Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 68 (1950)
Heft: 39

Artikel: Messungen am Laufwerk einer elektrischen Schnellzugslokomotive
Autor: Pflanz, Karl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-58085

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

68. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 39

Messungen am Laufwerk einer elektrischen Schnellzugslokomotive

DK 621.335.2.0014

Von Prof. Dr. techn. KARL PFLANZ, Linz (Oesterreich)

1. Einleitung

Läuft eine von einem zweiachsigen Drehgestell geführte Lokomotive durch einen Gleisbogen, so wird die den Hauptrahmen schwenkende Kraft durch den Drehzapfen dem Hauptrahmen aufgedrückt. Sie ist nach der Bogeninnenseite gerichtet und wird *Zapfenrichtkraft* genannt. Ob dabei die erste feste Hauptrahmenachse an der Aussenschiene anläuft oder nicht, bedeutet keinen grundsätzlichen Unterschied. Solange die in der Lauftheorie üblichen Voraussetzungen, d. h. Starrheit von Fahrzeug und Gleis sowie geometrisch fehlerfreie Lage des Gleisbogens als gegeben betrachtet werden, bietet die Berechnung der Zapfenrichtkraft keine Schwierigkeiten. Wesentlich anders werden aber die Verhältnisse, wenn man sich nicht etwa mit der vergleichsweisen Bestimmung der Zapfenrichtkraft für verschiedene Laufwerkformen unter den genannten Voraussetzungen begnügt, sondern die *wirklich* auftretenden Zapfenrichtkräfte beurteilen will. Die Vorausbestimmung durch Rechnung ist nicht möglich, weil zu viele nicht erfassbare Nebenumstände mitspielen. Der einzig gangbare Weg ist die Messung und nachfolgende rechnerische Analyse unter Berücksichtigung der wirklichen Gleislage.

Im nachfolgenden sind die an einer elektrischen Schnellzugslokomotive Reihe E 22¹ (1670) der Oesterreich. Bundesbahnen gemessenen Zapfenrichtkräfte beim Lauf durch einen Gleisbogen von 300 m Sollhalbmesser wiedergegeben und mit jenen Zahlenwerten verglichen, die sich aus der Rechnung mit Berücksichtigung der wirklichen Gleislage ergeben. Besondere Störungen waren an diesen Laufwerkteilen der Lokomotive nicht vorgekommen. Die Ueberprüfung sollte nur Klarheit über das Grössenverhältnis jener Einflüsse schaffen, die zusammen die Zapfenrichtkraft bilden, um für ähnliche Fälle Unterlagen zu besitzen.

2. Laufwerkform der Lokomotive

Der durchgehende Hauptrahmen trägt nach Bild 1 die Zug- und Stossvorrichtung und enthält auch die beiden inneren Triebachsen. Diese sind mit 34 mm Seitenverschiebbarkeit ausgeführt und haben ausserdem um 10 mm schwächer gedrehte Spurkränze. An den Enden der Lokomotive ist je ein amerikanisches Drehgestell vorgesehen, das eine Trieb- und eine Laufachse aufweist. Die Drehzapfen sind zylindrisch und in Kugeln gelagert, d. h. sie haben nur führende Wirkung und übertragen kein Gewicht. Eine seitliche Federung der Drehzapfen ist nicht vorgesehen. Alle vier ziehenden Achsen sind vom Hauptrahmen durch eine Gelenkkupplung, Bauart Siemens-Schuckert-Pawelka einzeln angetrieben. Die Stundenleistung beträgt 2350 kW bei $V = 69$ km/h, die Höchstgeschwindigkeit 100 km/h. Rein führungstechnisch kann die Lokomotive ähnlich einem Drehgestellfahrzeug aufgefasst werden (Achsenfolge $B_0 B_0$), dessen Oberkasten — hier der Hauptrahmen — sich aber ausserdem mittels zwei weiterer Achsen auf das Gleis stützt.

3. Angewandte Messmethode und Messergebnisse

a) Messmethode

Zur Bestimmung der Seitenkräfte an den Drehzapfen und in den Achslagern wurde das Verfahren mit Kohledruckmessdosen und oszillographischer Aufzeichnung verwendet[1]). Nach Bild 2a waren die Druckdosen seitlich der Drehzapfen sowie in den Achslagern so eingebaut, dass während des gesamten Bogendurchlaufes alle waagrechten Kräfte zwischen Drehzapfen und Drehgestell einerseits und Hauptrahmen bzw. Drehgestellrahmen und den Achsen anderseits aufgezeichnet wurden. Die Drehzapfen waren nach Bild 2a zwischen den Kohledruckdosen mit einer leichten Vorspannung von 50 bis 100 kg eingesetzt, ebenso die Drehgestellachsen. An den seitenverschieblichen Triebachsen 3 und 4 (Bild 2b) lagen die Druckdosen frei. Sie zeigten also erst dann eine Kraft an, wenn eine dieser Achsen am Hauptrahmen anläuft, also ihr Seitenspiel erschöpft ist.

