogen und Rechtsbogen müssen durchlaufen können, sind die Einschränkungen E der Wagenbegrenzungslinie selbstverständlich auf beiden Seiten vorzusehen.

D. Berechnung der Verschiebungen D_i , $D_{a'}$ und D_a .

1. Berechnung von D_i .

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke (Abb. 9) APC und BPD ergibt sich $n : x = (2R - x) : (a - n)$.

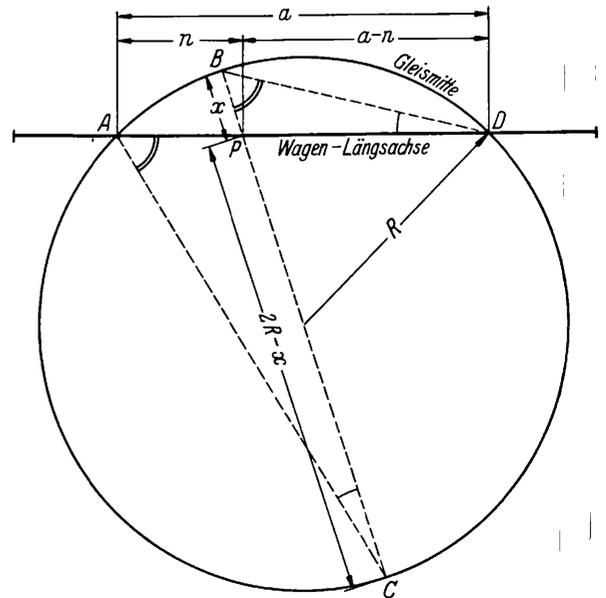


Abb. 9.

Der Abstand x eines Punktes P der Längsachse eines Wagens in der Mittelstellung von dem die Gleismitte bildenden Bogen ist gegeben durch

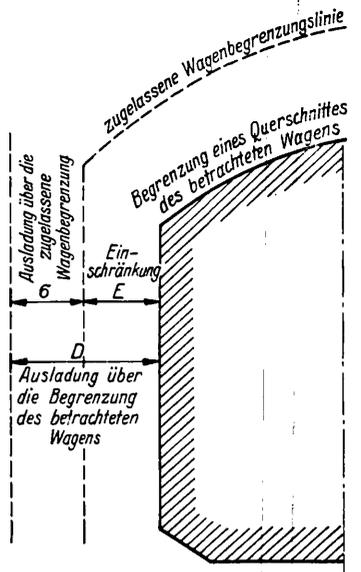


Abb. 8.

$$x = \frac{n(a-n)}{2R} = \frac{an-n^2}{2R}$$

wenn x^2 vernachlässigt werden kann.

Der Winkel DPC wird als rechter Winkel angenommen, was zulässig ist, solange der Halbmesser R im Verhältnis zu x sehr groß ist (Abb. 10).

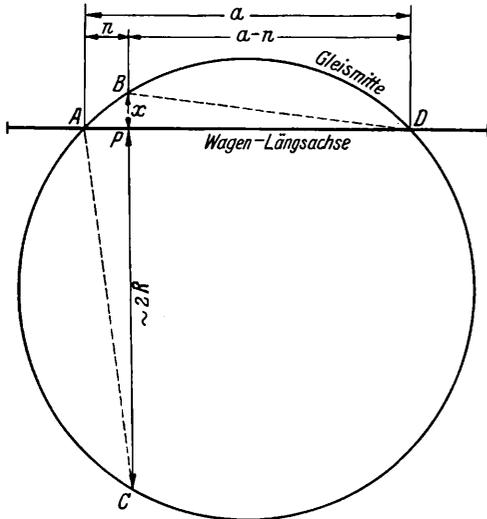


Abb. 10.

Um den größten Wert der Verschiebung D_1 zu erhalten, ist der Wagen in die für Innenpunkte ungünstigste Stellung zu bringen: der Wagen wird daher über den führenden Achsen unter Ausnutzung aller Spielräume um das Stück δ gleichlaufend zur Mittelstellung gegen die Bogeninnenseite verschoben (Abb. 11).

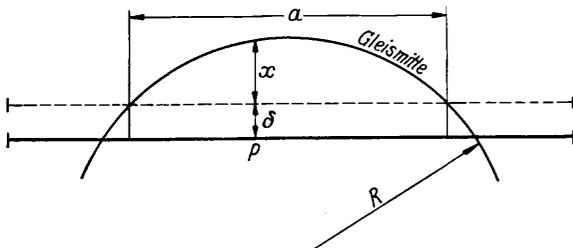


Abb. 11.

Der Abstand des Punktes P von der gekrümmten Gleismitte beträgt dann $x + \delta$ oder

$$\frac{an-n^2}{2R} + \delta$$

Das Höchstmaß der von den Spielräumen herrührenden Verschiebung δ ist gleich dem halben Spiel zwischen Spurranz und Schiene, vermehrt um das Spiel $(q+w)$, das sich aus der Bauart des Fahrzeuges ergibt (vgl. Abschnitt B).

Es ist also

$$\delta = \frac{l-d}{2} + (q+w)$$

Bei einem Drehgestellwagen ist der Abstand des Punktes P von der Gleismitte noch um die Pfeilhöhe des Bogens auf den Achsstand p der Drehgestelle, d. i. um $\frac{p^2}{8R}$ größer.

Es ist also, wenn x^2 bei großen Halbmessern vernachlässigt wird,

$$D_1 = \frac{an-n^2}{2R} + \frac{l-d}{2} + (q+w) + \frac{p^2}{8R} \dots 1)$$

2. Berechnung von $D_{a'}$.

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke (Abb. 12) APC und BPD ergibt sich $n:y = (2R+y):(a+n)$.

Der Abstand y eines außerhalb der führenden Achsen liegenden Punktes P der Längsachse eines Wagens in der Mittelstellung von dem die Gleismitte bildenden Bogen ergibt sich aus

$$y = \frac{n(a+n)}{2R}$$

wenn y^2 vernachlässigt werden kann.

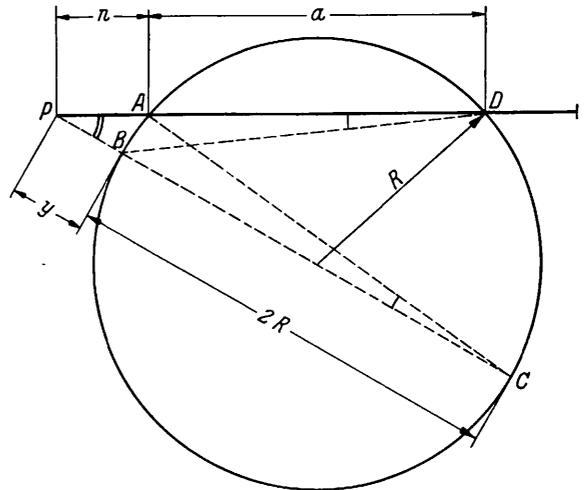


Abb. 12.

Solange der Halbmesser R im Verhältnis zu y sehr groß ist, wird der Winkel DPC als rechter Winkel angenommen.

Die größte Verschiebung des Punktes P bei Spießgangstellung ist nach Abb. 13

$$z = \lambda - y \text{ und } \lambda = \frac{2n+a}{a} \delta$$

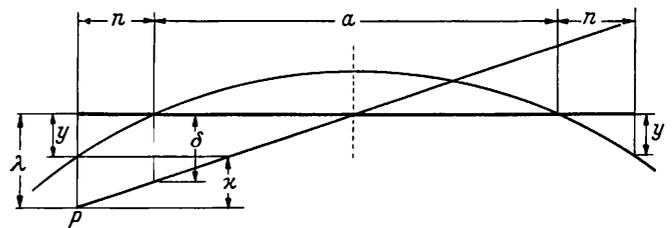


Abb. 13.

Da sonach

$$\lambda = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n+a}{a} \text{ ist,}$$

wird

$$z = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n+a}{a} - \frac{n(a+n)}{2R}$$

Bei Drehgestellwagen wird z um $\frac{p^2}{8R}$ größer, also ist, wenn bei großen Halbmessern y^2 vernachlässigt wird,

$$D_{a'} = \frac{p^2}{8R} + \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} - \frac{an+n^2}{2R} \dots 2)$$

3. Berechnung von D_a .

Der Abstand y ergibt sich mit dem gleichen Wert wie in der Berechnung von $D_{a'}$, solange y^2 vernachlässigt werden kann. Hingegen ist

$$z = \lambda + y = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} + \frac{an+n^2}{2R}$$

Bei Drehgestellwagen wird z um $\frac{p^2}{8R}$ kleiner, also ist

$$D_a = \frac{an+n^2}{2R} + \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} - \frac{p^2}{8R} \dots 3)$$

E. Berechnung der Einschränkungen E_i und E_a .

Die Gl. b) des Abschnittes C gilt in gleicher Weise für die Bogeninnenseite und für die Bogenaußenseite. Es kann also E durch E_i oder E_a und D durch D_i oder D_a ersetzt werden. Setzt man für D_i den Wert aus Gl. 1) ein und für D_a den Wert aus Gl. 3) und setzt man gleichzeitig $R = 250$ m und $l = 1,465$ m, dann ist

$$E_i = \frac{a n - n^2}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) + \frac{p^2}{2000} - k \dots 4)$$

$$E_a = \frac{a n + n^2}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \frac{2n + a}{a} - \frac{p^2}{2000} - k \dots 5)$$

F. Berechnung der Einschränkung E_a'' .

Die Voraussetzungen des Abschnittes A und die im Abschnitt B angegebenen Werte für k gelten auch für die Verschiebung eines über die führenden Achsen oder Drehzapfen hinaus liegenden Wagen- oder Ladungsquerschnittes nach der Innenseite. Aus $E = D - k$ ergibt sich daher auch die Beziehung

$$E_a'' = D_a' - k.$$

In dieser Formel ist im Ausdruck D_a' [Gl. 2)] $R = 250$ m und $l = 1,465$ m einzusetzen.

Man findet

$$E_a'' = -\frac{a n + n^2}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n + a}{a} + \frac{p^2}{2000} - k \dots 6)$$

Der Gültigkeitsbereich der Einschränkungen E_a und E_a'' kann aus der Bedingung

$$E_a = E_a''$$

abgeleitet werden. Durch Gleichsetzen der Ausdrücke für E_a und E_a'' findet man

$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0 \dots 7)$$

$$E_a'' \text{ gilt, wenn } a n + n^2 - \frac{p^2}{4} < 0.$$

$$E_a \text{ gilt, wenn } a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \geq 0.$$

$$\text{Das heißt, es gilt } E_a'', \text{ wenn } n < \frac{-a + \sqrt{a^2 + p^2}}{2}$$

$$\text{und es gilt } E_a, \text{ wenn } n \geq \frac{-a + \sqrt{a^2 + p^2}}{2}.$$

Aus diesen Ungleichungen erkennt man, daß die Einschränkung E_a'' nur für Wagen mit Drehgestellen in Frage kommt, denn für Wagen ohne Drehgestelle ist $p = 0$ und es müßte im Geltungsbereich von E_a'' der Ausdruck $a n + n^2 \geq 0$ sein, was nur für $n = 0$ zutrifft.

G. Berechnung der Einschränkungen E_i' und E_a' .

E_i , E_a und E_a'' sind für einen Halbmesser $R = 250$ m berechnet. Ein hiernach gebauter Wagen oder eine hiernach bemessene Ladung wird daher beim Durchfahren von Bögen mit Halbmessern $R < 250$ m größere Ausladungen σ_i und σ_a ergeben als im Bogenhalbmesser $R = 250$ m.

Der Wert m für den Unterschied der Ausladungen beträgt $m_i = \sigma_i^{R < 250} - \sigma_i^{R = 250}$ das ist $m_i = D_i^{R < 250} - D_i^{R = 250}$ und ebenso

$$m_a = D_a^{R < 250} - D_a^{R = 250};$$

oder bei Entwicklung von D_i und D_a nach den Formeln 1) und 3)

$$m_i = \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$$

$$m_a = \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right).$$

Im besonderen ergibt sich für $R = 150$ m

$$m_i = \frac{1}{750} \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \dots \dots \dots 8)$$

$$m_a = \frac{1}{750} \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \dots \dots \dots 9)$$

Die internationale Kommission (Bern 1911/1912) hat sich, um die notwendige Erweiterung der Lichtraumumgrenzung soweit wie möglich einzuschränken, dahin verständigt, daß im Bogen von $R = 150$ m die Größen m_i und m_a die folgenden Werte M_i und M_a nicht überschreiten dürfen

$$M_i = 0,1333 \text{ m bei Wagen; } M_i = 0,1067 \text{ m bei Ladungen;}$$

$$M_a = 0,16 \text{ m bei Wagen und Ladungen;}$$

somit ergeben sich aus 8) und 9) folgende Bedingungsgleichungen

$$\frac{1}{750} \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \leq 0,1333$$

oder

$$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \leq 100 \dots \dots \dots 8')$$

an der Bogeninnenseite für Wagen,

$$\frac{1}{750} \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \leq 0,1067$$

oder

$$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \leq 80 \dots \dots \dots 8'')$$

an der Bogeninnenseite für Ladungen,

$$\frac{1}{750} \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \leq 016$$

oder

$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \leq 120 \dots \dots \dots 9')$$

an der Bogenaußenseite für Wagen und Ladungen.

