

von der Laufachse beträgt im vorliegenden Beispiel 1380 mm und von der ersten Kuppelachse nur 1120 mm, um dieser größere Belastung zu geben. Die Laufachse hat zwei unabhängige Federn, während die Kuppelachse durch eine Querfeder ihre Last erhält.

Amerikanisches Drehgestell (Abb. 206).

Während bei Drehgestellen mit Federrückstellung mit zunehmendem seitlichen Ausschlag der Widerstand entsprechend der Feder-  
spannung wächst, ist bei dem amerikanischen Drehgestell eine gleich-  
mäßige Rückstellkraft vorhanden. Die Rückstellvorrichtung besteht  
in folgendem: eine mit kräftigem Boden versehene Drehpfanne ruht auf  
zwei herzförmigen Gelenkstücken, die sich auf dem mittleren Rahmen-  
querstück abstützen. Die Gelenkstücke sind durch Laschen mit der  
Drehpfanne verbunden. Beim Drehgestellausschlag tritt Rückstellung  
dadurch ein, daß sich die beiden Gelenkstücke an der unteren Seite  
der Drehpfanne in entsprechend vorgesehenen Neigungen abwälzen.

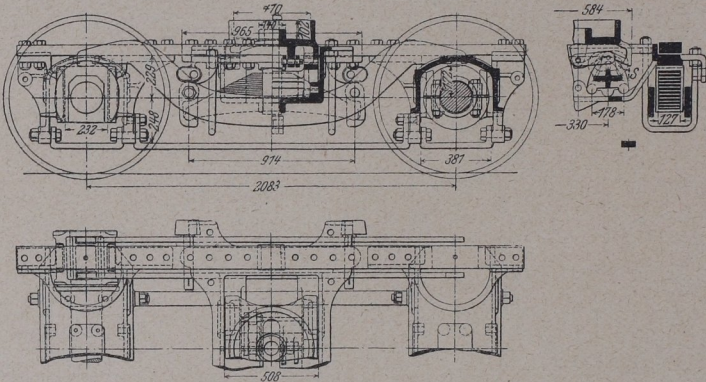


Abb. 206. Amerikanisches Drehgestell.

### Dampfdrehgestelle.<sup>1)</sup>

Sie werden ausgeführt entweder mit einem Drehpunkt zwischen den Endachsen (Bauarten Fairlie, Meyer, Du Bousquet u. dgl.), oder mit einem Drehzapfen außerhalb der Drehgestellachsen (Bauart Mallet-Rimrott).

## 6. Lauf der Lokomotive in Krümmungen.

### a) Allgemeine Grundsätze.

Bei der Fahrt der Lokomotive in einer Krümmung will jeder Punkt derselben einen Kreis um den Krümmungsmittelpunkt M beschreiben (Abb. 207). Die Antriebskraft K des Fahrzeuges, vorwärts bewegt, wirkt in der Richtung ihrer Mittelachse  $x-x$ . Der hintere Punkt S kann sich aber nicht in Richtung der Antriebskraft K fort-

<sup>1)</sup> Vgl. Seite 326 bis 328.

bewegen, sondern in Richtung der Tangente durch Punkt S an den Krümmungskreis, also senkrecht zum Halbmesser SM. Hieraus ergibt sich eine Radialkraft  $p$ , welche die Hinterachse der Lokomotive so lange nach innen schiebt, bis K in Richtung der Tangente fällt, d. h. bis die Hinterachse selbst radial steht.

Der in einer Krümmung voranlaufende Radsatz eines steif-achsigen Fahrzeuges läuft mit seinem äußeren Rad stetig an der Außenschiene an und schneidet diese unter einem Anschneidwinkel  $\alpha$  (Abb. 212). Er ist abhängig von dem Radstand und dem Spurkranzspiel. Der Anschneidwinkel ist also derjenige Winkel, um

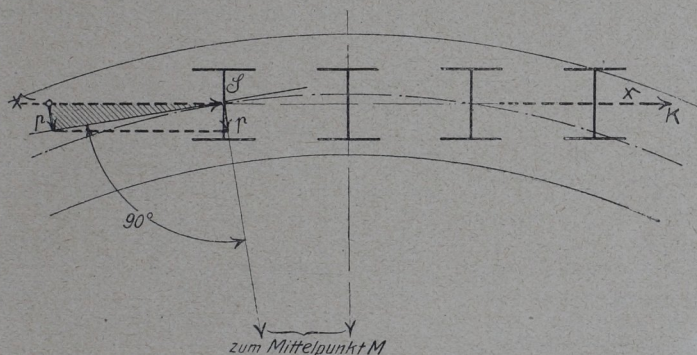


Abb. 207. Fahrzeuglauf in Krümmungen.