b) Messergebnisse

In Bild 3 sind die erhaltenen Schaulinien der Zapfenrichtkräfte und der Seitenkräfte in den Achslagern der Drehgestelle beim Durchfahren eines Linksbogens von 300 m Sollhalbmesser wiedergegeben. Da nach Bild 2a und b jeder Seitenkräfte übertragende Triebwerkteil, also hier die Achsen und die beiden Drehzapfen, zwischen zwei Kohledruckdosen gelagert ist, ergeben sich an jedem dieser Teile zwei Schaulinien, nämlich für Druck nach links und Druck nach rechts. Aus Gründen der Deutlichkeit sind die Nullinien getrennt gezeichnet. Es kann naturgemäss immer nur nach einer

[1]) *C. Th. Müller:* Laufsicherheitsprüfung bei der Deutschen Reichsbahn, «Organ» 1941, Heft 15.

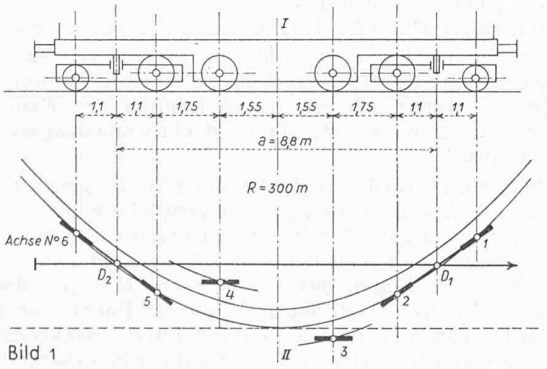

Bild 1

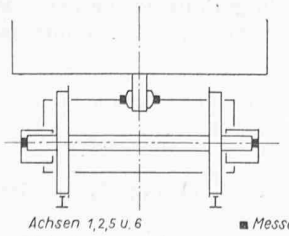

Bild 2a

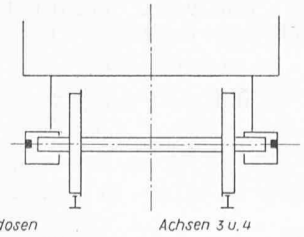

Bild 2b

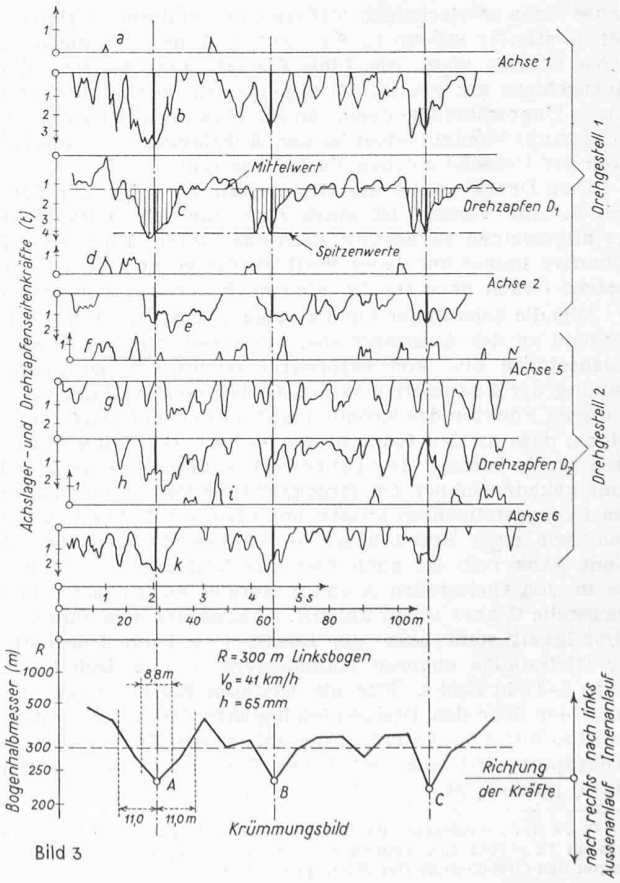

Bild 3

Seite ein Druckwert bestehen. Die Fahrgeschwindigkeit betrug bei diesem Versuch 51 km/h = 14,16 m. Die Masstäbe für Zeit und Weg sind unter den Schaulinien angegeben. Von besonderer Wichtigkeit ist im vorliegenden Falle der wirkliche Bogenhalbmesser. Er wurde in üblicher Weise nach Messung der Pfeilhöhe als Krümmungsbild unter die Druckschaulinien gezeichnet. An den Gleisstellen A, B und C weicht der wirkliche Bogenhalbmesser vom Sollwert (300 m) wesentlich ab; er fällt von 300 m auf etwa 230 m. Ob es sich an den Gleisstellen A, B und C um ausgesprochene Eckenbildung der Fahrkanten handelt, d.h. um einen Knick, der am Schienenstoss auftreten kann, oder nur um eine örtliche Verkleinerung des Krümmungshalbmessers bei sonst stetigem Verlauf, ist aus dem Krümmungsbild nicht ersichtlich. Es ist daher angenommen, dass an den Gleisstellen A, B und C nach Bild 4 der flachere Kreisbogenteil einen Halbmesser von $R_1 = 345$ m und der stärker gekrümmte einen solchen von $R_2 = 225$ m habe[2]). Die Länge des stärker gekrümmten Bogens sei gleich dem Drehzapfenabstand $a = 8{,}8$ m. Diese Annahmen tragen etwas willkürlichen Charakter. Sie mögen aber gerechtfertigt sein durch den allgemeinen Verlauf der Druckschaulinien nach Bild 3. Diese Linien sollten im Bogen von gleichbleibendem Halbmesser Gerade sein; sie sind aber, wie ersichtlich, in stark wechselnde Spitzen aufgelöst.

Im Versuchsbogen beträgt bei einer Ueberhöhung von $h = 65$ mm die «ausgeglichene» Geschwindigkeit, bei der also keine freie Fliehkraft auftritt, $V_0 = 41$ km/h. Nach dem in Bild 3 angegebenen Richtungssinn der Kräfte bedeuten nach abwärts gerichtete Schaulinien Kräfte nach rechts, also nach der Bogenaussenseite. Sie treten dem Linksbogen entsprechend vorwiegend auf. Vereinzelt sind aber auch Kräfte nach links, also nach der Bogeninnenseite zu finden. An zwei Stellen der Schaulinie a (Achse 1) ist dies der Fall, d.h. die führende Achse der Lokomotive kommt manchmal, wenn auch nur kurzzeitig, zum Innenanlauf!