Wenn für einen gegebenen Wagen oder eine gegebene Ladung, also für bestimmte Werte von n, a und p

$$m_i \leq M_i \text{ oder } m_a \leq M_a$$

wird, dann haben die unter 4) und 5) angegebenen Formeln für E_i und E_a unverändert Geltung.

Wird jedoch $m_i > M_i$ oder $m_a > M_a$ so muß E_i um das Zusatzglied $\alpha = m_i - M_i$ und

$$E_a \text{ um das Zusatzglied } \beta = m_a - M_a$$

vergrößert werden. Somit werden dann die Einschränkungen sein

$$E_i' = E_i + \alpha \dots \dots \dots 10)$$

$$E_a' = E_a + \beta \dots \dots \dots 10')$$

wobei bedeutet:

$$\alpha = \frac{1}{750} \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) - 0,1333 = \frac{1}{750} \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right) \dots c')$$

für Wagen,

$$\alpha = \frac{1}{750} \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) - 0,1067 = \frac{1}{750} \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 80 \right) \dots c'')$$

für Ladungen,

$$\beta = \frac{1}{750} \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) - 0,16 = \frac{1}{750} \left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 120 \right) \dots c''')$$

für Wagen und Ladungen.

E_a'' bleibt bei diesen Überlegungen außer Betracht.

II. Ermittlung der größten Ausladungen der Wagen und Ladungen.

Der Raum, den die nach den vorstehenden Regeln gebauten Wagen oder die danach bemessenen Ladungen bei ihrer Fahrt durch gekrümmte Gleise in Anspruch nehmen, wird durch den Wert der Ausladung über die betrachtete Wagenbegrenzungslinie oder über das Lademaß I oder II des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen bestimmt.

Bei der Feststellung des größten Wertes, den diese Ausladungen bei Berücksichtigung aller möglichen Wagenarten und aller möglichen Wagen- und Ladungsabmessungen in den Bogen verschiedenen Krümmungshalbmessers annehmen können, ist zwischen Bogeninnenseite und Bogenaußenseite zu unterscheiden.

A. Innenseite des Bogens.

a) Querschnitte innerhalb der führenden Achsen oder Drehzapfen.

Nach der Grundgleichung b) im Abschnitt IC und nach Abb. 8 ist:

$$\sigma = D - E \dots \dots \dots b)$$

Auf die Bogeninnenseite angewendet ist:

$$\sigma_1 = D_1 - E_1 \text{ oder } \sigma_1 = D_1 - E_1' \dots \dots \dots b')$$

Nach Einsetzen der Werte für D_1 und E_1 bzw. E_1' aus Gl. 1) und 4) oder 10) ist

$$\left\{ \sigma_1 = k - \left[\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{2R} \right) + \frac{1,465 - l}{2} \right] \dots 11) \right.$$

für den Geltungsbereich von E_1 und $R > 250$ m.

In Bogen mit $R < 250$ m ist $\frac{1}{2R} > \frac{1}{500}$: somit ist

$$\left\{ \sigma_1 = k + \left[\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2} \right] \dots 11') \right.$$

für den Geltungsbereich von E_1 und $R < 250$ m.

11) und 11') gelten für Wagen und Ladungen.

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_1 &= k + \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \\ &\quad + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1333 \dots \dots \dots 11'') \end{aligned} \right.$$

für den Geltungsbereich von E_1' bei Wagen.

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_1 &= k + \left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \\ &\quad + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1067 \dots \dots \dots 11''') \end{aligned} \right.$$

für den Geltungsbereich von E_1' bei Ladungen.

Zu unterscheiden ist ferner bei der weiteren Untersuchung nach den Halbmessern

1. $R \geq 250$ m.

Für den Bereich $R > 250$ m ist nach Gl. 11) $\sigma_1 = D_1 - E_1$ am größten, wenn $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ so klein wie möglich ist.

Dies ist der Fall, wenn $n = 0$ und $p = 0$ ist, d. h. in Bogen mit $R > 250$ m tritt die größte Ausladung bei zweiachsigen Wagen ein, und zwar in den Querschnitten über den Achsen. Dies gilt aber nur so lang, als für $n = 0$ und $p = 0$ die Einschränkung E_1 nicht kleiner als Null wird, denn negative Einschränkungen würden Erbreiterungen bedeuten, die nach den TV nicht zulässig sind (vergl. auch Abb. 14). Es gilt also auch die Bedingung

$$E_1 \geq 0.$$

Aus Gl. 4) findet man mit $E_1 = 0$

$$\frac{a n - n^2}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) + \frac{p^2}{2000} - k \geq 0.$$

Hieraus ergibt sich die weitere Bedingung

$$q + w \geq k - \frac{a n - n^2}{500} - \frac{1,465 - d}{2} - \frac{p^2}{2000}.$$

Der Wert k ist, wie aus dem Abschnitt IB hervorgeht, je nach dem Höhenbereich verschieden. Es muß daher noch nach dem Höhenbereich unterschieden werden.

a) Höhenbereich $H < 430$ mm über Schienenoberkante $k = 0,025$ m.

Für diesen Bereich soll mit $d = 1,410$ m sein:

$$q + w \geq -0,0025 - \frac{a n - n^2 + \frac{p^2}{4}}{500}.$$

Da im Bereich E_1 der kleinste Wert des Ausdruckes $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ Null ist, wird die für $(q + w)$ geltende Ungleichung immer erfüllt sein.

Für $k = 0,025$ m, d. h. für den Höhenbereich $H < 430$ mm ist also die Nebenbedingung $E_1 \geq 0$ immer eingehalten.

Bezeichnet man den Größtwert von σ_1 mit Σ_1 , so ist mit $n = 0$, $p = 0$ und $k = 0,025$ m aus Gl. 11)

$$\Sigma_1 = \frac{l}{2} - 0,7075 \dots \dots \dots 12)$$

Diese Gleichung gilt für Wagen und Ladungen.

β) Höhenbereich $H > 430$ mm über Schienenoberkante $k = 0,075$ m.

Für diesen Bereich soll mit $d = 1,410$ m sein

$$q + w \geq 0,0475 - \frac{a n - n^2 + \frac{p^2}{4}}{500}.$$

Hier ist zu unterscheiden zwischen Personen- und Güterwagen. Für Personenwagen sind größere Werte für $(q + w)$ möglich als für Güterwagen. Doch kommen im allgemeinen größere Werte als 0,045 m auch bei Personenwagen nicht vor. Wird $(q + w)$ mit diesem Wert begrenzt, dann muß sein

$$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \geq 1,25.$$

Da σ_1 nach Gl. 11) ein Größtwert wird, wenn

$$\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$$

so klein wie möglich ist, muß der Klammerausdruck in die Gl. 11) mit 1,25 eingesetzt werden. Hiermit und mit $k = 0,075$ m ist

$$\Sigma_1 = \frac{0,6250}{R} + \frac{l}{2} - 0,6600 \dots \dots \dots 13)$$

für Wagen, $H > 430$ *).

Um die durch die Ladungen möglichen größten Ausladungen zu erhalten, müssen Güterwagen in Betracht gezogen werden: für Güterwagen ist nach dem Vorschlag der Berner Kommission für die Bewertung der einzelnen Formelgrößen (Erläuterungen zu den Formeln betreffend die Berechnung der Breitereinschränkung langer Güterwagen, Technische Einheit im Eisenbahnwesen, Oktober 1911)

$$(q + w) \text{ mit } 0,015 \text{ m}$$

angenommen worden.

Es müßte also mindestens

$$0,015 = 0,0475 - \frac{a n - n^2 + \frac{p^2}{4}}{500}$$

sein, woraus sich ergibt

$$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \geq 16,25.$$

Mit dem kleinsten Wert, d. i. 16,25, ergibt sich aus Gl. 11) die größte Ausladung zu

$$\Sigma_1 = \frac{8,1250}{R} + \frac{l}{2} - 0,6900 \dots \dots \dots 14)$$

für Ladungen, $H > 430$.

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

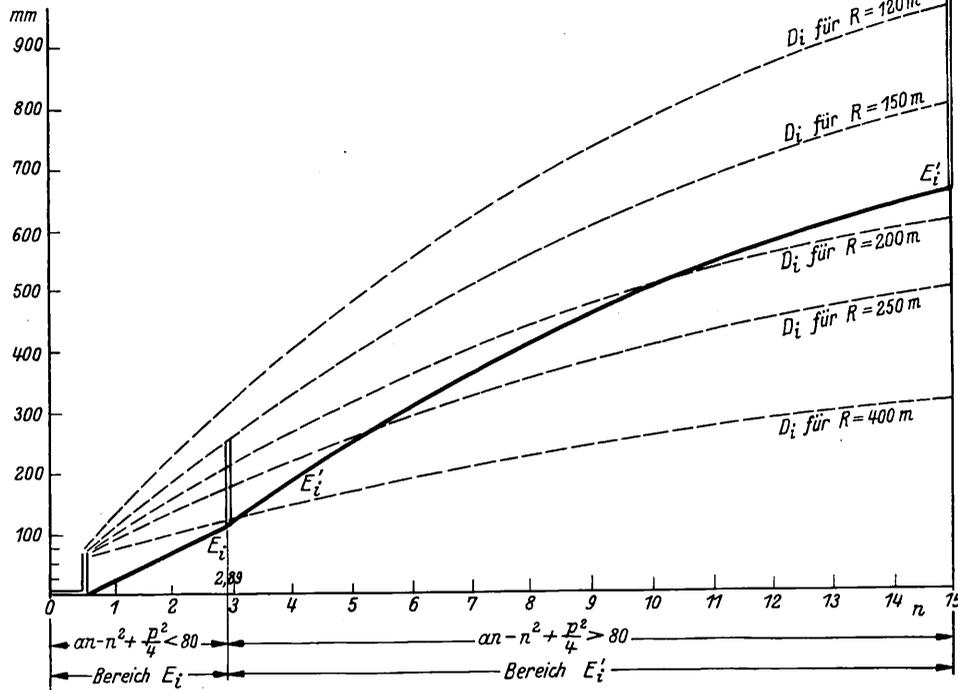
Für diesen Halbmesserbereich kommen die Gleichungen 11') und 11'') bzw. 11''') in Frage. Die G. 11') für den Geltungsbereich von E_1 nimmt mit wachsendem Ausdruck

*) Die Berechnung auf viele Dezimalstellen ist notwendig, weil es sich um den Unterschiedsbetrag nahezu gleich großer Zahlen handelt.

$\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ zu, da $\left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right)$ für Halbmesser $R < 250$ m positiv ist (vergl. auch Abb. 14). Der größte Wert, der im Bereich E_i möglich ist, liegt an der Grenze zwischen E_i und E_i' (vergl. Abschnitt I G), und zwar ist zu setzen

$$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} = 100 \text{ für Wagen und}$$

$$a n - n^2 + \frac{p^2}{4} = 80 \text{ für Ladungen.}$$



Linien der Einschränkungen E_i und E_i' und der Verschiebungen D_i auf der Bogeninnenseite

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

Abb. 14.

Die Gl. 11'' und 11''' für den Geltungsbereich von E_i' nehmen mit fallendem Ausdruck $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ zu, da $\left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right)$ für Halbmesser $R > 150$ m negativ ist. Gl. 11'' wird also am größten für den kleinsten Wert von $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$, der möglich ist; das sind aber die oben für die Grenze zwischen E_i und E_i' angegebenen Werte.

Wird $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ mit diesen Werten in die Gl. 11'' oder in die Gl. 11''' eingesetzt, erhält man

$$\Sigma_i = k + \left[100 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2} \right] \dots 15)$$

für Wagen,

$$\Sigma_i = k + \left[80 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{l - 1,465}{2} \right] \dots 16)$$

für Ladungen.

3. $R < 150$ m.

Für $R < 150$ m wächst sowohl die Gl. 11' als auch die Gl. 11'' bzw. 11''' mit zunehmendem Ausdruck $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$. In Gl. 11', die für den Bereich von E_i gilt, kann aber $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ nicht größer werden als 100 für Wagen bzw. 80 für Ladungen, während dieser Ausdruck in den

Gl. 11'' und 11''', die für den Bereich von E_i' gelten, unbedingt größer sein muß als diese Zahlen (vergl. Abschnitt I G und Abb. 14). Da die Gl. 11' und 11'' bzw. 11''' mit den Grenzwerten von $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ für E_i und E_i' zu gleich großen Ergebnissen führen, muß die Ausladung im Bereich E_i' nach Gl. 11'' bzw. 11''' größer als die Ausladung im Bereich E_i nach Gl. 11' sein. Da somit $\left(a n - n^2 + \frac{p^2}{4} \right)$ ein Größt-

wert sein muß, ist das größte n anzunehmen, das möglich ist, das ist $n = \frac{a}{2}$. Für den Drehzapfenabstand und den Drehgestellabstand sind die größten Werte einzusetzen, die im internationalen Verkehr zugelassen und in ganz besonderen Ausnahmefällen für Güterwagen und Ladungen möglich sind, das sind $a = 30$ m und $p = 6,5$ m.

Hiermit ergibt sich aus Gl. 11'' bzw. 11'''

$$\Sigma_i = k + 235,5625 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1333 \dots 17)$$

für Wagen,

$$\Sigma_i = k + 235,5625 \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{300} \right) + \frac{l - 1,465}{2} + 0,1067 \dots 18)$$

für Ladungen.

b) Querschnitte außerhalb der führenden Achsen oder Drehzapfen.

