

vermindert sich die Ueberschreitung der Radumfangskraft der Dampflokomotive gegenüber der größten von 4800 kg der elektrischen Lokomotive, gleicher Zugkraft von den vorerwähnten 16,5 v. H. bei 50 und 70 km/Std. Geschwindigkeit auf 11,5 bzw. 9 v. H. Streng genommen ist allerdings das Dampfdiagramm (Abb. 1) für 50 oder 70 km Geschwindigkeit nicht genau gültig, da bei den gesteigerten Geschwindigkeiten größere Drosselverluste eintreten. Die letzteren hängen aber so sehr von der mehr oder minder guten Bemessung der Organe der Dampfverteilung ab, daß ihnen eine grundsätzliche Bedeutung in diesem Zusammenhang nicht beizulegen ist.

Nur ein Punkt ist zu erwähnen, der u. U. einen Nachteil der Dampflokomotive gegenüber der elektrischen hinsichtlich Ausnutzung des Reibungsgewichtes bedeutet, das ist die entlastende Fliehkraft des die Wirkung der hin- und hergehenden Massen ausgleichenden Gegengewichtsanteiles. Nach den Technischen Vereinbarungen darf zwar jetzt bei der größten zulässigen Geschwindigkeit die Fliehkraft an einem Rade nur mehr bis zu 15 v. H. des ruhenden Raddruckes betragen. Dieser äußerste ungünstige Fall sei hier für die zweifach gekuppelte Lokomotive in Rechnung gezogen. Der ruhende Raddruck beträgt im gewählten Beispiel 7 t; 15 v. H. davon sind 1050 kg.

Die größte Umfangskraft von 5600 kg, die von den zwei gekuppelten Rädern einer Maschinenseite zu übertragen ist, liege eben an der Reibungsgrenze. Dann ist der Reibungskoeffizient von Rad gegen Schiene

$$\frac{2800}{7000} = \frac{1}{2,5}$$

Infolge der abwechselnden Be- und Entlastung des Trieb- und des Kuppelrades durch die freien Fliehkkräfte schwankt die Reibungsgrenze oder anders ausgedrückt die zulässige

Zugkraft um Werte von  $\pm \frac{2 \times 1050}{2,5} = \pm 840$  kg, und

zwar nach der Kurve  $g-h$  in Abb. 3, die für die rechte Maschinenseite gilt. Die Reibungskraft wird also bei rascher Fahrt zwischen der Kurbelstellung 5 und 6 von der an den Radreifen auftretenden Umfangskraft überschritten, was zum Schleudern Veranlassung geben könnte. Wohlgermerkt gilt dies nur für die gewöhnliche Zweizylinderlokomotive. Bei der Zweizylinderlokomotive mit gegenläufigem Triebwerk<sup>3)</sup> und bei der Vierzylinderlokomotive, Bauart von Borries, fällt der Ausgleich der hin- und hergehenden Massen durch Gegengewichte und damit die Aenderung des Reibungsgewichtes weg.

Die Wahrscheinlichkeit, daß eine raschlaufende Lokomotive wegen einer so geringfügigen Ueberschreitung der Umfangskraft schleudert, ist übrigens sehr gering. Beim Schleudern muß das ganze Gestänge der Lokomotive, die Räder und Achsen beschleunigt werden. Dazu ist aber das Zeitintegral der Antriebskraft  $\int P \cdot dt$  viel zu

klein. Es wird höchstens zu einer Beschleunigung des Gestänges im Bereich der Zapfenspiele und zu Formänderungen ausreichen. Erhöhte Abnutzung, Zittern der Stangen, Resonanzschwingungen und Brüche können die Folge sein. Die Möglichkeit solcher Erscheinungen ist aber bei der Einphasenwechselstromlokomotive viel größer. Das Drehmoment der Wechselstrommotoren schwankt zwischen Null und dem doppelten Mittelwert und der Höchst- und Tiefstwert der Zugkraft am Radumfang wird bei 15 Perioden fünfzehnmal in der Sekunde erreicht. Macht das Rad in der Minute 340, also in der Sekunde 5,7 Umdrehungen, so treffen auf eine Radumdrehung 2,6 Perioden.

Das Zeitintegral der die Reibungskraft übersteigenden Antriebskraft, das bei gegebener Periodenzahl unabhängig von der Lokomotivgeschwindigkeit ist, erreicht somit mindestens dieselbe Größenordnung als jenes einer Zweizylinderlokomotive bei ungünstigen Verhältnissen (nämlich Außenzylindern, weitgehendem Ausgleich schwerer hin- und hergehender Massen und größter Fahrgeschwindigkeit) und müßte eine ähnliche Wirkung auf die Gleitkupplung zwischen Rad und Schiene haben wie bei der Dampflokomotive, wobei allerdings noch zu berücksichtigen ist, daß die umlaufenden Massen des Rotors und der Räder wie ein Schwungrad wirken.

Der absoluten Größe der Reibungsziffer sollen noch kurze Ausführungen gewidmet sein.

Nach Abb. 3 und 4 findet man als indizierte Zugkraft für die betrachtete Zweizylinder-Zwillingslokomotive den Wert 4800 kg. Das Dampfdiagramm (Abb. 1) ist einer Veröffentlichung von Dr. Sanzin<sup>4)</sup> entlehnt und alle Abmessungen von der Versuchlokomotive genommen; lediglich die hin- und hergehenden Massen habe ich geschätzt. Sanzin findet auf S. 42 der erwähnten Arbeit die indizierte Zugkraft aus  $Zi = \frac{Ni \cdot 270}{V}$  zu 4775 kg.

Die Uebereinstimmung mit Abb. 3 und 4 ist also gut. Bei 10 km/Std. gleichmäßiger Fahrgeschwindigkeit gibt Sanzin in der Wagerechten den Widerstand der Lokomotive zu 167 kg an. Man geht also nicht fehl, wenn man die nutzbare Anfahrzugkraft an den Radreifen zu 4610 kg annimmt. Bei 28 t gesamtem Achsdruck beträgt somit der Reibungskoeffizient, bezogen auf die mittlere, am Zughaken auftretende Zugkraft,  $\frac{4610}{28000} = 1/6,1$ ; jener bezogen auf die größte, am Radumfang auftretende Kraft ist jedoch rund  $\frac{5600 - 167}{14000} = 1/2,58$ , unter der zulässigen Annahme, daß die Kraft gleichmäßig auf die (zwei) gekuppelten Räder einer Maschinenseite verteilt ist.

Wenn man also mit Reibungszahlen 1/5 bis 1/7,5 rechnet, so wird man nicht außer Acht lassen dürfen, daß diese Zahlen keine absoluten, sondern nur vergleichsweise und nur auf eine Lokomotivgattung, das ist die

<sup>3)</sup> Eisenbahntechnik der Gegenwart, 3. Auflage, 1. Band I, S. 452.

<sup>4)</sup> Forschungsarbeiten des Vereins Deutscher Ingenieure, Heft 150 und 151.