Für den Drehzapfen D_1 (Linie c) hat sich nur Druck nach rechts ergeben und zwar im allgemeinen mit dem Mittelwert von 1,2 t. Nur an den Gleisstellen A, B und C treten besondere Druckspitzen von etwa 4 t auf. *Ihre Analyse ist das Ziel der vorliegenden Untersuchung.* Die Achse 2 (Linien d und e) läuft vorwiegend rechts, also an der Aussenschiene an, mit Druckspitzen von etwa 1,5 t. Nur an vier Stellen der Schaulinie d ist kurzzeitiger Innenanlauf zu erkennen.

Etwas aus dem Rahmen fällt die Achse 5. Als führende Achse eines zweiachsigen Fahrzeuges (hinteres Drehgestell) soll sie ständig aussen laufen, so wie Achse 1, Linie b. Die Achse 5 läuft aber, wie Linie f zeigt, auch häufig an der Innenschiene an; sie ist im allgemeinen überhaupt sehr unruhig. Ungewöhnliche Form von Spurkranz- oder Laufflächenabnützung, Montagefehler in den Achslagern oder ähnliches kann die Ursache solchen Verhaltens sein.

Den Druckverlauf am Drehzapfen D_2 zeigt die Schaulinie h. Ihr Verlauf ist stark unregelmässig, entsprechend der allgemeinen Erfahrung, dass das hintere Ende einer Lokomotive immer unruhiger läuft als das vordere. Vorwiegend besteht Druck nach rechts, also nach der Bogenaussenseite.

Wie die Schaulinien i und k zeigen, läuft die Achse 6 vorwiegend an der Aussenschiene, vereinzelt aber auch an der Innenschiene an. Von besonderer Wichtigkeit ist die Einstellung der Lokomotive in den Gleisstellen A, B und C. Die in diesen Punkten des Krümmungsbildes errichteten Ordinaten zeigen, dass an den betrachteten Achsen 1, 2, 5 und 6 Druck nach rechts besteht. Die Druckwerte sind durch eine kräftige Linie gekennzeichnet. Die Druckrichtung lässt erkennen, dass alle Drehgestellachsen aussen anlaufen, die Lokomotive sich also, wie auch Bild 1 zeigt, in «Sehnenstellung» befindet. Nicht ganz rein ist auch hier das Verhalten der Achse 5, die in den Gleisstellen A und B gerade noch aussen, in der Gleisstelle C aber innen anläuft. Abgesehen von dieser Unstimmigkeit steht aber die Lokomotive beim Durchlaufen der Gleisstellen engeren Halbmessers symmetrisch zur Geraden I-II in Bild 1. Für die weiteren Betrachtungen kann daher der über den Drehzapfen liegende Teil der Lokomotive als Stab aufgefasst werden, der mit seinen Endpunkten (den Drehzapfen) auf einer gegebenen Bahn (der äusseren Fahrkante) geführt ist.