Für Querschnitte außerhalb der führenden Achsen oder Drehzapfen gelten die Einschränkungen E_a'' [Gl. 9] oder E_a [Gl. 5] bzw. E_a' [Gl. 10']. Danach sind die größten Ausladungen über die Begrenzungslinie

$$\begin{aligned} \sigma_a'' &= D_a' - E_a'' \dots \text{im Bereich } E_a'' \dots \text{ b II)} \\ \sigma_a' &= D_a' - E_a \dots \text{im Bereich } E_a \dots \text{ b III)} \\ \sigma_a' &= D_a' - E_a' \dots \text{im Bereich } E_a' \dots \text{ b IV)} \end{aligned}$$

a) Bereich E_a'' .

Für den Geltungsbereich von E_a'' erhält man durch Einsetzen von D_a' und E_a'' aus den Gl. 2) und 6):

$$\sigma_a'' = k - \left[\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) + \frac{1,465 - l}{2} \cdot \frac{2n + a}{a} \right] \dots 19)$$

für Wagen und Ladungen.

1. $R > 250$ m.

Für $R > 250$ m wird σ_a'' ein Größtwert, wenn $\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right)$ ein Größtwert ist. Im Bereich E_a'' trifft dies zu für $a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$ (vergl. Abschnitt I F, Gl. 7') und Abb. 15].

Mit Gl. 19) ergibt sich

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

Um σ_a'' so groß wie möglich werden zu lassen, muß in der vorstehenden Beziehung $n = 0$ sein, womit sich ergibt

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

Wegen $an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$ und $n = 0$ muß aber auch $p = 0$ sein.

Mit $n = 0$ und $p = 0$ ist aber aus Gl. 6)

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

Die Voraussetzung, daß $E_a'' > 0$ ist, trifft nach dieser Beziehung, in der $d = 1,410$ m ist, immer zu für $k = 0,025$ m ($H < 430$ mm).

Es ist daher

$$\Sigma_a'' = \frac{l}{2} - 0,7075 \dots \dots \dots 20)$$

für Wagen und Ladungen, $H < 430$ mm.

Diese Formel ist gleich der Formel 12).

Für $H > 430$ mm ($k = 0,075$ m) ergibt sich E_a'' für $an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$, $p = 0$ und die möglichen Werte für $(q + w)$ negativ. Negative Einschränkungen werden aber nicht ausgeführt. Es sind daher für $H > 430$ mm andere Überlegungen maßgebend als für $H < 430$ mm. Aus der Gleichung $\sigma_a'' = D_a' - E_a''$ folgt, daß σ_a'' für $E_a'' = 0$ ein Größtwert wird. $E_a'' = 0$ trifft für Ladungen, für die — da nur Güterwagen in Frage kommen — $q + w = 0,015$ m zu setzen ist, für den ganzen Bereich zu.

Es ist dann $\sigma_a'' = D_a'$.

Bildet man aus Gl. 2) die Abgeleitete von D_a' nach n , so findet man

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

Hieraus erkennt man, daß im Halbmesserbereich $R > 250$ m für die vorausgesetzten Werte $q + w = 0,015$ m, $d = 1,410$ m und die möglichen Werte von a , l , n und R die Beziehung D_a' , als Ordinate zur Abszisse n dargestellt, nach rechts unten fallend oder nach rechts oben steigend sein kann (vergl. Abb. 15).

Fällt die D_a' -Linie von links oben nach rechts unten, dann entsteht der größte Wert für σ_a'' bei $n = 0$. Damit ist aus Gl. b'') und Gl. 2)

$$\sigma_a'' = D_a' = \frac{p^2}{8R} + \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right).$$

Es muß demnach p ein Größtwert werden: für Ladungen ist der größte international zugelassene Wert $p = 6,5$ m zu setzen; ferner ist $d = 1,410$ m und $q + w = 0,015$ m anzunehmen.

Hiermit ergibt sich

$$\Sigma_a'' = \frac{5,28125}{R} + \frac{l}{2} - 0,6900 \dots \dots \dots 21)$$

für Ladungen, $H > 430$ mm und für kleinere Halbmesser.

Fällt aber die D_a' -Linie von rechts oben nach links unten, dann entsteht der größte Wert für σ_a'' bei $an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$.

Da sich aus dieser Bedingung $\frac{2n+a}{a} = \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}$ ergibt, so ist

$$\sigma_a'' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}.$$

Dieser Ausdruck wird ein Größtwert, wenn $\frac{p}{a}$ ein Größtwert ist. Wird z. B. $\frac{p}{a} = \frac{6,5}{9,5}$, $d = 1,410$ m und $q + w = 0,015$ m angenommen, dann ist

$$\Sigma_a'' = 0,605835l - 0,836052 \dots \dots \dots 22)$$

für Ladungen, $H > 430$ mm und für größere Halbmesser.

Für Personenwagen ($q + w = 0,045$ m) ist aber E_a'' nicht im ganzen Bereich Null, dann wird σ_a'' für nach rechts steigende D_a' -Linien, d. i. für flachere Bogen am größten, wenn $E_a'' = 0$ für die Abszisse n eintritt die sich aus

$$an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0 \text{ ergibt.}$$

Aus Gleichung b'') und Gl. 2) ist

$$\sigma_a'' = D_a' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} - \frac{an + n^2 - \frac{p^2}{4}}{2R}.$$

Mit $an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$ ist

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

und da, wie schon vorhin entwickelt worden ist

$$\frac{2n+a}{a} = \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}} \text{ ist, ergibt sich}$$

$$\sigma_a'' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}.$$

Der Ausdruck $\sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}$ kann aber unter Benutzung der hier geltenden Beziehung $E_a'' = 0$ als Abhängige von bekannten Größen dargestellt werden:

Es ist

$$E_a'' = 0 = \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n+a}{a} - k$$

oder

$$\left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}} - k = 0.$$

Daraus ist

$$\frac{2n+a}{a} = \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}} = \frac{k}{\frac{1,465 - d}{2} + q + w}.$$

Mit

$$k = 0,075 \text{ m}$$

$$d = 1,410 \text{ m}$$

$$q + w = 0,045 \text{ m}$$

ist

$$\sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}} = \frac{75}{72,5} = 1,034483.$$

Hieraus ist $\frac{p}{a} = 0,265$, ein Wert, der durchaus möglich ist.

Damit ergibt sich

$$\Sigma_a'' = 0,51724l - 0,68276 \dots \dots \dots 23)$$

für Wagen, $H > 430$ mm und große Halbmesser.

Für Bogen mit kleineren Halbmessern ist σ_a'' am größten für $n = 0$: dann ergibt sich für Wagen mit $q + w = 0,045$ mm aus $E_a'' = 0$ der Wert $p^2 = 5$.

$$\text{Mit } \sigma_a'' = D_a' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n+a}{a} - \frac{an + n^2 - \frac{p^2}{4}}{2R}$$

ist für

$$d = 1,410 \text{ m}$$

$$q + w = 0,045 \text{ m}$$

$$n = 0$$

$$p^2 = 5$$

$$\Sigma_a'' = \frac{l}{2} + \frac{0,6250}{R} - 0,6600 \dots \dots \dots 24)$$

für Wagen, $H > 430$ mm und kleinere Halbmesser.

Das ist die gleiche Formel wie Gl. 13).

2. $R < 250$ m.

Nach Gl. 19) erreicht σ_a'' für $R < 250$ m einen Größtwert, wenn $n = 0$ ist (vergl. Abb. 15). Dann wird

$$\sigma_a'' = k + \frac{p^2}{4} \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right) - \frac{1,465 - l}{2}.$$

Da $\left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{500} \right)$ für $R < 250$ m immer positiv ist, muß p ein Größtwert sein. Für Wagen wird $p = 3,6$ m angenommen, für Ladungen werden Schemelwagen mit $p = 6,5$ m zugrunde gelegt. Somit ist

$$\sigma_a'' = k + \frac{1,6200}{R} + \frac{l}{2} - 0,73898 \dots 25)$$

für Wagen,

$$\sigma_a'' = k + \frac{5,28125}{R} + \frac{l}{2} - 0,753625 \dots 26)$$

für Ladungen.

Diese Formeln gelten aber nur, solange E_a'' für $n = 0$ einen positiven Wert hat. Dies trifft für Personenwagen ($q + w = 0,045$ m, $p = 3,6$ m) immer zu, für Ladungen ($q + w = 0,015$ m, $p = 6,5$ m) aber nur für $H < 430$ mm.

Es gilt demnach

$$\Sigma_a'' = \frac{1,6200}{R} + \frac{l}{2} - 0,66398 \dots 27)$$

für Wagen und $H > 430$ mm,

$$\Sigma_a'' = \frac{1,6200}{R} + \frac{l}{2} - 0,71398 \dots 28)$$

für Wagen und $H < 430$ mm,

$$\Sigma_a'' = \frac{5,28125}{R} + \frac{l}{2} - 0,728625 \dots 29)$$

für Ladungen und $H < 430$ mm.

Für Ladungen und $H > 430$ mm ist $E_a'' = 0$ zu setzen. Dann ist

$$\text{für } n = 0 \dots \sigma_a'' = D_a' = \frac{p^2}{8R} + \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right).$$

Der größte Wert tritt demnach ein für den größten Drehgestellabstand.

Für Ladungen ist der größte Schemelwagenachsstand zu setzen, also $p = 6,5$ m anzunehmen.

Damit ist

$$\Sigma_a'' = \frac{5,28125}{R} + \frac{l}{2} - 0,6900 \dots 30)$$

für Ladungen und $H > 430$ mm.

Die Gl. 27) bis 30) liefern kleinere Werte als die Gl. 15) bis 18). Es bleiben daher die Gl. 27) bis 30) außer Betracht.

β) Bereich E_a .

1. $R > 250$ m.

Für den Geltungsbereich von E_a findet man durch Einsetzen von D_a' und E_a aus den Gl. 2) und 5) in die Gl. b'')

$$\sigma_a' = k - \left[\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{500} \right) + \frac{1,465 - l}{2} \frac{2n + a}{a} \right] \dots 31)$$

Der größte Wert von σ_a' tritt für den kleinsten Wert von $\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right)$ ein. Für den Bereich E_a ist dieser Ausdruck am kleinsten, wenn

$$a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0 \dots 32)$$

ist (vergl. Abb. 15).

Damit ist

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

Es muß aber auch $n = 0$ sein, soll σ_a' ein Größtwert werden. Mit $n = 0$ ist aus Gl. 32) aber auch $p = 0$.

Hiermit ist

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

Mit $a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$, $p = 0$, $n = 0$ und $d = 1,410$ m ist aus Gl. 5)

$$E_a = 0,0275 + (q + w) - k.$$

Hieraus ist ersichtlich, daß E_a für $k = 0,025$ m ($H < 430$ mm) immer größer als Null ist. Es gilt daher

$$\Sigma_a' = \frac{l}{2} - 0,7075 \dots 33)$$

für Wagen und Ladungen und $H < 430$ mm.

Dies ist die gleiche Formel wie die für die Bereiche E_i und E_a'' hergeleiteten Gl. 12) und 20).

Im Bereich $H > 430$ mm ($k = 0,075$ m) ist $E_a = 0$ möglich, daher ist

$$\sigma_a' = D_a - E_a$$

für kleine Halbmesser, für die die D_a' -Linie von links oben nach rechts unten fällt (vergl. Abb. 15) am größten, wenn $E_a = 0$ eingesetzt wird.

Es ist dann $\sigma_a' = D_a'$.

D_a' ist nach Gl. 2) aber am größten, wenn

$$\left(a n + n^2 - \frac{p^2}{4} \right)$$

so klein wie möglich ist. Dies ist nach Abschnitt I, F. [Gl. 7'')] der Fall, wenn $a n + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0$ ist.

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

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

$$\frac{2n + a}{a} = \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}$$

und hiermit

$$\sigma_a' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}$$

Der Ausdruck wird ein Größtwert, wenn $\frac{p}{a}$ ein Größtwert ist. Mit den für Gl. 22) angenommenen Werten $\frac{p}{a} = \frac{6,5}{9,5}$, $d = 1,410$ m und $q + w = 0,015$ m (für Güterwagen) ist E_a für alle Fälle negativ und daher ist

$$\Sigma_a' = 0,605835 l - 0,836052 \dots 34)$$

für Ladungen und kleinere Halbmesser wie Gl. 22).

Für große Halbmesser steigt die D_a' -Linie von links unten nach rechts oben (vergl. Abb. 15). Es ist daher, da die E_a -Linie dann steiler ist als die D_a' -Linie σ_a' am größten für das n , bei dem $E_a = 0$ ist. Es gelten also die Gleichungen

$$\sigma_a' = D_a' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n + a}{a} - \frac{a n + n^2 - \frac{p^2}{4}}{2R}$$

und $E_a = 0$.

Hieraus ergibt sich mit Gl. 5)

$$\sigma_a' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \frac{2n + a}{a} - \frac{500}{2R} \left[k - \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \cdot \frac{2n + a}{a} \right] \dots 35)$$

Das Verhältnis $\frac{n}{a}$ findet man aus der Gleichung $E_a = 0$ zu

$$\frac{n}{a} = - \left(0,5 + \frac{\mu}{a^2} \right) + \sqrt{\left(0,5 + \frac{\mu}{a^2} \right)^2 + \frac{p^2 - 4\mu + 2000k}{4a^2}} \dots 36)$$

worin

$$\mu = 500 \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \dots \dots \dots 37)$$

eine positive Größe ist.