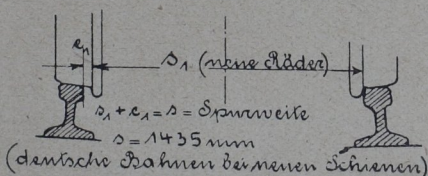


Abb. 208. Spurerweiterung

den die Verbindungslinie des Anlaufpunktes mit dem Mittelpunkt der Krümmung von der geometrischen Mittellinie der anlaufenden Achse abweicht. Der nachlaufende Radsatz gelangt in die radiale Lage, falls nicht vorheriges Anlaufen an die Innenschiene dies verhindert, und verbleibt beim Weiterlauf in der radialen Lage.

Jeder Radsatz, der mit einem Rade an einer der Fahrschienen anschnidet oder einer der Fahrschienen zustrebt, durch die Lagerung im Rahmen aber verhindert ist, bis an die Schiene zu gelangen, muß stetig seitwärts verschoben werden und hierbei die Reibung zwischen den Rädern und Schienen überwinden. Der bei dieser Verschiebung gegen die Schiene oder den Rahmen wirkende Druck ist daher die Gesamtbelastung der Schienen durch den Radsatz multipliziert mit der Reibungsziffer  $\mu$  (z. B.  $\mu = \frac{1}{10}$ ). Durch

einfache Verschiebung von Radsätzen bis zum Anlauf an die Fahr-  
schiene wird die unmittelbare Aufnahme des für die Verschiebung  
des Radsatzes erforderlichen Druckes durch die Schiene erreicht und  
die Verstärkung des Seitendruckes des führenden Radsatzes ver-  
mieden. Die sich ergebenden Seitendrucke und der Ansehn-  
winkel der führenden Räder an den Schienen bilden den Maßstab  
für die Krümmungsläufigkeit, sowie für die Abnutzung der Rad-  
flansche und der Schienenköpfe.

Folgende Bezeichnungen werden eingeführt:

$R$  = Krümmungshalbmesser,

$r$  = geführte Länge des Fahrzeuges (fester Achsstand des  
zweiachsigen Fahrzeuges),

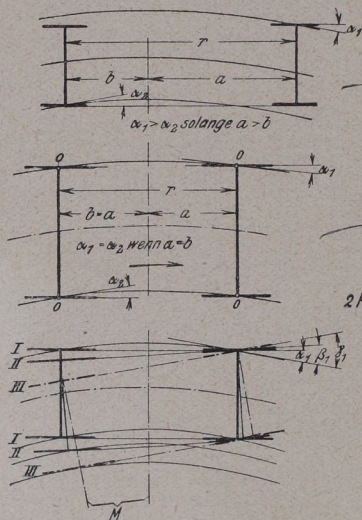


Abb. 209/211. Fahrzeugeinstellungen  
in Krümmungen.

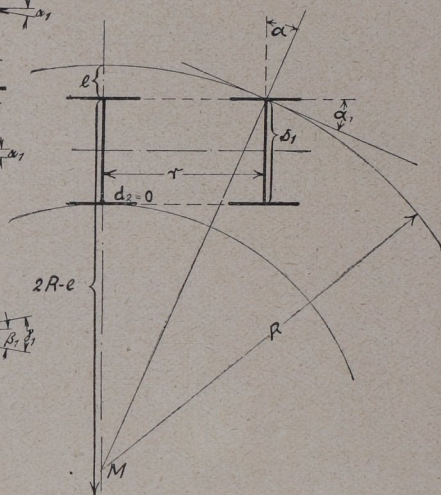


Abb. 212. Geometrische Beziehungen  
beim Lauf in Krümmungen.