[2]) Da die Lokomotive nach rechts fahrend gezeichnet ist und der Versuch in einem Linksbogen stattfand, erscheint in allen Darstellungen des Gleisbogens der Mittelpunkt oben.

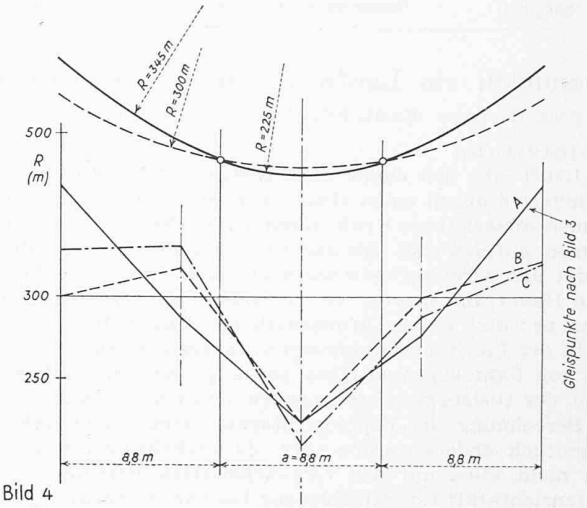

Bild 4

4. Berechnung der Drehzapfenrichtkräfte

Der untersuchte Bewegungsvorgang der Lokomotive, d.h. der Durchlauf durch drei aufeinanderfolgende Gleisbogenteile von 345, 225 und wieder 345 m Halbmesser nach Bild 4 erzeugt in den Drehzapfen drei verschiedene Arten von Kräften, die streng auseinander gehalten werden müssen.

a) Fliehkraft. Die Fliehkraft entspricht zuerst dem grösseren Bogenhalbmesser, steigt dann dem kleineren Halbmesser entsprechend an, um nach Durchlauf der engeren Stelle wieder auf den ursprünglichen Wert abzusinken.

b) Drehbeschleunigungskraft. Beim Einlauf in die Gleisstelle kleineren Halbmessers erfährt das Fahrzeug eine Drehbeschleunigung nach der Bogeninnenseite, die in den Drehzapfen Massenkräfte hervorruft.

c) Kräfte aus der Spurkranzreibung. Die im Hauptrahmen gelagerten Mittelachsen müssen von den beiden Drehzapfen geschwenkt werden. Ihre Spurkranzreibung — als Widerstand — erzeugt Gegenkräfte in den Drehzapfen.

Nachstehend sind diese Kräfte abgeleitet.

a) Fliehkraft

α. Einlauf von der Geraden:

Nach Bild 5 sei links von BA (Bogenanfang) das Gleis als Gerade gedacht ($R = \infty$) und rechts von BA schliesse ein Kreisbogen mit dem Halbmesser R ohne Uebergangsbogen an. Ein Fahrzeug von der Masse M unterliegt in der Geraden keiner Fliehkraft, während im Bogen die Fliehkraft den bekannten Wert $F = (Mv^2)/R$ aufweist, wenn v die Fahrgeschwindigkeit bedeutet. Die Fliehkraft F tritt in diesem Falle, d.h. ohne Uebergangsbogen, plötzlich in BA auf. Diese Vorstellung vernachlässigt den Achsstand des Fahrzeuges oder, anders ausgedrückt, sie setzt ein «einachsiges» Fahrzeug voraus.

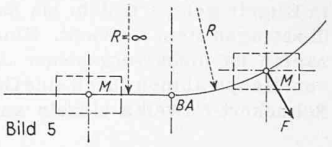

Bild 5

Nach Bild 6 wird nun die Lokomotive als geführter Stab von der Länge a aufgefasst. Der eigentliche Einlaufvorgang beginnt, wenn Punkt 1 mit BA zusammenfällt und endet, wenn Punkt 2 den Bogenanfang BA erreicht hat, d.h. der ganze Stab im Bogen des Halbmessers R liegt. Während des Einlaufes dreht sich der Stab um den Pol O_1, der gefunden wird, wenn man in den Punkten 1 und 2 Senkrechte auf die Bahn errichtet. Der Wert n sei die Einlaufstrecke. Es ist $n = 0$ für Einlaufbeginn und $n = a$ für vollzogenen Einlauf. Eine von O_1 auf den Stab gefällte Senkrechte (Fusspunkt S) ist der für die Fliehkraft massgebende Halbmesser ϱ.