Das Verhältnis $\frac{n}{a}$ wächst mit abnehmendem a , und zwar im quadratischen Verhältnis. Es wird zwar auch mit zunehmendem p größer, aber der Einfluß von p ist viel geringer als der von a und gestaltet das Verhältnis auch deshalb ungünstiger, weil eine Vergrößerung des p eine raschere Vergrößerung des a zur Folge hat, da immer $p < a$ sein muß. Der größte Wert dieses Verhältnisses tritt also tatsächlich für den kleinsten

$$\sigma_a' = \left(\frac{l-d}{2} + q + w \right) \sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}$$

$\sqrt{1 + \frac{p^2}{a^2}}$ ergibt sich für $d = 1,410$ m, $q + w = 0,045$ m

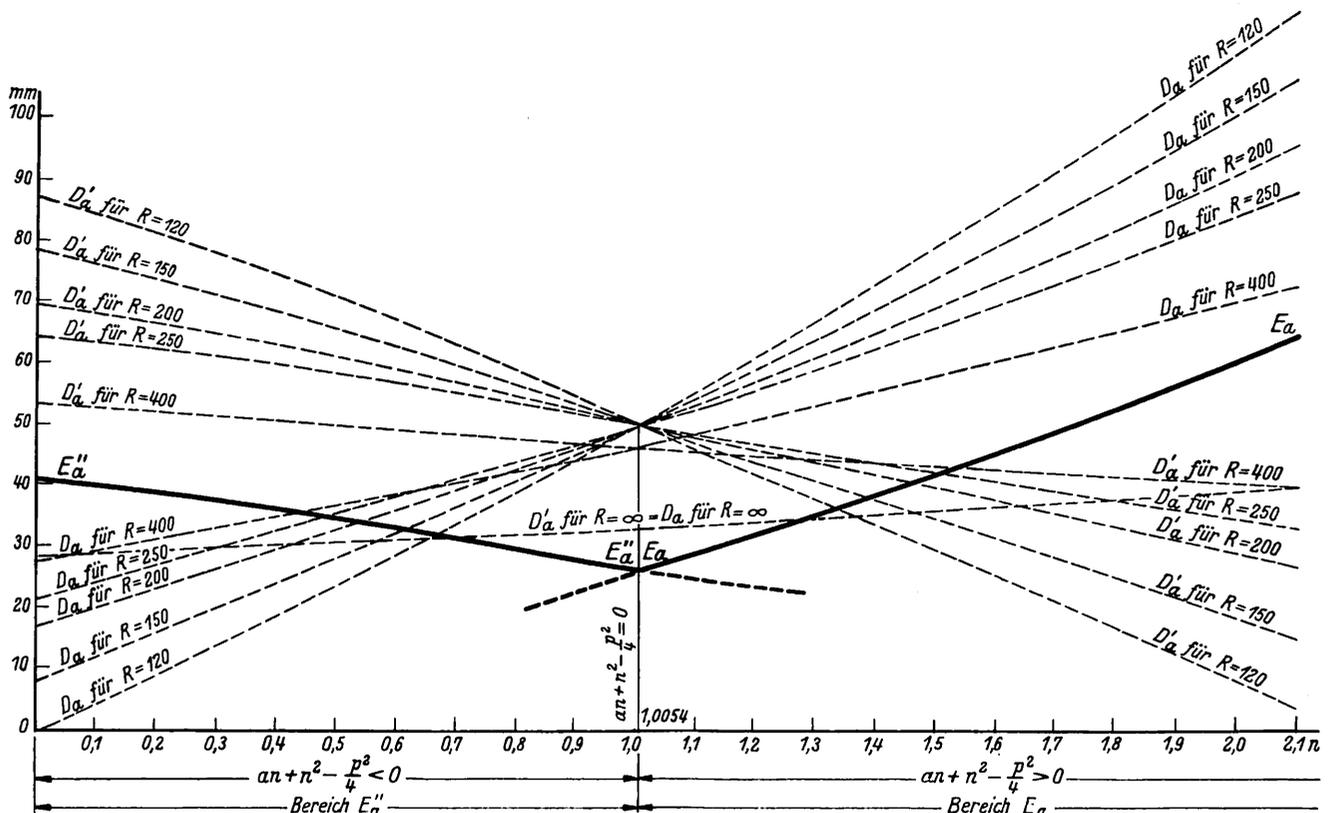
und $k = 0,075$ mit $1,034483$ [vergl. Gl. 23].

Damit ist in diesem Falle

$$\Sigma_a'' = 0,51724l - 0,68276 \dots \dots \dots 39)$$

für Wagen und kleine Halbmesser.

Für große Halbmesser ist σ_a' am größten an der Stelle, an der $E_a = 0$ ist. Mit $d = 1,410$ m und $(q + w) = 0,045$ m ist $\mu = 36,25$.



Darstellung der Einschränkungen E_a'' und E_a und der Verschiebungen D_a' und D_a für Querschnitte außerhalb des Drehzapfens oder der führenden Achsen

$a = 9,5$ m, $p = 6,5$ m, $d = 1,410$ m, $q + w = 0,015$ m, $k = 0,025$ m

Abb. 15.

Wert von a , der noch vorkommt, das ist für $a = 2,5$ m, ein p ist selbstverständlich gleich Null zu setzen.

Für Ladungen ist mit

$d = 1,410$ m, $q + w = 0,015$ m, $\mu = 21,25$, $a = 2,5$ m, $p = 0$ und $k = 0,075$ m

$$\frac{n}{a} = 0,320189.$$

Hiermit ist

$$\Sigma_a' = 0,8202l - 1,1319 - \frac{1,3210}{R} \dots \dots \dots 38)$$

für Ladungen und große Halbmesser.

Diese Gleichung liefert größere Werte als Gl. 22).

Auch für Wagen ist es möglich, daß E_a nicht im ganzen in Frage kommenden Bereich negativ wird.

Der größte Wert von σ_a' entsteht bei kleinem Halbmesser für

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

Es gilt also auch hier für kleinere Halbmesser die Gleichung

Wird auch hier $a = 2,5$ m und $p = 0$ gesetzt, so ist

$\frac{n}{a} = 0,01585$. Damit findet man

$$\Sigma_a' = 0,5159l - 0,6809 - \frac{0,0504}{R} \dots \dots \dots 40)$$

für Wagen und große Halbmesser.

2. $R < 250$ m.

Der größte Wert von σ_a' entsteht an der Stelle, an der

$$an + n^2 - \frac{p^2}{4} = 0 \text{ ist (vergl. Abb. 15).}$$

Dieser Wert liefert immer kleinere Ergebnisse als die (Gl. 27) bis 31) und kann daher außer Betracht bleiben.

c) Spurweiten.

In allen Formeln erscheint die Spurweite l mit positivem Vorzeichen. Die größten Werte der Ausladung ergeben sich daher, wenn die größten Spurweiten, die bei den Verwaltungen vorhanden sind, den Entwicklungen zugrunde gelegt werden.

d) Gültigkeitsbereich der einzelnen Formeln.

Der Gültigkeitsbereich der in den Abschnitten a und b entwickelten Formeln für die größte Ausladung auf der Bogeninnenseite ergibt sich durch Gleichsetzen der einzelnen Ausdrücke, die für die aneinanderstoßenden Bereiche gelten.

Wurden für einen Bereich mehrere Ausdrücke gefunden, so gilt immer der größere Wert.

Die sich danach ergebenden Formeln für die größten Ausladungen Σ sind in der Zahlentafel 1 angegeben.

(Fortsetzung folgt.)

Begrenzung der Breitenmaße bei Lokomotiven.

Von Dipl.-Ing. Alfons Meckel, Berlin.

Hierzu Tafel 33.

Bei der Durchbildung der Lokomotiven hat man sich früher damit begnügt, die Baumaße so festzulegen, daß kein Lokomotivteil bei der Ruhestellung in Mitte des geraden Gleises die vorgeschriebene Fahrzeugumgrenzungslinie überschreitet. Es wurde hierbei — bewußt oder unbewußt — vorausgesetzt, daß der Raum zwischen dieser Fahrzeugumgrenzungslinie und der Lichtraumumgrenzungslinie ausreichend bemessen ist, um die Ausladungen des Fahrzeuges gegenüber der Umgrenzungslinie bei der Fahrt durch die Kurve auch beim Zusammenfallen aller Unregelmäßigkeiten in der Gleislage (größte Spurweite, seitliche Gleisverschiebung und Ausbiegung, Fehler in der Überhöhung) und am Fahrzeug (Abnutzungen, einseitiges Federsetzen) zu gestatten, ohne daß ein Lokomotivteil die Lichtraumumgrenzung überschreitet. Mit dem Größerwerden der Lokomotiven, bei denen einerseits die Fahrzeugumgrenzung ganz ausgenutzt wurde und deren Länge andererseits große Ausladungen der über den festen Achsstand hinausragenden Teile bedingte, zeigte es sich jedoch, daß diese Voraussetzung nicht immer zutrifft. Es wurde deshalb notwendig, die Breitenmaße so einzuschränken, daß auch im ungünstigsten Fall keine Überschreitung der Lichtraumumgrenzung möglich ist, was wieder dazu führte, die Ausschlagmöglichkeiten der Lenkgestelle bzw. Achsen nicht größer zu machen, als im Hinblick auf das zwanglose Durchfahren der kleinsten Kurven und ungünstigsten Weichen gerade notwendig ist.

Zu den hierzu erforderlichen Untersuchungen waren die Grundlagen zusammenzutragen und Richtlinien für das Verfahren aufzustellen. Bei dieser Gelegenheit wurden sämtliche dem praktischen Gebrauch dienenden Untersuchungen für die Feststellung der Kurvenläufigkeit und zur Ermittlung der Begrenzungsmaße zusammengestellt*). Diese umfassen:

A. Die Untersuchung der Bogen- und Weichenläufigkeit**), nach welcher die Ausbildung des Laufwerkes bei gegebener Achsanordnung und gegebenem Radstand derart erfolgt, daß ein möglichst zwangloses Durchfahren der stärksten vorkommenden Gleiskrümmung gewährleistet ist. Hierbei sind die ungünstigsten Verhältnisse des Bogenlaufes zugrunde zu legen, also bei kleinster (planmäßiger) Spurerweiterung und ohne Schienen- und Laufwerkabnutzung.

B. Die Prüfung der Querschnittsmaße**), derart, daß unter Berücksichtigung der möglichen Unregelmäßigkeiten in der Gleislage und am Lokomotivlaufwerk (Betriebsunregelmäßigkeiten) selbst bei der größten Ausladung des Fahrzeuges die Sicherheit des Betriebes nicht gefährdet wird. Hierbei sind die ungünstigsten Verhältnisse für die Fahrzeugausladung zugrunde zu legen: sie treten ein, wenn das Spiel zwischen Rad und Schiene ein Maximum ist, also bei größter Spurerweiterung (größtzulässiger Spurweite) und bei der größten Schienen- und Laufwerkabnutzung.

A. Untersuchung der Bogen- und Weichenläufigkeit.

Die Lokomotive muß ohne Zwang durch den kleinsten Bogen bzw. durch die ungünstigste Weiche gehen, d. h. es darf nur die führende Achse (bzw. die führenden Achsen) am Außenstrang anlaufen, wenn die Lokomotivlängsachse im Lokomotivdrehpunkt (Pol, Reibungsmittelpunkt) senkrecht zum Kurvenhalbmesser steht*). Im allgemeinen genügt es, wenn man bei der Untersuchung die Lokomotive so in die Kurve stellt, daß beim Anlaufen der führenden Achse am Außenstrang die letzte feste Achse radial läuft (Lokomotivlängsachse an dieser Stelle senkrecht zum Krümmungshalbmesser), oder in Spießgangstellung, wenn diese Radialstellung der letzten festen Achse nicht möglich ist. Nur wenn die sich hieraus ergebenden Ausschläge der einstellbaren Achsen (Drehgestell, Lenkgestell, Lenkachsen, seitlich verschiebbare Achsen) oder Spurkranzschwächungen nicht verwirklicht werden können, ist die genauere Einstellung nach dem Lokomotivdrehpunkt vorzunehmen. Die früher vielfach übliche Ermittlung der Ausschläge der einstellbaren Achsen auf Grund der Spießgangstellung der Lokomotive ergibt meist zu große Werte, deren Verwirklichung dann Schwierigkeiten bei der Begrenzung der Breitenmaße macht. Aus diesem Grunde wird es vielfach sogar notwendig werden, die genauere Untersuchung für eine Drehung um den Pol vorzunehmen, um unnötig große Ausschläge zu vermeiden. Ja es kann sogar erforderlich sein, diese Ausschläge so einzuschränken, daß in den wenig befahrenen kleinsten Kurven die erste feste Achse nicht mehr an der Führung teilnimmt, sondern nur die Laufachse(-n). Das Kleinstspiel zwischen Rad und Schiene ergibt sich aus dem Spurkranzspiel bei neuen Radreifen und neuen Schienen und der planmäßigen Spurerweiterung. Bei den Weichen ist darauf zu achten, wie weit die Herzstückspurrille die aus der Kurvenlaufuntersuchung sich ergebende Stellung der Achsen mit geschwächten Spurkränzen zuläßt, da es unter Umständen möglich ist, daß die Spurkranzschwächung nicht wirksam werden kann, weil das auf dem Außenstrang laufende Rad innen zum Anlaufen kommt. In diesem Falle ist also Seitenverschiebbarkeit der Achse erforderlich oder Schwächung des Spurkranzes auch von innen her.