$e$  = gesamter Spielraum zwischen Spurkranz und Schienen-  
köpfen, oder größtmögliche Seitenverschiebbarkeit einer  
fest gelagerten radial verschiebbaren Achse,  $e = e_1 + e_2$

$e_1$  = Spielraum zwischen Rad und Schiene im ge-  
raden Gleis; nicht unter 10 mm ( $2 \times 5$  mm) und  
bei größter Abnutzung der Radreifen nicht über  
25 mm,

$e_2$  = Spurerweiterung in Krümmungen  $R$  (d. h. die  
Erweiterung gegen Spurweite  $s$  nach Abb. 208,  
wofür bei verschiedenen  $R$  nach T.V. § 2 vor-  
geschrieben ist:

$R$ bis	800,	700,	600,	500,	400,	325,	250,	200,	150,	100 m
$e_2 =$	3,	6,	9,	12,	15,	18,	21,	24,	27,	30 mm.

Allgemein ist  $e_2 \cong 25\text{mm}$ , so daß Gesamtspiel des Spurkranzes  $e \cong 30$  bis  $35\text{mm}$ . Bei Schmalspurbahnen ergibt sich  $e_2$  aus nachstehenden Formeln:

- Spur 1 m, für  $R = 80$  bis  $250\text{ m}$ ,  $e_2 = 240 : \sqrt{R} \leq 25\text{ mm}$   
 „ 0,75 m, „  $R = 50$  „  $100$  „  $e_2 = 140 : \sqrt{R} \leq 20\text{ mm}$   
 „ 0,60 m, „  $R = 30$  „  $100$  „  $e_2 = 100 : \sqrt{R} \leq 18\text{ mm}$

Bei Stellung des Fahrzeuges nach Abb. 212 sind die geometrischen Beziehungen  $r^2 = e \cdot (2R - e) = 2Re - e^2$ . Da  $e$  gegenüber  $R$  sehr klein, so kann  $e^2$  vernachlässigt werden, und es ergibt sich

$$r^2 \cong 2Re, r \cong \sqrt{2Re} \text{ oder } e \cong \frac{r^2}{2R}. \text{ Ist } r > \sqrt{2Re}$$

dann tritt die Lage nach Abb. 209 ein, so lange nicht (bei großem  $V$ ) die Fliehkraft die Hinterachse ganz nach außen drängt. Abb. 210 stellt die Lage dar, wenn vorausgesetzt wird, daß  $e = 0$  und daß der Anlaufpunkt des Radflansches mit dem Radstützpunkt o zusammenfällt. In Abb. 211 ist Lage I dieselbe Stellung, wie in Abb. 210; die beiden Lagen II und III ergeben sich aus I, wenn all-

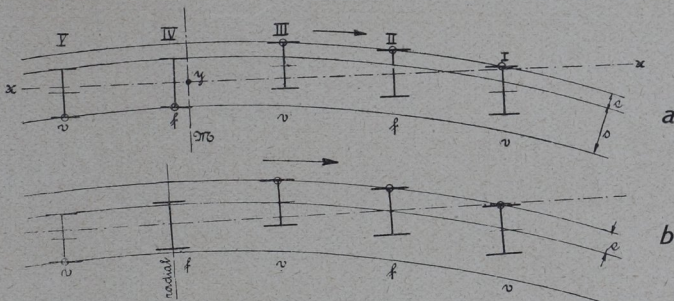


Abb. 213. Krümmungseinstellung bei Fahrzeug mit seitenverschieblicher Achse.

mähliche Spurerweiterung an der inneren Schiene gegeben wird. Die Hinterachse hat zufolge der Kraftrichtung an ihren Rädern von der Schiene aus stets die Neigung, sich radial einzustellen. In Lage III ist die radiale Einstellung, da Spurerweiterung groß genug ist, erreicht. Je größer aber die Spurerweiterung, um so größer wird der Anschneidwinkel  $\alpha_1$  an der Vorderachse;  $\alpha_1$  wächst auf  $\beta_1$  und  $\gamma_1$ .

**b) Krümmungseinstellung verschiedener Achsen.**

Es bedeutet in den Abbildungen 213 bis 216:

$f$  = feste Achse;  $v$  = seitenverschiebliche Achse;  $s$  = Spurweite in der Geraden;  $e$  = Spielraum zwischen Spurkranz und Schienenköpfen.