Es ist nach Bild 6:

$$\overline{2S} + \overline{S1} = \varrho \operatorname{tg}\lambda + \varrho \operatorname{tg}(\alpha - \lambda) = a \text{ und}$$

$$\varrho = \frac{a}{\operatorname{tg}\lambda + \operatorname{tg}(\alpha - \lambda)}$$

Weiter ist $\operatorname{tg}(\alpha - \lambda) = (\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\lambda)/(1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\lambda)$ oder

$$(1) \qquad \varrho = \frac{a}{\operatorname{tg}\lambda + (\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\lambda)/(1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\lambda)}$$

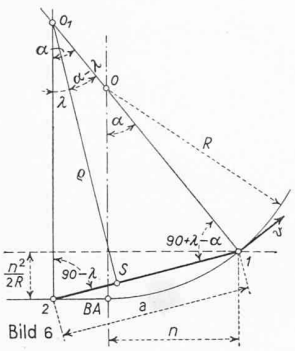

Bild 6

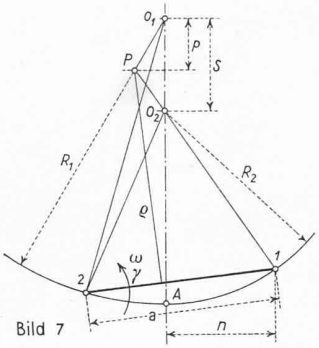

Bild 7

Der Drehzapfenabstand a ist sehr klein gegenüber dem Krümmungshalbmesser R. Wird weiter berücksichtigt, dass erst bei vollzogenem Einlauf $\lambda = \alpha/2$, vorher aber stets $\lambda < \alpha/2$ ist, so kann $\operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\lambda$ vernachlässigt werden, und man erhält aus Gl. (1)

$$\varrho = \frac{a}{\operatorname{tg}\lambda + \operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\lambda} = \frac{a}{\operatorname{tg}\alpha}$$

Mit $\operatorname{tg}\alpha = n/R$ ergibt sich der endgültige Wert des Krümmungshalbmessers ϱ während des Einlaufvorganges

$$\varrho = \frac{aR}{n} \tag{2}$$

β. Einlauf von einem flacheren in einen engeren Bogen:

Der massgebende Krümmungshalbmesser ϱ kann bei Einlauf von einem flacheren Bogen des Halbmessers R_1 in einen engeren R_2 nach Bild 7 ermittelt werden. Der Drehpol P wird wieder durch Errichten der Senkrechten in den Punkten 1 und 2 gefunden. Er wandert während des Einlaufes von O_1 nach O_2. Im Hinblick auf die Kleinheit von a gegenüber R_1 und R_2 kann P als sehr nahe an der Geraden O_1-O_2 liegend angenommen werden. Die Halbmesserdifferenz sei $S = R_1 - R_2$. Der der Einlaufstrecke n entsprechende Weg des Poles sei p. Dann gilt $n : a = p : S$ und $\varrho = R_1 - p$, woraus sich ergibt:

$$\varrho = R_1 - \frac{nS}{a} \tag{3}$$

Die Gesamtfliehkraft ist

$$F = \frac{aMv^2}{aR_1 - nS} \tag{4}$$

und für den Fliehkraftanteil eines Drehzapfens

$$\frac{F}{2} = \frac{aMv^2}{2(aR_1 - nS)} \tag{5}$$

Der Wert der Gl. (5) berücksichtigt noch nicht den Einfluss der Gleisüberhöhung.

b. Drehbeschleunigungskraft

α. Drehbeschleunigung:

Bei Fahrt durch einen Gleisbogen des Halbmessers R_1 dreht sich das Fahrzeug (der Stab 1-2) mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_1 = v/R_1$ um den Punkt 2, wenn v die Geschwindigkeit der Fahrt bedeutet. Für den engeren Bogen gilt $\omega_2 = v/R_2$. Aus $R_2 < R_1$ folgt $\omega_2 > \omega_1$, d. h. das Fahrzeug muss beim Einlauf in den engern Bogen eine Drehbeschleunigung nach der Bogeninnenseite erfahren. Während des Einlaufvorganges sei ω die augenblickliche Winkelgeschwindigkeit, wobei $\omega_2 > \omega > \omega_1$ ist. Die Einlaufstrecke ist $n\,(\mathrm{m}) = v\,(\mathrm{m\,s^{-1}})\,t\,(\mathrm{s})$. Für die dem Halbmesser ϱ zugeordnete Winkelgeschwindigkeit gilt nach Gl. (3)

$$\omega = \frac{v}{\varrho} = \frac{va}{aR_1 - nS} \tag{6}$$

und mit Einführung des Ausdrucks für die Einlaufstrecke n

$$\varrho = \frac{va}{aR_1 - vts}$$

Die Drehbeschleunigung ist $\gamma = d\omega/dt$. Mit Einführung von $aR_1 - vtS = z$ ergibt sich aus $\omega = va/z$ weiter