B. Nachprüfung der Querschnittsmaße der Lokomotive.

1. Im geraden Gleis.

Es darf kein Lokomotivteil bei Mittelstellung im geraden Gleis über die vorgeschriebenen Fahrzeugbegrenzungslinien hinausragen. Die Untersuchung erstreckt sich auf die Lokomotive in betriebsfähigem Zustand (mit vollen Vorräten) ohne Abnutzung (neue Radreifen und neue Lager) und ohne Berücksichtigung des Federspiels. Im unteren Teil jedoch sind die Abnutzungen zu berücksichtigen (Radreifenabnutzung, sowie Lager- und Schenkelabnutzung). Für Teile, die dem Federspiel nicht folgen bzw. die durch die Radreifen gedeckt sind, sowie für Sonderfälle, z. B. Zahnradlokomotiven, elektrische Lokomotiven, sind die jeweiligen Ausnahmevorschriften zu beachten.

*) Vergl. die Untersuchungen von Uebelacker, Heumann, Jahn.

*) Siehe „Anleitung zur Untersuchung der Kurvenläufigkeit und zur Ermittlung der Begrenzungsmaße von Lokomotiven“, Reichsbahn-Zentralamt Berlin.

**) Die Einstellung der Lokomotive erfolgt nach dem Verfahren von Vogel, siehe Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1926, S. 354.

2. Im Bogen.

Zwischen der Lokomotivbegrenzungslinie und der Umgrenzung des lichten Raumes ist ein Zwischenraum, der für Verschiebungen der Gleise und Ausschläge der Fahrzeuge vorgesehen ist. Das Fahrzeug muß so bemessen sein, daß beim Zusammentreffen sämtlicher Betriebsunregelmäßigkeiten kein Lokomotivteil die Umgrenzung des lichten Raumes überschreitet. Zu diesem Zweck wird die ungünstigste Stellung des Fahrzeuges in der Kurve*) und in der Lichtraumumgrenzung untersucht, und zwar derart, daß

- die Ausladungen der Lokomotivlängsmittle gegenüber der Mitte der Lichtraumumgrenzung aus der Kurveneinstellung ermittelt werden.
- der Einfluß der Betriebsunregelmäßigkeiten (seitliche Gleisverschiebung, seitliche Gleisdurchbiegung, Unterschiede und Fehler in der Gleisüberhöhung und einseitiges Setzen der Tragfedern) festgestellt wird, sowie
- in den einzelnen kritischen Lokomotivquerschnitten die Lage der äußersten Lokomotivteile zu dem Lichtraumumgrenzungsprofil geprüft wird.

Zu a): Ermittlung der Lokomotivausladungen aus der Kurveneinstellung. Da es hierbei darauf ankommt, die größten Ausschläge zu ermitteln, ist das größtmögliche Spiel zwischen Rad und Schiene zugrunde zu legen. Die Profilverfreiheit ist sowohl für die fahrende als auch für die stillstehende Lokomotive zu untersuchen. Für die Untersuchung der „Fahrtstellung“ ist die Lokomotive für Vor- und Rückwärtsfahrt so in die Kurve zu stellen, daß die letzte feste Achse radial steht (diese „angenäherte zwanglose Einstellung“ ist zugrunde zu legen, da hierbei die Ausschläge nach außen größer sind als bei der Radialstellung im Drehpunkt. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß bei Lokomotiven mit Schleppender im hinteren Teil, z. B. am Führerhaus, die Verhältnisse bei Vorwärtsfahrt und Radialstellung im Drehpunkt ungünstiger sein können als bei Rückwärtsfahrt und Radialstellung der letzten festen Achse). — Für die Untersuchung der „Ruhestellung“ ist die Spießgangstellung zur Ermittlung der größten Ausschläge nach außen und die Stellung am Innenstrang zur Ermittlung der größten Ausschläge nach innen zugrunde zu legen. (Beide Stellungen sind Zwangstellungen, die ungünstigenfalls denkbar sind.) — Das Spiel setzt sich zusammen aus dem Spurkranzspiel bei neuen Radreifen und neuen Schienen, der planmäßigen Spurerweiterung, der Spurübererweiterung, der Spurkranzabnutzung, sowie dem Lagerspiel bei Abnutzung.

Es wurde bewußt darauf verzichtet, auch für die fahrende Lokomotive die Spießgangstellung anzunehmen, denn dieser Einstellung wirken alle, den natürlichen Lauf des Fahrzeuges bedingenden, Kräfte entgegen, sowie die Kräfte der Rückstellfedern und auch meistens die Zugkraft. Sie kann vielleicht in besonderen Ausnahmefällen eintreten, z. B. bei stark schiebender Lokomotive und gleichzeitigem Schleudern. Dann fährt aber die Lokomotive so langsam, daß die Verhältnisse der Ruhestellung gelten.

Die sich hieraus (Abb. 1, Taf. 33) ergebenden Ausschläge der Lokomotivlängsachse sind nun nicht von dem Bogen mit dem Krümmungshalbmesser R abzumessen, sondern von der Mittelachse der Umgrenzung des lichten Raumes, da die Achse der Umgrenzung des lichten Raumes in der Mitte zwischen beiden Schienen liegt, in Bögen mit Spurerweiterung also in der Mitte der erweiterten Spur. Das bedeutet, daß die Achse

*) Es genügt für die Reichsbahn die Untersuchung in der 250 m Kurve, da in dieser Kurve das ungünstigste Verhältnis zwischen Fahrzeugausschlag und Lichtraumumgrenzung vorliegt (in kleineren Kurven ist der Lichtraum erweitert).

der Umgrenzungslinie vom Bogen mit dem Radius R um die halbe planmäßige Spurerweiterung nach innen rückt.

Zu b): Einfluß der Betriebsunregelmäßigkeiten. Die aus der Untersuchung a) für die einzelnen zu untersuchenden Lokomotivquerschnitte sich ergebenden Ausschläge können nun nicht von der Mitte der Lichtraumumgrenzung abgetragen werden, um die jeweilige Lokomotivquerschnittsmittellinie zu erhalten, sondern es muß eine Ausgangsmittellinie für die Abtragung der Kurvenausschläge ermittelt werden, welche die Betriebsunregelmäßigkeiten wie folgt berücksichtigt (Textabb. 1).

1. Seitliche Verschiebung des Gleises. Im Regelzustand stimmen Gleismitte und Mitte lichter Raum überein. Durch die Betriebseinflüsse muß mit einer Verschiebung der Gleisachse von einer Gleisregulierung bis zur nächsten gerechnet werden. Diese Maße haben mit der Krümmung nichts zu tun, sondern kommen ebenso in der Geraden wie in der Krümmung vor. Es ist auch nicht statthaft, diese seitliche Gleisver-

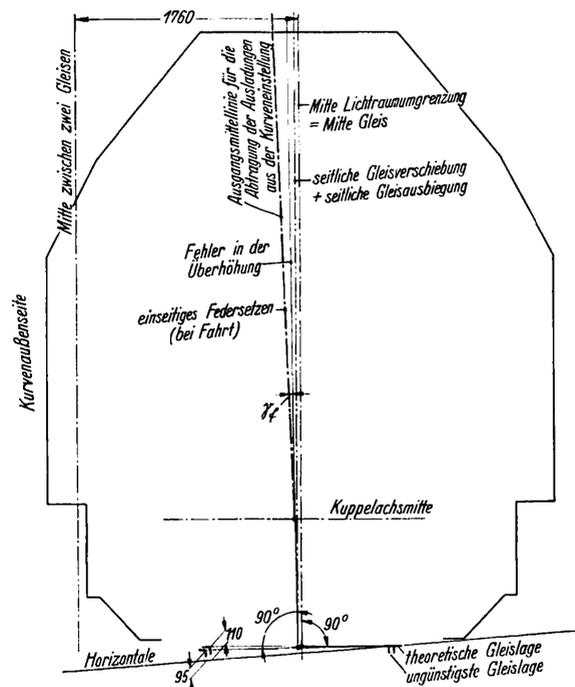


Abb. 1.

schiebung in den Fällen unberücksichtigt zu lassen, wo das Gleis festgelegt ist, denn dann darf der lichte Raum entsprechend eingeschränkt werden.

2. Elastische seitliche Ausweichung der Schienen (2,5 mm im Bogen, 1.0 mm in der Geraden).

3. Fehler in der Überhöhung.

4. Einseitiges Setzen der Tragfedern. In der Kurve werden die Federn durch die Schwerpunktverlagerung infolge der Gleisüberhöhung und durch die Fliehkraft einseitig belastet. Die vertikale Lokomotivmittelachse steht nicht mehr senkrecht zum Gleis, sondern dreht sich um einen Punkt, der in der Höhe der Kuppelachsmittle liegt (annähernd unter Vernachlässigung des Axialspiels). Die hierdurch bedingten Ausschläge werden wie folgt ermittelt:

a) Für die Fahrtstellung der Lokomotive bei der größtzulässigen Geschwindigkeit und kleinsten Gleisüberhöhung.

β) Für die Ruhestellung der Lokomotive. Für die Untersuchung nach der Kurvenaußenseite: Hierbei ist ebenfalls die kleinste Gleisüberhöhung zugrunde zu legen, da sich hierbei die ungünstigeren Verhältnisse ergeben.

Für die Untersuchung nach der Kurveninnenseite: Hierbei ist die größte Überhöhung zugrunde zu legen.

Die Winkelausschläge (Textabb. 1 bis 3) ergeben sich aus dem Kräfteplan wie folgt:

Zu α): Für Fahrtstellung der Lokomotive aus der Formel*):

$$\text{tg } \gamma_F = \frac{2 Z \cdot h - 2 G \cdot h \cdot \sin \alpha}{C_R \cdot 4 A^2 - 2 G \cdot h} \quad \left(\sin \alpha = \frac{\text{Gleisüberhöhung}}{1500} \right)$$

wenn A_l und A_r verschieden sind, aus der Formel:

$$\text{tg } \gamma_F = \frac{2 Z \cdot h - 2 G \cdot h \cdot \sin \alpha + G \cdot A_r - G \cdot A_l}{C_R \cdot (A_l + A_r)^2 - 2 G \cdot h}$$

Diese Formel ist abgeleitet aus den folgenden Gleichungen, die sich aus dem Kräfteplan (Abb. 2) ergeben:

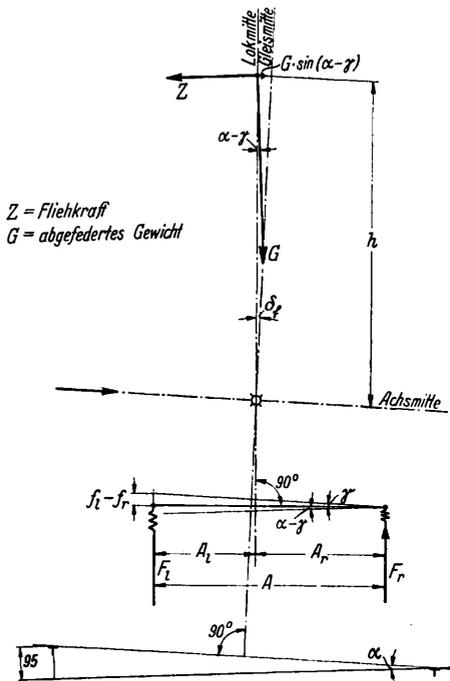


Abb. 2.

- 1) $\text{tg } \gamma_F = \frac{f_l - f_r}{A_l + A_r}$
 - 2) $G = F_L + F_R$ (Summe der Kräfte = 0)
 - 3) . . . $Z \cdot h - G \cdot \sin(\alpha - \gamma) \cdot h + F_R \cdot A_r - F_L \cdot A_l = 0$
(Summe der Momente = 0)
 - 4) $\begin{cases} F_L = f_l \cdot C_R \\ F_R = f_r \cdot C_R \end{cases}$
- (wobei zur Vereinfachung angenommen wurde: $\cos \alpha = 1$ und $\cos \gamma = 1$).