Seitenverschiebliche Achsen (Helmholtz-Gölsdorf), Abb. 213.

Feste Vorderachse II läuft außen an; feste Hinterachse IV will sich radial stellen (Abb. 213b). Ist der feste Radstand  $> \sqrt{2Re}$

(vgl. Abb. 209), läßt also die zu geringe Spurerweiterung e diese radiale Lage nicht zu (Abb. 213b gegenüber Abb. 213a), so läuft die Hinterachse IV innen an. Schneidet das Lot MY vom Mittelpunkt M auf die Mittelachse x-x des Fahrzeugs diese in Y, so laufen alle verschiebbaren Achsen, die vor dem Punkte Y liegen, nach außen hin, und alle verschiebbaren Achsen, die hinter Y liegen, nach innen hin. Haben die Achsen genügende Seitenverschieblichkeit, so laufen die Flanschen der Räder bis an die Schienenköpfe; anderenfalls üben die Achsen einen Druck auf den Rahmen aus, der den Anlaufdruck der benachbarten anliegenden Räder beeinflusst.

Radial einstellbare Endachsen, Abb. 214.

Bei genügendem Ausschlag der Radialachsen stellen sich die festen Achsen wie unter 213 ein; eine radial einstellbare Vorderachse

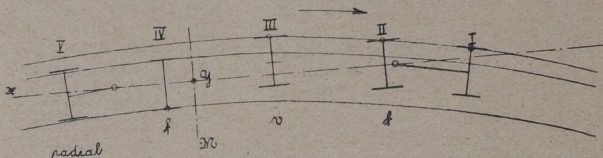


Abb. 214. Krümmungseinstellung bei Fahrzeug mit radial einstellbarer Endachse.

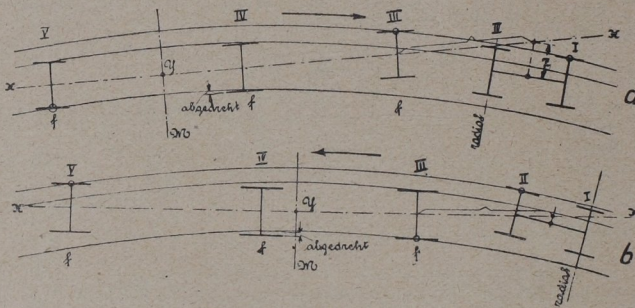


Abb. 215. Krümmungseinstellung bei Fahrzeug mit Drehgestell.

läuft außen an, eine radial einstellbare Hinterachse will als Schleppachse radial laufen.

Fahrzeuge mit Drehgestellen, Abb. 215.

Bei vorn laufenden Drehgestellen läuft die Vorderachse außen an; die Hinterachse stellt sich radial, da der Radstand des Drehgestells wohl stets kleiner ist als  $\sqrt{2 R e}$ . Die vordere feste Achse der Lokomotive drängt nach außen, bei genügendem Seitenspiel z des Drehzapfens läuft sie außen an. Die anderen Achsen stellen sich ein wie bei 213 und 214. Bei Rückwärtsfahrt (Abb. 215 b) läuft Achse V außen an, die feste Achse III innen. Achse II des Drehgestells läuft außen an, Achse I stellt sich radial. Achse IV muß im vorliegenden Fall abgedreht werden.

Fahrzeuge mit Drehgestellen nach „Krauβ“ und ähnliche mit festem Drehpunkt D, Abb. 216.

Die radial einstellbare Vorderachse I läuft außen an, die seitenschiebbliche Achse II ebenfalls, wenn diese Einstellung möglich ist, d. h. wenn die Vorderachse I nicht einen früher wirkenden Anschlag hat. Hierdurch ist die Lage des Drehpunkts D des Drehgestells bestimmt. Die anderen Achsen stellen sich so ein, daß die letzte feste Achse radial laufen will; die übrigen Achsen stellen sich nach 213, 214, 215 ein. Beim Rückwärtsgang (Abb. 216 b) läuft die feste Achse IV außen an. Die Fahrzeugachse x—x will sich so einstellen, daß das in D auf x—x errichtete Lot durch M geht, falls nicht vorher die Achsen I und II innen anlaufen. In diesem Fall trifft das Lot aus M auf die Fahrzeugmitte die Linie x—x in Y.