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{va}{z^2} \quad \text{und} \quad \frac{dz}{dt} = -vS$$

Es ist

$$\gamma = \frac{v^2 aS}{(aR_1 - nS)^2} \quad \text{oder}$$

$$\gamma = \frac{v^2 aS}{a^2 R_1^2 - nS(2aR_1 - nS)} \tag{7}$$

β. Zapfenrichtkraft aus der Drehbeschleunigung:

In Bild 8 entsprechen die Punkte 1 und 2 den beiden Drehzapfen D_1 und D_2. Die gesamte Lokomotivmasse ausschliesslich der Drehgestelle, d. h. also die Lokomotivmasse *über* den Drehgestellen, sei M. Streng genommen müsste auch die Masse der beiden Mittelachsen mitgerechnet werden, sie sei aber gegenüber M vernachlässigt. Für die beschleunigte Drehung gilt

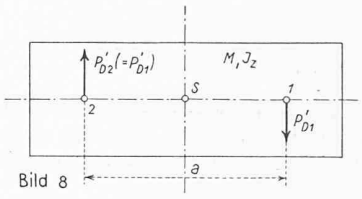

Bild 8

$$P'_{D_1} a = P'_{D_2} a = (I_z + Ma^2/4),$$

wenn P'_{D_1} und P'_{D_2} die aus der Drehbeschleunigung resultierenden Anteile der Zapfenrichtkräfte bedeuten und I_z das Trägheitsmoment der Lokomotive ohne Drehgestelle um die senkrechte Schwerpunktaxe ist. Es ist somit

$$P'_{D_1} = P'_{D_2} = \left(I_z + \frac{Ma^2}{4}\right)\frac{\gamma}{a} \tag{8}$$

Die genaue Ermittlung von Fahrzeug-Trägheitsmomenten ist sehr umständlich und zeitraubend. Es sei für den vorliegenden Fall das Fahrzeug als Prisma von $l = 8$ (m) und $b = 2$ (m) angenommen, woraus sich mit 84 t Gesamtgewicht ergibt:

$$I_z = \frac{G(b^2 + l^2)}{g \cdot 12} = \frac{84\,000}{10} \cdot \frac{2^2 + 8^2}{12} = 47\,600\ (\mathrm{kgm\,s^2})$$

und

$$I_z + \frac{Ma^2}{4} = 210\,000\ (\mathrm{kgm\,s^2})$$

als Trägheitsmoment um D_2.

c. Zapfenrichtkraft aus der Spurkranzreibung

Als Folge des Aussenanlaufes aller Drehgestellachsen, also der Sehnenstellung der Lokomotive, liegt der Reibungsmittelpunkt M des Hauptrahmens in der Längsmitte. Nach Bild 9 seien A_3, A'_3, A_4 und A'_4 die Radaufstandspunkte der Achsen 3 und 4. Senkrecht auf die Verbindungslinien mit M liegen die Reibungskräfte μQ. Die quer zur Fahrtrichtung liegenden Komponenten dieser Reibungskräfte werden bei Achse 3 (Aussenanlauf) und Achse 4 (Innenanlauf) durch die Schiene aufgenommen. Anders die Längskomponenten, deren Wirkungen — als Widerstand — an den Drehzapfen aufgenommen werden müssen. Wird der aus der Spurkranzreibung der Mittelachsen stammende Teil der Zapfenrichtkraft P_{DR} genannt, so gilt mit den Bezeichnungen von Bild 9 die Beziehung $4\Phi_x s = P_{DR} a$ und

$$P_{DR} = \frac{4\Phi_x s}{a} \tag{9}$$

5. Zusammensetzung der Drehzapfenrichtkraft

Die Richtungen der Kräfte, die vom Hauptrahmen auf die Drehzapfen einwirken, sind in Bild 10 gezeigt. Die Fliehkraft F bzw. $F/2$ wirkt nach der Bogenaussenseite. Die vom engeren