Hierbei ist an Stelle sämtlicher Federn einer Lokomotivseite eine Ersatzfeder gedacht. Der Abstand dieser von der Lokomotivmitte errechnet sich wie folgt

$$A_r = \frac{F_1 \cdot A_{1r} + F_2 \cdot A_{2r} + F_3 \cdot A_{3r} + \dots}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots}$$

*) In den Formeln sind F_1, F_2 und F_3 die Federbelastungen im Stillstand der Lokomotive im geraden Gleis, A_{1l}, A_{1r} u. s. f. die Abstände der Federn links und rechts von der Fahrzeugmitte. C_1, C_2 und C_3 sind die Federkonstanten der einzelnen Federn (hierbei wird die Veränderung der Federbelastung für den Fall, daß Federn vom Drehgestell usw. bei den Kurvenstellungen ihre Lage zur Lokomotivmitte verändern, außer acht gelassen). Dies ist natürlich nur eine grobe Annäherung, die aber ausreichend genaue Mittelwerte ergibt. Selbst im ungünstigsten Falle (weiche Drehgestellfedern, die nach der Kurveninnenseite ausschlagen) wird sich vorn kein größerer Winkelausschlag ergeben, da ja hier die Schwerpunkt-lage sehr tief ist.

$$A_l = \frac{F_1 \cdot A_{1l} + F_2 \cdot A_{2l} + F_3 \cdot A_{3l} + \dots}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots}$$

Die Federkonstante dieser Ersatzfeder errechnet sich aus der Arbeitsgleichung:

$$\frac{F_R \cdot f_r}{2} = \frac{F_1 \cdot f_1}{2} + \frac{F_2 \cdot f_2}{2} + \frac{F_3 \cdot f_3}{2} + \dots$$

zu:

$$C_R = \frac{(F_1 + F_2 + F_3 + \dots)^2}{\frac{F_1^2}{C_1} + \frac{F_2^2}{C_2} + \frac{F_3^2}{C_3} + \dots}$$

Zu β): Für Ruhestellung der Lokomotive. Aus der Formel:

$$\text{tg } \gamma_R = \frac{2 G \cdot h \cdot \sin \alpha}{C_R \cdot 4 A^2 - 2 G \cdot h} \quad \left(\sin \alpha = \frac{\text{Gleisüberhöhung}}{1500} \right)$$

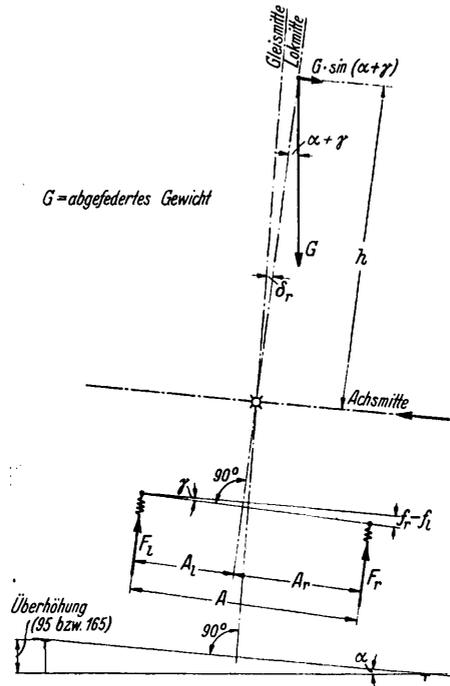


Abb. 3.

bzw. wenn A_l und A_r verschieden sind, dann aus der Formel:

$$\text{tg } \gamma_R = \frac{2 G \cdot h \cdot \sin \alpha + G \cdot A_l - G \cdot A_r}{C_R \cdot (A_l + A_r)^2 - 2 G \cdot h}$$

Diese Formel ist abgeleitet aus den folgenden Gleichungen (Abb. 5):

- 1) $\text{tg } \gamma_R = \frac{f_r - f_l}{A_l + A_r}$
- 2) $G = F_L + F_R$ (Summe der Kräfte = 0)
- 3) $G \cdot \sin(\alpha + \gamma) \cdot h + F_L \cdot A_l - F_R \cdot A_r = 0$
(Summe der Momente = 0)
- 4) $\begin{cases} F_L = f_l \cdot C_R \\ F_R = f_r \cdot C_R \end{cases}$

(wobei zur Vereinfachung angenommen wurde: $\cos \alpha = 1$ und $\cos \gamma = 1$).

Zu c): Prüfung der einzelnen Lokomotivquerschnitte auf Profilverfreiheit. Von dieser die Betriebsunregelmäßigkeiten berücksichtigenden Mittellinie ausgehend (die der Lokomotivmittellinie an der Stelle entspricht, wo sich keine seitliche Ausladung aus der Kurvenstellung ergibt) sind nunmehr die aus der Untersuchung a) ermittelten seitlichen Ausladungen für die jeweils zu untersuchenden Lokomotivquerschnitte (s. Abb. 2 bis 5, Taf. 33) abzutragen. Hiermit ist dann die

tatsächliche Lage der Lokomotivmitte des jeweiligen Lokomotivquerschnittes zur Lichtraummitte gefunden. Weiterhin sind dann die äußersten Kanten der einzelnen Lokomotivquerschnitte einzuzeichnen, um zu prüfen, ob diese nicht die Lichtraumumgrenzung überschreiten. Hierbei ist noch zu beachten, daß im mittleren Teil die Lichtraumumgrenzung nicht ausgenutzt werden darf, da sich die Lichtraumumgrenzungen in der Mitte zwischen zwei Gleisen überschneiden. Es dürfen deshalb in diesem Bereich keine Lokomotivteile über die Mittellinie zwischen zwei Gleisen hinausragen. — Besonders ist hierbei zu achten auf folgende Teile: Vordere Zylinderkante, Fußtritte, Führerhaus, Zylinderablaßventil, Kohlen- und Wasserkasten, Windleitbleche, Laufblech.

Grundsätzlich sind folgende Fälle zu untersuchen:

1. Fahrtstellung

a) in Vorwärtsfahrt.

b) in Rückwärtsfahrt,

jeweils unter Zugrundelegung der Radialstellung der letzten festen Achse, der größtzulässigen Geschwindigkeit und der kleinstmöglichen Überhöhung.

2. Ruhestellung*),

a) nach der Kurvenaußenseite zu unter Zugrundelegung der Spießgangstellung aus der Vor- und aus der Rückwärtsfahrt und der kleinsten Kurvenüberhöhung;

b) nach der Kurveninnenseite zu unter Zugrundelegung der Stellung am Innenstrang und der größten Kurvenüberhöhung.

Den Untersuchungen ist die betriebsfähige Lokomotive mit neuen Radreifen, ohne Lagerabnutzung und ohne Berücksichtigung des Federspieles zugrunde zu legen. Im unteren Teil der Lichtraumumgrenzung ist die tiefstmögliche Stellung der Lokomotive zu berücksichtigen, also bei Radreifenabnutzung und Lager- und Schenkelabnutzung, sowie 15 mm Federspiel nach unten. Nötigenfalls ist auch zu prüfen, ob nicht der obere Teil der Lichtraumumgrenzungslinie bei der höchstmöglichen Stellung der Lokomotive, also bei leerer Lokomotive, bei neuen Spurkränzen und 5 mm Federspiel nach oben überschritten wird.

*) Bei dem vorliegenden Beispiel ergeben sich für die Ruhestellungen keine ungünstigeren Verhältnisse als für die Fahrtstellung. Dies ist bei anderen Bauarten jedoch vielfach der Fall.

Rundschau.

Elektrische Bahnen.

Stand des elektrischen Vollbahnbetriebes in der Welt.

In einem Vortrag, den Herr Elektrisierungsdirektor Ministerialrat Ingenieur Kaan der Österreichischen Bundesbahnen im Dezember 1935 im Elektrotechnischen Verein in Wien gehalten hat, wurde ein bemerkenswerter Überblick über den Stand der elektrischen Zugförderung auf Vollbahnen und solchen mit vollbahnähnlichen Betriebsverhältnissen in allen Ländern der Erde gegeben. Wir entnehmen dem Vortrag die nachfolgenden Angaben.

Zunächst zeigt die nachstehende Übersicht die Verteilung der Stromarten:

Erdteil	Streckenkilometer (nur Hauptbahnen)				
	Gleichstrom		Einphasenstrom		Drehstrom
	1200 bis 1500 V	2400 bis 3000 V	11000 V	15000 V	
Europa ..	3800	1600	110	8130	2140
Amerika .	450	2270	1430	150	—
Asien . . .	1400	—	—	—	—
Afrika . . .	—	960	—	—	—
Australien	860	—	—	—	—
Summen	6510	4830	1540	8280	2140
	11340		9820		2140

In den nachstehenden Abschnitten folgen die wichtigsten Angaben über die Entwicklung, den Stand und die Zukunftspläne der Hauptbahnelektrisierung. Die deutschen Verhältnisse sind als bekannt vorausgesetzt und deshalb nicht besprochen.

Schweiz und Österreich.

Die Schweiz ist eines jener Länder in Europa, in denen schon frühzeitig mit der Elektrisierung seitens der privaten Bahngesellschaften begonnen und in welchen die elektrische Zugförderung am umfassendsten eingeführt wurde. Die Bundesbahnen haben einheitlich mit Einphasenwechselstrom 15 kV, 16²/₃ Hz elektrisiert. Der erste Bauabschnitt endete 1928 und umfaßte rund 1670 Streckenkilometer, das sind 58% des Gesamtnetzes mit einer Verkehrsleistung von 85% der Bruttotonnenkilometer. Im Jahre 1929 wurde ein weiteres Elektrisierungsprojekt auf 480 km Strecken begonnen, so daß derzeit etwa 75% des Netzes mit 93% Bruttotonnenkilometer elektrisch betrieben werden. An

Triebfahrzeugen versehen 491 Streckenlokomotiven verschiedenster Bauarten, 21 Verschiebelokomotiven und 48 Triebwagen den Dienst. Der Arbeitsaufwand je Jahr, der zu 80% von den sieben bundesbahneigenen Wasserkraftwerken bezogen wird, beträgt etwa 520 Millionen kWh.

Nachdem in Österreich in der Vorkriegszeit auf der Mariazellerbahn, der Preßburgerbahn und der Mittenwaldbahn, zusammen 220 km; die elektrische Zugförderung eingerichtet worden war, sind in der Nachkriegszeit (auf Grund von Bundesgesetzen aus den Jahren 1920 und 1925) in den Jahren 1924 bis 1929 weitere 620 km und in den Jahren 1932 bis 1935 noch 80 km dazu gekommen, so daß derzeit 920 km, das sind 16% der Bundesbahnstrecken mit 22% der Verkehrsleistungen, elektrisch betrieben werden. Das Einheitssystem ist einphasiger Wechselstrom von 15 kV und 16²/₃ Hz. Es wurden rund 1350 km Fahrleitung und fast 500 km 55 kV-Übertragungsleitungen errichtet. Ferner wurden vier bahneigene Wasserkraftwerke, 13 Unterwerke sowie vier Werkstätten gebaut; eine weitere Werkstätte wurde als Hauptausbesserungswerkstätte für Elektrolokomotiven besonders ausgestaltet. Den Dienst versehen auf den ein geschlossenes Netz bildenden Linien westlich von Salzburg und auf der Salzkammergutlinie 178 Lokomotiven und zwölf Triebwagen.

Für die Zukunft ist auch die Umstellung der Strecken Wien—Salzburg, der Ostbahn zur ungarischen Strecke, der Südbahn bis Graz und unter Umständen die des Wiener Nahverkehrs geplant.

Schweden, Norwegen und Dänemark.

Schweden setzt in großem Ausmaß die Elektrisierung seiner Bahnen mit Einphasenstrom 15 kV, 16²/₃ Hz. fort. Von den 16550 Betriebskilometern des Landes betrieben die Staatsbahnen Anfang 1936 etwa 2450 km elektrisch: viele Privatbahnen und darunter die bedeutendsten haben ebenfalls diese Betriebsart eingeführt. Die ausgeführten und schon sichergestellten Arbeiten der schwedischen Staatsbahnen werden dann rund 44% der Gesamtlänge der Staatsbahnlinien mit 80% der geleisteten Wagenachskilometer umfassen. Die Energieversorgung erfolgt zum Großteil aus den über das Land zerstreuten staatlichen Wasserkraftwerken und nur zum geringen Teil von Kraftwerken im privaten Besitz. Bemerkenswert ist, daß für den Streckendienst mit einer einzigen Lokomotivbauart das Auslangen gefunden werden kann.

Von dem norwegischen Staatsbahnnetz mit 3500 km Länge sind 190 km auf elektrischen Betrieb umgestellt. Mit Ausnahme der Ofotenbahn, welche die Fortsetzung der schwedischen Riksgränsenbahn bildet, befinden sich die Linien im südlichen Teil

des Landes. Auf Grund der jüngsten Ergebnisse wird laut Beschluß des Storting der elektrische Betrieb auf weitere 120 km, nämlich Oslo—Bergen, eingeführt werden.

In Dänemark wurde die Elektrisierung der Kopenhagener Nahverkehrsstrecken im Jahre 1930 sichergestellt. Die Betriebsaufnahme erfolgte im Jahre 1935 auf 38 km-Strecken mit Gleichstrom 1500 V, der über vier Gleichrichterunterwerke von einem privaten Drehstromnetz von 10 kV, 50 Hz. bezogen wird. Die Unterwerke werden ferngesteuert. Die Triebwagenzüge sind aus Einheiten zusammengesetzt, die aus zwei Triebwagen und einem Beiwagen bestehen.

England, die Niederlande.

Das größte elektrisierte Netz in England betreibt die Southern Railway Company mit 1400 Betriebskilometer und 650 V Gleichstrom, der von einer dritten Schiene abgenommen wird. Neben dem Vorortverkehr bedient die Southern Railway den Verkehr zwischen London und Brighton mit den Abzweigungen nach Worthing und Hastings. Zur Versorgung der Linien wurden ferngesteuerte Gleichrichterunterwerke errichtet, welche Drehstrom mit 33 kV zugeführt erhalten. Der Verkehr wird mit Triebwagenzügen durchgeführt, welche aus Einheiten zusammengesetzt werden, die jeweils zwei Motorwagen aufweisen. Im Jahre 1929 wurde unter Vorsitz des Lord Weir eine Studie über die Elektrisierung sämtlicher Hauptlinien der großen englischen Bahngesellschaften ausgearbeitet, durch die die Elektrisierungspläne einen neuen Antrieb erhalten haben, eine Elektrisierung in dem vorgeschlagenen Umfang wird jedoch seitens der vier großen Bahngesellschaften zunächst nicht ins Auge gefaßt. Die London-Midland- and Scottish Railway und die London and North Eastern Railway weisen kürzere elektrisierte Strecken auf.