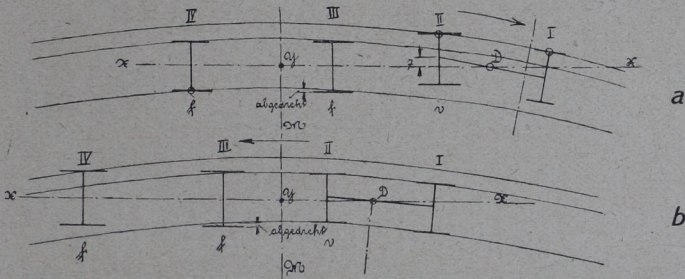


Abb. 216. Krümmungseinstellung bei Fahrzeug mit Drehgestell nach Krauβ'scher oder ähnlicher Bauart.

### c) Verfahren von „Roy“.

#### I. Allgemeines.

Es dient in erster Linie zur zeichnerischen Untersuchung, ob ein Fahrzeug mit gegebenem Achsstand leicht und ohne Klemmen durch die kleinste auf der betreffenden Bahnstrecke vorkommende Gleiskrümmung hindurchkommt; ferner zur Festsetzung der nötigen Ausschläge von Lokomotivachsen und Drehgestellen. Es geht hervor aus den vorher erwähnten geometrischen Beziehungen, wonach  $e = \frac{r^2}{2R}$

Zwecks Ermittlung der Krümmungseinstellung eines Fahrzeuges sind zur Erleichterung der Darstellung im Rahmen einer handlichen Zeichnung die drei Größen  $R, r, e$  in verzerrtem Maßstab ( $R', r', e'$ ) aufzutragen, so daß  $e' = \frac{r'^2}{2R'}$ . Da  $e$  bereits klein ist, so muß es in der Zeichnung in natürlicher Größe erscheinen, d. h.  $e' = e$ . Führt man das Maß der Verzerrung  $n$  ein und will man Achsstand  $r$  im Verhältnis von  $n$  verkleinern

$$\left( \text{also } r' = \frac{r}{n} \right), \text{ so wird, da } e' = \frac{r'^2}{2R'}, e = \frac{\left(\frac{r}{n}\right)^2}{\frac{2R}{n^2}}$$

oder in Worten ausgedrückt: Zähler und Nenner der rechten Seite der Gleichung werden durch  $n^2$  dividiert. Wird also  $e$  in natürlicher Größe,  $r$  im Maßstab  $1:n$  dargestellt, so ist  $R$  im Maßstab  $1:n^2$  im Roy'schen Verfahren aufzutragen, um obiger Gleichung  $e = \frac{r^2}{2R}$  zu genügen. Somit ergibt sich der Ausschlag irgend-einer Achse (Abweichung von Fahrzeugmittellinie) in der verzerrten Aufzeichnung in wirklicher Größe, wenn z. B. Achsstand  $r$  im Maßstab  $1:10$  und Krümmungshalbmesser  $R$  im Maßstab  $1:100$  aufgetragen wird.

Je nach dem es zeichnerisch zweckmäßig erscheint, können etwa folgende Maßstäbe bei Anwendung des Roy'schen Verfahrens vorteilhaft gewählt werden:

Maßstab- ziffer  n	Wenn Abweichung der Achsen von der Fahrzeug- mittellinie (Ablenkung)			
	im Maßstab $1:1$ erscheint		im Maßstab $1:2$ erscheint	
	Achsstand $r$	Kr. Halbm. $R$	Achsstand $r$	Kr. Halbm. $R$
8	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{128}$
10	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{200}$
12	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{144}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{288}$
15	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{225}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{450}$

Läßt man die Achsen (bzw. Räder) einer Lokomotive auf ihre geometrische, senkrecht zur Richtung der Achsen stehende Mittelebene zusammenschumpfen, so kann man aus der Zeichnung ersehen, ob ein Radsatz innen oder außen anläuft, ob man die Spurkränze eines Radsatzes infolge „Zwängung“ schwächer drehen (abdrehen) muß (gewöhnlich 10 bis 15 mm beiderseits), welche Seitenverschiebbarkeit parallel verschiebbare Achsen (bis  $2 \times 30$  mm), welchen Seitenaus-schlag Bissel- und Adams-Achsen (bis  $2 \times 80$  mm), welchen Ausschlag Drehgestellzapfen haben müssen (bis  $2 \times 40$  mm, höchstens  $2 \times 70$  mm Seitenverschieblichkeit).