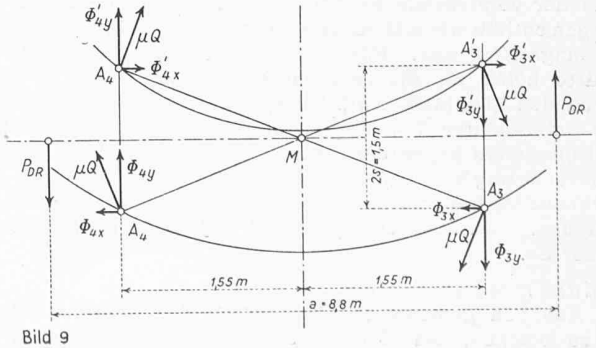

Bild 9

Bogen aufgedrückte Drehbeschleunigung γ wirkt in Bild 10 entgegen dem Uhrzeigersinn; die bei dieser Drehbeschleunigung als Trägheitswiderstände entstehenden Drehzapfenrichtkräfte $P'_{D_1} = P'_{D_2}$ wirken daher im Uhrzeigersinn, d. h. in D_1 nach aussen und in D_2 nach innen. Die Mittelachsen des Hauptrahmens müssen im Sinne des Gleisbogens, also in Bild 10 entgegen dem Uhrzeigersinn geschwenkt werden. Die Reibungskräfte in den Radaufstandspunkten nach Bild 9 sind Reibungswiderstände und können nur durch die Kräfte P_{DR}, im Uhrzeigersinn wirkend, überwunden werden. Als gesamte Zapfenrichtkraft ergibt sich somit

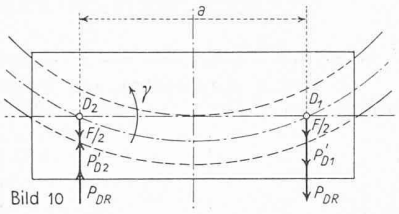

Bild 10

$$P_{D_1} = \frac{F}{2} + P'_{D_1} + P_{DR}$$

für den vorauslaufenden und

$$P_{D_2} = \frac{F}{2} - P'_{D_1} - P_{DR}$$

für den nachlaufenden Drehzapfen.

6. Vergleich der gerechneten mit den gemessenen Kräften

Bild 11 zeigt die Zusammensetzung der Kräfte. Im Hinblick auf das oben gezeichnete Gleisbogenstück sind alle Grössen auf den vorauslaufenden Drehzapfen bezogen, d. h. eine durch D_1 gezogene Senkrechte ergibt alle Grössen, welche dieser Stellung von D_1 zugeordnet sind.

Die Linie 1 stellt den nach Gl. (3) gerechneten Krümmungshalbmesser ϱ dar, der für die Gesamtfliehkraft F massgebend ist; die Linie 2 ist die Winkelgeschwindigkeit ω nach Gl. (6). Die Drehbeschleunigung nach Gl. (7) zeigt Linie 3. Sie hat den Wert Null, solange das Fahrzeug gänzlich im weiteren Gleisbogen mit $R_1 = 345$ m steht, setzt dann mit einem endlichen Betrag ein, um ihren Höchstwert zu erreichen, wenn D_1 am Ende des engeren Gleisbogens steht, also der Einlauf gänzlich vollzogen ist. Für den Auslauf in den flacheren Bogen tritt eine Drehverzögerung ein, die — allmählich abnehmend — zu Null wird, wenn der Auslauf vollzogen ist, d. h. der Drehzapfen D_2 den Beginn des flacheren Bogens erreicht hat.

Die Gesamtfliehkraft F' ist durch die Linie 4 wiedergegeben. Der als Folge der Gleisbogenüberhöhung abzuziehende Fliehkraftanteil A ergibt die Linie 5. Von der verbleibenden freien Fliehkraft $F = F' - A$ wirkt die Hälfte $F/2$ auf jeden Drehzapfen. Ihre Grösse ist durch die Linie 6 wiedergegeben. Der Höchstwert wird erreicht, wenn der Einlauf vollzogen ist. Während des ganzen Durchlaufes überlagert sich der Linie 6 die aus der Spurkranzreibung der Mittelachsen stammende Kraft P_{DR} in unveränderter Grösse (Linie 7). Wird schliesslich noch dem linken Teil der Linie 7 die Kraft P'_{D1} (Drehbeschleunigung) zugezählt, und dem rechten Teil (Drehverzögerung) abgezogen, so erhält man die Linie 8 als gesamte Zapfenrichtkraft während des Durchlaufes. Ihre theoretische Grösse für einen gleichbleibenden Sollhalbmesser von 300 m zeigt die Linie 9.

Die Linien I, II und III zeigen die gemessenen Werte in den Gleisstellen A, B und C des Bildes 3. Für den Einlauf ist die Uebereinstimmung befriedigend, wenn man beachtet, dass der vorstehende Rechnungsgang Annahmen und Näherungen enthält wie z. B. Krümmungsverlauf, Trägheitsmoment, Reibungsziffer usw. Für den Auslauf sind die gemessenen Kräfte höher als die gerechneten. Es kann dies vielleicht durch den Umstand erklärt werden, dass die Drehgestelle der untersuchten Lokomotive vergleichsweise leicht gebaut und besonders gegen den Angriff waagrechter und quer zur Fahrtrichtung wirkender Kräfte stark nachgiebig sind. Der wirkliche Verlauf der Zapfenrichtkraft folgt daher nicht genau dem theoretischen Sprung $P - Q$, sondern fällt langsamer ab.