In den Niederlanden wurde der elektrische Bahnbetrieb schon im Jahre 1908 auf der Strecke Rotterdam—Den Haag—Scheveningen mit 11 kV Fahrdrachtspannung, 25 Hz, eingeführt. Nach Wahl von 1500 V Gleichstrom als Einheitensystem, mußte diese Strecke umgebaut werden. Bis jetzt wurden 230 km Strecke ausgerüstet und 19 Unterwerke gebaut, welche den bahnfremden Drehstrom hauptsächlich mittels Gleichrichter umformen. Die Zusammensetzung der Triebwagenzüge erfolgt jeweils nach der Verkehrsstärke. Die längsten Züge führen zehn Wagen. Die Züge mit durchgehendem Verkehr sowie die Güterzüge werden aber weiterhin mit Dampf gefördert.

Belgien, Frankreich, Spanien.

In Belgien wurde bis vor kurzem der elektrische Betrieb nur für Kleinbahnen, allerdings in großem Maße angewendet, denn von rund 4600 km werden mehr als ein Fünftel elektrisch betrieben. Die nationale belgische Bahngesellschaft, welche ein Netz mit 4860 km Umfang betreibt, hat die Elektrisierung der Linie Antwerpen—Brüssel durchgeführt. Die Fahrdrachtspannung beträgt 3000 V Gleichstrom; es werden nur Triebwagenzüge geführt. Die Umstellung soll auch auf die Linien Brüssel—Arlon und Marloie—Lüttich ausgedehnt werden. Der Energiebezug erfolgt aus Wärmekraftwerken.

In Frankreich wird die Traktionsenergie teils von den Wasserkraftwerken in den Alpen und den Pyrenäen und teils von Wärmekraftwerken geliefert. Ein Hochspannungsnetz von 60 bis 220 kV verbindet die Kraftzentralen mit den Unterwerken. Das elektrisch betriebene Netz hat derzeit 2140 km Länge und eine Fahrdrachtspannung von 1500 V Gleichstrom. Der überwiegende Teil entfällt auf die vereinigten Gesellschaften der Paris-Orléansbahn und Midibahn. Die Unterwerke enthalten zum größten Teil Einankerumformer, die neueren sollen Gleichrichter erhalten. Die Verwaltung der P. L. M. Bahn betreibt den elektrischen Verkehr auf der Rampe zur Paßhöhe des Mt. Cenis Tunnels. Auch die Staatsbahnen planen die Umstellung der Strecke Paris—le Mans mit derselben Betriebsspannung von 1500 V, Oberleitung und selbsttätigen Unterwerken.

Von dem etwa 16000 km Strecken umfassenden Netz in Spanien weisen 980 km elektrische Zugförderung auf. Der Hauptteil entfällt auf die Nordbahn, welche Streckenabschnitte über die Paßhöhen der Pyrenäen und die verkehrswichtige Verbindung mit den französischen Bahnlagen westlich der Pyrenäen elektrisch betreibt. Ein weiterer elektrischer Anschluß an die französische Bahn erfolgt im östlichen Teil des Gebirgszuges. Die Stromart

ist Gleichstrom von 1500 V, der aus Drehstrom, teilweise mit rotierenden Umformern, teils mit Gleichrichtern gewonnen wird. Als Kraftlieferer kommen nur Wasserkraftzentralen in Betracht. Derzeit sind die Umstellungsarbeiten auf den von Madrid nach Avila—Segovia führenden Strecken im Gange. Die Stromlieferung soll vier privaten Unternehmungen übertragen werden, die ganz Mittelspanien beliefern.

Italien, Ungarn.

In Italien finden wir zwei Stromarten, und zwar Drehstrom von 3600 V, $16\frac{2}{3}$ Hz in der Fahrleitung in Nord- und Nordwestitalien und Gleichstrom von 3000 V in Mittel- und Süditalien. Mit Wechselstrom werden etwa 1530 km, mit Gleichstrom etwa 740 km betrieben; rechnet man aber noch die mit verschiedenen Stromarten und Spannungen betriebenen Strecken von 1890 km hinzu, so ergeben sich insgesamt etwa 4150 km Betriebslänge. Ein großzügiger Elektrisierungsplan sieht die Umstellung von weiteren 4400 km vor, wobei einige Gleichstromstrecken anderer Spannung, sowie eine Drehstromversuchsstrecke bei Rom ebenfalls auf 3000 V-Gleichstrom-Einheitensystem umgestellt werden sollen. Der Energiebezug erfolgt zum überwiegenden Teil aus Wasserkraftwerken, die hauptsächlich in bahneigenem Besitze sind. Die Drehstromübertragungsleitungen werden mit 60 und 130 kV betrieben, die bei den neuen Anlagen die Gleichrichterunterwerke speisen.

Eine Ausnahmestellung nimmt das von den ungarischen Staatsbahnen bei der Elektrisierung gewählte Kandó-System ein, das grundsätzliche Unterschiede aufweist. Es wird auf den Linien Budapest—Hegyeshalom und Budapest—Alag verwendet. Der Energiebedarf wird einem die Allgemeinheit versorgenden Drehstromnetz mit 110 kV, 50 Hz entnommen, welches durch das Wärmekraftwerk Bánhida gespeist wird. In vier Unterwerken wird der Strom auf die Fahrdrachtspannung von 16 kV Einphasenstrom heruntergespannt; diese Unterwerke sind mit ihrem Leistungsbedarf derart den einzelnen Phasen des Drehstromnetzes zugeordnet, daß sich eine möglichst gleichmäßige Lastverteilung für das Drehstromnetz ergibt.

Polen, Tschechoslowakei, Rumänien.

In Polen wurde der erste elektrische Betrieb im Jahre 1927 auf einer 30 km langen Warschauer Vorortstrecke eingeführt. Derzeit sind von den, dem öffentlichen Verkehr dienenden Bahnnetz mit rund 21600 km Umfang etwa 100 km Vorortstrecken im Bau. Als Stromsystem wurde Gleichstrom 3000 V gewählt, bei Bezug von Drehstrom aus dem Landesnetz. Es sollen nur Personenzüge elektrisch befördert, der Güterverkehr soll weiterhin mit Dampf durchgeführt werden. Wirtschaftlich gerechtfertigt wäre der Ausbau von etwa 1800 km Strecken, da die Berechnungen jährliche Ersparnisse bis zu 20% ergeben haben.

Die elektrische Zugförderung in der Tschechoslowakei ist im Jahre 1928 lediglich für die Bahnhofs- und Tunnelanlagen Prags eingerichtet worden. Die Elektrisierung dieser 25 km langen Strecke erfolgte mit 1500 V Gleichstrom, der aus dem Prager städtischen Drehstromnetz umgeformt wird. Für die allgemeine Einführung der elektrischen Zugförderung sind in den Kohlengebieten einige, Abfallkohle verbrauchende Großkraftwerke vorgesehen; jedoch besteht für die nächste Zukunft keine Aussicht auf Verwirklichung dieses Planes.

Seitens der rumänischen Staatsbahn ist die Elektrisierung der Linie Câmpina—Kronstadt geplant, da dadurch die Leistungsfähigkeit dieser eingleisigen schweren Gebirgsbahn so gesteigert werden könnte, daß sich die sonst schwer zu vermeidende Verdoppelung der Gleise auf abschbare Zeit hinauschieben ließe. Infolge des derzeit stark zurückgegangenen Verkehrs wurde aber das Projekt vorläufig zurückgestellt.

Asien.

Bis zu Beginn des Jahres 1935 umfaßte das elektrisch betriebene Netz in Rußland rund 350 km. Soweit bekannt ist, sollen bis Ende 1937 insgesamt rund 20000 km Strecken elektrifiziert werden. Dazu kommen noch rund 550 km Vorortbahnen, wovon etwa 300 km auf die Moskauer Nahverkehrsstrecken entfallen. Für die Vorortbahnen wurde Gleichstrom von 1500 V, für die Hauptbahnen jedoch 3000 V gewählt.

Die Türkei plant den Bau einer etwa 160 km langen Strecke, die von der Hafenstadt Ereğli längs der Küste des Schwarzen

Meeres zu Erzminen führt. Die Elektrisierung, welche gleichzeitig mit dem Neubau dieser Linie hätte stattfinden sollen, wurde aber derzeit zurückgestellt.

Vom gesamten Bahnnetz British-Indiens mit etwa 75000 km sind derzeit 920 km elektrisiert, sowohl Vororte- als auch Fernstrecken. Von letzteren ist vor allem die von Bombay landeinwärts führende Linie nach Igatpuri und Poona zu erwähnen. Den Strom liefert ein Wasserkraft- und ein Dampfkraftwerk, welche mittels einer 100 kV-Fernleitung die Umformerunterwerke speisen. Als Fahrdrachtspannung wurde 1500 V Gleichstrom gewählt. Geplant ist die Ausdehnung des elektrischen Betriebes über Igatpuri und Poona hinaus auf ein Streckennetz von rund 1650 km.

Der elektrische Betrieb in Japan reicht auf das Jahr 1895 zurück, in welchem 11 km Strecke nächst Kyoto elektrisiert wurden. Heute sind 350 km oder 2,3% des Staatsbahnnetzes und 6700 km oder 58% der Lokalbahnen elektrisch betrieben. Verwendet wird nur Gleichstrom, für den Fernverkehr 1500 V, sonst 600 V. Die Energie wird zum größten Teil aus bahnfremden Werken bezogen. Die Unterwerke sind teils mit Einankerumformern, teils mit Gleichrichtern ausgerüstet.

Amerika.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika verteilt sich der elektrische Zugbetrieb auf 21 Gesellschaften; seine Einführung reicht bis auf das Jahr 1887 zurück. Die Stromarten sind sehr mannigfaltig. Der Hauptsache nach steht 3000 V Gleichstrom und 11 kV, 25 Hz Einphasenwechselstrom in Verwendung. Nach Vollendung der bereits sehr weit fortgeschrittenen Arbeiten wird die Pennsylvania-Gesellschaft mit 1730 km Gesamtstrecken für 11 kV, 25 Hz und 33 Unterwerken, bei einem außerordentlich dichten Verkehr zwischen New York—Washington, an erster Stelle stehen. Bis vor kurzem hatte aber die Chicago, Milwaukee, St. Paul und Pacific Gesellschaft mit 1400 km Streckenlänge das ausgedehnteste Netz; dieses wird mit Gleichstrom 3000 V betrieben. Für das gleiche Stromsystem hatte sich auch die Delaware, Lackawanna und Western Gesellschaft entschieden, welche ausschließlich Gleichrichterunterwerke und Triebwagen verwendet.

Von den mittelamerikanischen Staaten ist Costarica zu erwähnen, wo eine 150 km lange, 15 kV, 20 Hz Einphasenwechselstrombahn den Hafen Puntarenas mit der Hauptstadt San José verbindet. In Guatemala wird eine 44 km lange Strecke, welche aber Steigungen bis zu 91‰ aufweist, mit Gleichstrom 1500 V betrieben. Diese Neigung ist für eine Reibungsbahn gewiß überaus bemerkenswert. Mit 3000 V Gleichstrom wird in Mexiko seit 1924 eine rund 100 km lange Gebirgsbahn zwecks Erhöhung der Leistungsfähigkeit elektrisch betrieben. Auf der Insel Kuba erstreckt sich die elektrische Zugförderung auf etwa 250 km bei einer Gleichstromspannung von 1200 und 600 V.

Von den südamerikanischen Staaten ist an erster Stelle Brasilien zu erwähnen, wo auf der Paulistabahn 286 km mit 3000 V Gleichstrom ausgerüstet wurden. Nachdem im Jahre 1927 von der Western Minasbahn rund 70 km mit 1500 V Gleichstrom elektrisiert wurden, entschloß man sich auf Grund der günstigen Erfahrungen die von Rio de Janeiro ausgehende Zentralbahnstrecke auf 150 km mit 3000 V Gleichstrom umzustellen. Weitere Elektrisierungsbauten, vor allem im Vorortverkehr von Rio de Janeiro, sind in Aussicht genommen. In Chile sind zu den Anden führende Linien teils elektrisiert, teils bestehen Elektrisierungsjekte.

In Argentinien sind rund 60 km der Zentralargentinischen Bahn und 40 km der Buenos Aires und Western Bahn auf Gleichstrom mit 800 V umgestellt. Geplant ist der Anschluß in Mendoza an die Transandine Bahn durch die Umstellung der Staatsbahnstrecke Buenos Aires—Mendoza. Elektrische Bahnen von kürzerer Länge werden noch in Venezuela, Peru und Bolivien betrieben.

Afrika.