## II. Beispiele.

### a) Krümmungseinstellung der Heißd.-Zw.-Lok. Gattung $S_6$ (Abb. 217).

Ausgeführt für auf Hauptbahnen vorkommende Krümmung von  $R = 180$  m; Achsablenkungen sollen in natürlicher Größe erscheinen; Maßstabziffer  $n = 10$ , so daß Achsstand  $r$  im Maßstab  $1:10$  und Halbmesser  $R$  im Maßstab  $1:100$  aufzutragen sind. Entfernung der Fahrkanten des Gleises  $e = e_1 + e_2 = (2 \times 5) + 21 = 31$  mm.

Man schlage einen Kreis 1 mit Halbmesser  $R_1 = \left(\frac{180}{100}\right)^m = 1800$  mm, sodann zwei weitere 2 und 3 um denselben Mittelpunkt wie 1, die gegenüber Kreis 1 von 1800 mm Halbmesser jedesmal um  $\frac{e_1}{2}$  (hier  $\frac{10}{2} = 5$  mm) im Halbmesser größer (Kreis 2)

und kleiner (Kreis 3) sind; ihre Halbmesser sind also  $1800 - 5 = 1795 \text{ mm} = R_3$  und  $1800 + 5 = 1805 \text{ mm} = R_2$ . Hierauf schlägt man um denselben Mittelpunkt einen Kreis 4, der einen um die Spurerweiterung  $e_2$  (hier 21 mm) gegenüber Kreis 3 kleineren Halbmesser besitzt; also  $R_4 = 1795 - 21 = 1774 \text{ mm}$ .

Bei Vorwärtsfahrt läuft Achse I an Kreis 2 an; Achse II kann nicht radial laufen, da das Fahrzeug die gerade Fahrtrichtung beibehalten möchte und bei 40 mm Zapfenausschlag das Drehgestell und somit Achse II bis an Kreis 2 heranzieht. Durch die Lage des Drehzapfens ergibt sich jetzt die Richtung der Fahrzeugmitte: Achse IV drängt nach innen, muß daher bei der vorhandenen Spurerweiterung an Kreis 4 zum Anlauf kommen, während die Lage der festen Achse III durch den Achsabstand auf Fahrzeugmitte bestimmt ist. Im vorliegenden Falle kommt sie ebenfalls an Kreis 4 zur Anlage. Bei Rückwärtsfahrt ist unabhängige Einstellung der Kuppel- und Drehgestellachsen möglich, da 3,0 m bzw. 2,2 m

$$< \sqrt{2 \cdot 180 \cdot 0,031},$$

also kleiner als 3,4 m ist.

β) Krümmungseinstellung der 1676 mm-spurigen spanischen 2D-Vierzyl.-Heißd.-Verb.-S.-L. für die M. Z. A.-Bahn, Abb. 218<sup>1)</sup>.

Krümmungseinstellung für  $R = 180 \text{ m}$ . Ungünstigste Annahme, daß keine Spurerweiterung. Die Maßstäbe sind verzerrt. Beim Ein-

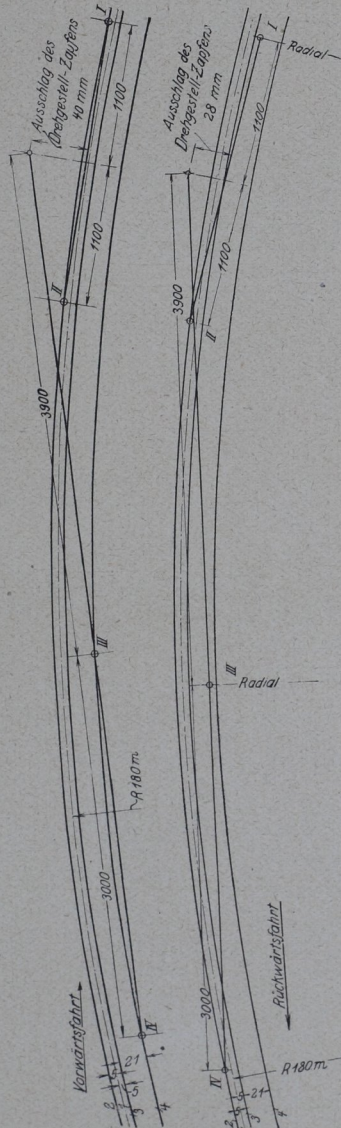


Abb 217. Krümmungseinstellung der preussischen  $S_{10}$ -Lokomotive.