7. Zusammenfassung

Aus den gemessenen Schaulinien der Zapfenrichtkraft ist zu ersehen, dass an Stellen grösserer Unstetigkeit der

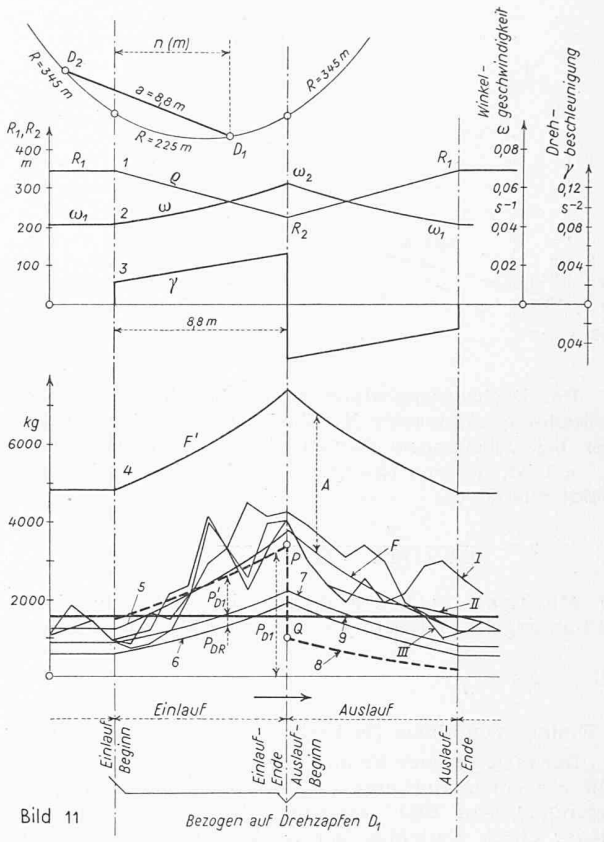

Bild 11

Bogenkrümmung besondere Druckspitzen auftreten. *Wie der Verfasser schon an anderer Stelle*[3]) *gezeigt hat, ist für die Kräfte im Laufwerk weniger der Nennhalbmesser des Gleisbogens, als seine Stetigkeit massgebend.* Die gesamte Zapfenrichtkraft wurde durch Rechnung unterteilt, wobei sich ergibt, dass der aus der Spurkranzreibung stammende Anteil vergleichsweise klein ist, während die Anteile aus Drehbeschleunigung und Fliehkraftüberschuss wesentlich grösser, aber untereinander etwa gleich sind. Die gemessenen Werte der Zapfenrichtkraft stimmen für den Einlaufvorgang in die Gleisstelle kleineren Halbmessers mit den gerechneten befriedigend überein, während für den Auslauf die gemessenen Werte höher sind. Diese Unstimmigkeit ist vermutlich auf die stark nachgiebige Bauart der Drehgestelle zurückzuführen.

Das Eidg. Post- und Eisenbahndepartement im Jahre 1949

Auszug aus dem Geschäftsbericht

Fortsetzung von Seite 528 DK 351.81 (494)

Regulierung von Seen. Die Regulierung der Wasserstände des Genfersees erfolgt auf Grund der interkantonalen Vereinbarung von 1884 und des Wehrreglementes von 1892. Der von den drei Uferkantonen genehmigte Entwurf eines neuen Wehrreglementes wurde der französischen Delegation anlässlich der 1948 abgehaltenen Session der französisch-schweizerischen Kommission unterbreitet. Das allgemeine Bauprojekt für die Korrektion des «Stretto di Lavena» im Luganersee wurde den interessierten eidgenössischen Stellen zur Vernehmlassung zugestellt. Das Projekt für ein Wehr in der Tresa und die Korrektion derselben ist mit Vertretern des Kantons Tessin und der Gemeinde Ponte Tresa besprochen worden und kann im Laufe des Jahres 1950 fertiggestellt werden. In der Frage der Kostenteilung zwischen dem Kanton Tessin und den Bundesbahnen für den Umbau des Seedammes Melide konnte noch keine Einigung erzielt werden. Um eine solche Einigung zu erleichtern, haben die SBB im Einvernehmen mit dem Amte Vorschläge ausgearbeitet, durch welche, unter Verkleinerung der Vorteile für die Schiffahrt, Einsparungen erzielt werden.

[3]) SBZ 1947, Nr. 45 u. 46, S. 611* u. 623*: Achsdruck und Fahrgeschwindigkeit in Gleisbogen.