In Französisch-Nordafrika sind derzeit etwa 660 km Hauptstrecken auf elektrische Zugförderung mit 3000 V Gleichstrom umgestellt. Davon befinden sich 550 km Strecken (Marakesch—Petit Jean und Fez) in Marokko, die von einem Wasserkraftwerke, einer Übertragungsleitung mit 60 kV und 20 Unterwerken gespeist werden. Die algerischen Bahnen haben das mit den Nebenbahnen 108 km lange Teilstück Duvivier—Qued Keberit der

Linie Bone—Tebessa, welches zahlreiche Rampen und Tunnels aufweist, aus Gründen der Leistungssteigerung für Erztransporte ebenfalls mit Gleichstrom 3000 V elektrisiert.

Der elektrische Betrieb in Südafrika beschränkt sich auf den Nahverkehr in Kapstadt und den Fernverkehr auf der 300 km langen Strecke von Cato Ridge nach Glencoe. Die Umstellung der abzweigenden Linie nach Harrismith ist im Gange. Für den Fernverkehr wurde als Fahrdrachtspannung 3000 V Gleichstrom gewählt, der aus Drehstrom 88 kV in selbsttätigen Unterwerken umgeformt wird. Für alle Zugstufen wird nur eine Lokomotivtype verwendet. Geplant ist die Erweiterung von Cato Ridge zur Hafenstadt Durban und von Glencoe nach Johannesburg.

Australien.

Um die Stadt Melbourne verfügt die Victorian Bahngesellschaft über etwa 690 km elektrisierte Strecken, welche von 20 Gleichrichterunterwerken mit 1500 V Gleichstrom gespeist werden. Dieselbe Fahrdrachtspannung benützt die New South Wales Gesellschaft, die die Vorortelinien von Sidney mit 140 km Länge betreibt.

Auf Neuseeland werden kürzere Strecken ebenfalls mit 1500 V Gleichstrom betrieben, und zwar die Rampenstrecken über den Arthurpaß nach Otira und die Verbindung von Christchurch nach Lyttelton.

Ein Vierteljahrhundert elektrischer Betrieb auf der Mariazellerbahn.

Im Herbst 1911 wurde auf der vier Jahre vorher mit Dampfbetrieb eröffneten Mariazellerbahn*) die elektrische Zugförderung aufgenommen, die also jetzt ihr 25jähriges Jubiläum feiern kann. Die Elektrisierung war mit Rücksicht auf das starke Verkehrsbedürfnis notwendig geworden, da bei den bestehenden Verhältnissen keine andere Maßnahme zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Bahn in Betracht kommen konnte. Außerdem standen in dem von der Bahn durchfahrenen Gebiet leicht ausnutzbare Wasserkräfte mit Speichernöglichkeiten zur Verfügung.

Der Entschluß, das Einphasensystem (25 Hz) zu wählen, die Festsetzung der vergleichsweise hohen Fahrdrachtspannung (6500 V) bedeuteten zur damaligen Zeit (1908) einen Schritt in noch wenig begangenes Gebiet. Außerdem machten die besonderen Bau- und Betriebsverhältnisse die Planung zu einem nicht einfachen Problem. Die Bahnlinie weist nämlich Steigungen bis 27 v. T. und an vielen Stellen der freien Strecke Bogen mit Mindesthalbmessern von 80 bis 90 m auf. Mit Rücksicht darauf, daß ein stark stoßweiser Personenverkehr — Pilgerzüge zu dem berühmtesten österreichischen Wallfahrtsorte Mariazell — und ein beträchtlicher Güterverkehr (mit Rollschemelbetrieb) zu bewältigen war, konnte nicht, wie bei den anderen damals im Betriebe befindlichen österreichischen Einphasenbahnen (Stubaitalbahn und Lokalbahn Wien—Baden) mit Triebwagen das Auskommen gefunden werden, sondern es mußte zum Lokomotivbetrieb gegriffen werden. Die kleine Spurweite (760 mm) und der geringe zulässige Achsdruck (8 t) erschwerten die Unterbringung der notwendigen Leistung (etwa 600 PS) in der Lokomotive. Die ungünstigen Verhältnisse zwangen zur Wahl einer Drehgestellokomotive; sie erhielt zwei dreiachsige Triebdrehgestelle mit je einem 300pferdigen Motor. Der Antrieb der Achsen mittels Vorgelegewelle wurde trotz der damals herrschenden Voreingenommenheit gegen die Verwendung des Zahnradantriebes in Lokomotiven, gewählt.

Die Achsen werden von einer Schlitzkuppelstange angetrieben, die in ihrer ersten Ausführung nur zwei Achsen umfaßte (während die dritte Achse eine angelenkte Triebstange aufwies), in einer zweiten Ausführung aber als Dreieckstange alle Achsen antrieb. Der erste Antrieb hat sich als der bessere erwiesen, da der Lauf der Lokomotive ruhiger und die Erhaltung einfacher ist.

Die verwendeten Motoren sind halboffene kompensierte Reihenschlußkollektormotoren ohne Widerstandsverbindungen zwischen Ankerwicklung und Kommutatorsegmenten.

Die Motoren wurden anfangs mit Eigenkühlung betrieben; erst in jüngerer Zeit wurde Fremdbelüftung durch einzelne auf jeden Motor aufgesetzte Motorkompressoren eingeführt.

*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1910, Heft 5 und 6.

Das der Schmalspur entsprechende gedrückte Profil der Tunnel (17 an der Zahl auf der etwa 91 km langen Bahnlinie) erschwerte die Bauart des Lokomotivstromabnehmers, der den Spielraum von 5,5 m (freie Strecke) und 3,7 m (Tunnel) beherrschen muß.

Die dem Gebirgscharakter des Bahngebietes entsprechenden Witterungsverhältnisse (Winterstürme, Sommergewitter) machten eine kräftige Bauart der Leitungsanlagen und besondere Vorkehrungen gegen die Einwirkungen von atmosphärischen Entladungen notwendig.

Einen besonderen Grund hierfür bildete die direkte Speisung des Fahrdrabtes von den Stromerzeugern (ohne Zwischenschaltung eines Transformators).

Die Fahrleitungsanlagen wurden nach dem bekannten Siemens-System mit Hilfstragdraht gebaut. Ohne dieses System zu

ändern, wird jetzt bei Umbauten an Stelle der schwerfälligen doppelten Isolation der einfache durchschlagsichere Knüppelisolator der Einheitsfahrleitung*) der Österreichischen Bundesbahnen eingebaut.

Die in die Einführung des elektrischen Betriebes gesetzten Hoffnungen sind durchaus in Erfüllung gegangen. Die Beschleunigung des Betriebes ergibt sich schon aus dem Umstand, daß die elektrische Lokomotive auf der Steigung von 27 v. T. einen 140 t-Zug mit 30 km/Std. befördert, während die früher verwendete Dampflokomotive unter gleichen Verhältnissen eine Fahrgeschwindigkeit von nur rund 20 km/Std. erreichte.

Die in ihrer Gesamtheit von den Österreichischen Siemens-Schuckertwerken gelieferte elektrische Bahnausrüstung hat sich in dem 25jährigen Betriebe durchaus bewährt. Luithlen, Wien.

*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Heft 1.

Bücherschau.

Meßgeräte im Industriebetrieb von G. Wünsch und H. Rühle. Mit 371 Textabbildungen. Berlin: Julius Springer. Preis gebunden 26,70 RM.

Das Buch gibt in übersichtlicher Weise eine Darstellung der hauptsächlichsten in Industriebetrieben im Gebrauch befindlichen Meßgeräte zur Überwachung der Betriebsvorgänge und des Verbrauches an Betriebsstoffen. Es gliedert sich in zwei Teile: in allgemeine Grundlagen mit $\frac{1}{3}$ des Umfanges und in Verfahren und Bauarten, nach Meßwerten geordnet.

Der erste Teil behandelt in sieben Abschnitten Allgemeines über Meßsysteme und Meßverfahren, die Form und Hilfsmittel der Anzeige des modernen Anzeigeinstrumentes, die Registrier-einrichtungen, die Zählung der gemessenen Werte und Mittelwertbildung, die Fernübertragungseinrichtungen der Anzeigen, die Eingliederung der Instrumente in den Betrieb und die geforderte und erreichbare Genauigkeit der Meßgeräte.

Der zweite Teil bringt in fünf Abschnitten die eigentlichen Meßgeräte und zwar: Druckmessung — Manometer ohne und mit besonderer selbsttätiger Anzeigevorrichtung, Druckmesser für sehr kleine oder für schnell wechselnde Drücke, Druckunterschiedsmesser, Vakuummesser und Messer für absoluten Druck, Temperaturmessung — mechanische Messer, elektrische Widerstandsthermometer, thermoelektrische Pyrometer, Strahlungs-pyrometer, Messung strömender Stoffe — Volumenmessung, Durchflußschwimmernessung; Staudruck und Druckunterschiedsmessung (Blende, Düse, Venturirohr), Teilstrommessung, Sonderverfahren für große Mengen (Wehrmessung, Venturikanal-messer), Messung von Wärmemengen, Behälterstandsmessung für offene und Druckbehälter, für Gasometer und Bunker, Gasuntersuchungen und Feuerungsüberwachung.

Das Buch ist ein gelungener Versuch, die große Zahl technischer Meßgeräte folgerichtig zusammenzustellen, indem es drei Hauptgruppen heraushebt: 1. die Anzeigerinstrumente als Hilfsmittel für die Bedienung im Betriebe, 2. die Schreibinstrumente für die Überwachung der Bedienung und des Zustandes der Anlagen, 3. die Zählerinstrumente für Verrechnung und Statistik. Eine besondere vierte Gruppe von Instrumenten für Versuche und Prüfungen hat im Rahmen des Buches insofern keine Berechtigung, als diese Instrumente in den drei ersten Gruppen enthalten sind. Verschiedene Versuchs- und Meßgeräte, z. B. Indikatoren, sind ganz weggelassen, da sie keine Betriebsinstrumente sind.

Den Hauptraum des Buches beanspruchen die für den Industriebetrieb wichtigsten Kapitel über Temperaturmessung und über die Messung strömender Stoffe. Unter den letzteren ist besonders bemerkenswert die Ringwaage (hydrostatische Waage), die erst seit einigen Jahren für die Mengennessung brauchbar gestaltet wurde und neuerdings auch für die Druckmessung als sogenanntes Kreismanometer Verwendung findet.

Im ganzen spürt man an dem Buch, daß es aus den Betriebs-erfahrungen heraus unter Verwertung der neuesten Literatur entstanden ist. Aus diesem Grunde und wegen seiner guten Ausstattung mit vielen Bildern und schematischen Skizzen kann es für Betriebsleiter ein wertvoller Berater sein bei der Auswahl des geeigneten Meßverfahrens und Apparates für einen bestimmten Zweck. Ein beigelegtes Firmenverzeichnis von etwa 60 Herstellern solcher Meßgeräte kann diese Auswahl noch in angenehmer Weise unterstützen. Feihl.

Verkehrsstatistik. Eine vergleichende Gesamtdarstellung der Ziele und Lösungswege. Von Dr. Ing. Hans Kellerer. 1936. Verlag: Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin S 42. Preis geb. 18 RM.

Die Frage einer zusammenfassenden Neugestaltung des ganzen Verkehrswesens und die Eingliederung der verschiedenen Verkehrsträger in die Gesamtwirtschaft nach ihrem Verkehrswert und ihrer besonderen Eigenart steht heute im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Deshalb kann ein Werk über die Verkehrsstatistik, die sich die Erfassung des für diese Fragen einschlägigen statistischen Materials zur Aufgabe stellt, gerade heute besondere Beachtung beanspruchen. Dabei hat das vorliegende Werk den Vorzug, daß es dem Verfasser gelungen ist, den an sich spröden Stoff in der Form einer lebendigen, anschaulichen und klaren Darstellung zu meistern.

Zu Eingang gibt der Verfasser eine kurze Darlegung über den Begriff und Umfang der Verkehrsstatistik, sowie über die Gewinnung des einschlägigen statistischen Materials. Dann folgt ein Überblick über die Verkehrsanlagen (Verkehrswege, Fahrzeuge und sonstige Einrichtungen), den Verkehrsumfang (Personen-, Fremden-, Nachrichtenverkehr, Fehler infolge von Mehrfachzählungen), die Verkehrsbeziehungen, die Verkehrs- und Betriebsleistungen, die Belastungs- und Ausnutzungsprobleme, die Störungen im Verkehrswesen, die Verkehrseinnahmen und die Wechselbeziehungen zwischen Verkehr und Wirtschaft. In einem methodischen Rückblick wird sodann die Sammlung, Verarbeitung und Auswertung des Zahlenmaterials behandelt und ein reichhaltiges Schriftenverzeichnis gibt dem Leser, der sich weitere Aufschlüsse über Teilgebiete der Verkehrsstatistik verschaffen möchte, wichtige Fingerzeige. Daß in der Darstellung des Verfassers die Eisenbahnstatistik besonders eingehend behandelt wird, ergibt sich bei der Bedeutung, die diesem Teil der Verkehrsstatistik zukommt, von selbst. Dabei treten aber die übrigen Verkehrszweige in keiner Weise in den Hintergrund.

Wir möchten dem auch durch seine gediegene äußere Ausstattung sich empfehlenden Werk einen großen Leserkreis wünschen. Schemmel.

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Besteht die Notwendigkeit eines neuen Bogenabsteckverfahrens?“ in Heft 18 ist in Gleichung 8 sowie in der ersten Gleichung 9 Seite 371 rechte Spalte ein

Minuszeichen hinzuzufügen. In der Fußnote Seite 370 soll es statt „Gleichung 5“ „Gleichung 10₂“ heißen.

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.