<sup>1)</sup> Hanomag - Nachrichten, 1915, Heft 1.



fahren in die Gleiskrümmung kommt das vordere Drehgestell und das vorderste Kuppelrad an der Außenschiene zum Anlaufen. Die Stellung des Fahrzeuges innerhalb des Gleises wird durch das dritte Kuppelrad bestimmt, das innen anläuft und gleichzeitig mit dem zweiten, um 5 mm schwächer gedrehten Kuppelrade die Führung an der Innenschiene übernimmt. Das erforderliche Seitenspiel des vorderen Drehgestelles beträgt dabei je 60 mm, das des letzten Kuppelrades 19 mm. Ausgeführt sind 60 bzw. 20 mm Verschiebbarkeit nach beiden Seiten, so daß selbst für diesen ungünstigen Fall des Durchfahrens von Weichen ohne Spurerweiterung noch eine kleine Sicherheit vorhanden ist. Die drei anderen Kuppelräder sind fest im Rahmen gelagert.

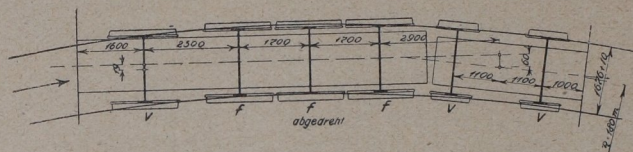


Abb. 218. Krümmungseinstellung einer spanischen 2D-S-Lokomotive.

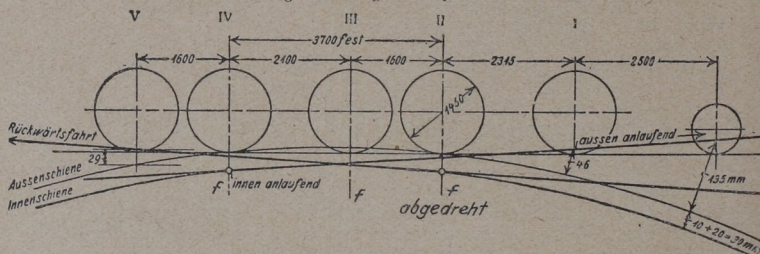


Abb. 219. Krümmungseinstellung einer belgischen 1E-G-Lokomotive.

γ) Krümmungseinstellung der belgischen 1E-Vierling-Heißd.-G.-L., Abb. 219.<sup>1)</sup>

Krümmungseinstellung für  $R = 180$  m. Darstellung für beide Fahrtrichtungen. Spurerweiterung in der Krümmung 20 mm ( $e_2$ ). Spielraum zwischen Rad und Schiene 10 mm ( $e_1$ ). Die beiden vorderen Achsen, Laufachse und erste Kuppelachse (I) sind vereinigt zu einem Flamme-Drehgestell. Bei der Vorwärtsfahrt laufen die Spurkränze der beiden vorderen Achsen an dem äußeren Schienenstrang an, unter voller Ausnutzung des Seitenspiels von 135 bzw. 46 mm. Der um 10 mm schmalere Spurkranz der Triebräder (II) kommt hierbei nicht zur Geltung. Ebenso wäre das jederseits 29 mm betragende Seitenspiel der letzten Achse (V) nicht erforderlich; doch wird dadurch das Rad von selbst zum Anliegen an die Außenschiene gebracht. Bei der Rückwärtsfahrt führt die hinterste Kuppelachse (V); ihr Seitenspiel (29 mm beiderseits) genügt nicht, auch die zweite feste Achse (III) zum Anliegen an die Außenschiene zu bringen. Die Drehgestell-Ausschläge brauchen dabei nur sehr gering zu sein.

<sup>1)</sup> Lokomotive 1918, S. 70.