

Die Mechanik der Zugförderung

und ihre wissenschaftlich-experimentellen
Grundlagen

von

Professor Dr.-Ing. E. h. Hans Nordmann
Reichsbahn-Abteilungspräsident i. R.

Mit 50 Abbildungen



Springer-Verlag
Berlin / Göttingen / Heidelberg
1952

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1952 by Springer-Verlag OHG., Berlin/Göttingen/Heidelberg.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1952

ISBN 978-3-642-49415-4 ISBN 978-3-642-49694-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-49694-3

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit ist eine wohl zum ersten Male erscheinende *kurzgefaßte* Mechanik der Zugförderung und ihrer wissenschaftlich-experimentellen Grundlagen, sowohl in der positiven Richtung der *wirksamen Zugkraft für alle Betriebsarten*, wie in der negativen der *Bremmung*. Über diesen Gegenstand könnte man unter Heranziehung des gesamten in- und ausländischen Schrifttums an sich einen stattlichen Band schreiben. Aber für die Einsicht in die inneren Zusammenhänge und eine verläßliche Urteilsbildung ist eine solche lexikalische Ausführlichkeit nicht vonnöten. Und der Leserkreis, an den sich das Buch wendet, wird sie, z. T. auch schon rein zeitlich, gar nicht wünschen. Ich denke dabei an die Eisenbahnbeamten des oberen, namentlich maschinentechnischen Dienstes, denen eine zusammenfassende Darlegung der ihnen notwendigen Theorie willkommen sein dürfte, und an die Ingenieure der Lokomotivfabriken und Fahrzeugbauanstalten, die gern wissen möchten, was man von den Lokomotiven im Betrieb erwartet und welche Rolle Wagen und Bremsen dort spielen. Selbst befähigte Beamte und Angestellte des gehobenen mittleren Dienstes könnten sich wohl an den Stoff wagen. Vor allem denke ich auch an die Technischen Hochschulen und ihre dem Eisenbahnmaschinenwesen zuneigenden Studierenden, die meist gar keine Vorlesung des vorliegenden Inhalts zu hören bekommen und daher zu sehr nur an das Konstruktive denken, während das Leben der Eisenbahn wesentlich im *Betrieb* besteht, der sich auf systematischer wissenschaftlicher Grundlage aufbauen muß.

Die Legitimation, ein solches Buch zu schreiben, darf ich aus meiner mehr als zwanzigjährigen Tätigkeit als Versuchsdezernent der früheren Deutschen Reichsbahn herleiten, der naturgemäß immer mit der Zugförderung in enger Fühlung gestanden und ihr einen Teil der Grundlagen geliefert hat. Der Inhalt des Buches ist zu einem großen Teil im Dienste Selbsterlebtes, in vielen Veröffentlichungen Gebrachtes in nochmaliger systematischer Durcharbeitung; und es hatte etwas sehr Befriedigendes für mich, dieses Gebiet gleichzeitig in seinem Wachstum als Teil meiner Vorlesungen an der Technischen Hochschule, jetzt Technischen Universität Berlin zu bringen. So glaube ich nach Inhalt und Darstellung das Zweckmäßige getroffen zu haben und gerade als alter Eisenbahner in der Lage gewesen zu sein, manches verlebendigende Streiflicht in die systematische Entwicklung der Grundlagen einzuflechten.

Mit einer eigenartigen Schwierigkeit muß man sich vertraut machen: Auf der einen Seite muß der gedankliche Aufbau vollständig und streng logisch sein; die Versuche müssen Fehlerquellen vermeiden oder die

Genauigkeitsgrenzen aufsuchen. Auf der anderen Seite sind manche komplizierteren Zusammenhänge, z. B. der Verlauf der Lokomotivleistung über der Geschwindigkeit oder die Abhängigkeit der Bremsklotzreibung von Geschwindigkeit und Flächendruck, mindestens so, wie sie eigentlich analytisch gebraucht würden, nicht in Formeln zu bringen und müssen zu graphischen Methoden verwandt, auf Meßwerte oder auf nur qualitative Aussagen beschränkt werden. Weiterhin sind manche Formeln mit ihrem Koeffizienten Näherungsformeln nicht nur wegen der verwickelten Zusammenhänge, sondern weil gar keine wirkliche Eindeutigkeit vorliegt, z. B. durch Windeinfluß beim Zugwiderstand oder verschiedenes Verhältnis zwischen translatorischen und rotierenden Massen. Auch fehlt der bleibende Charakter physikalischer Konstanten; wesentlich veränderte Wagenbauformen bedingen z. B. andere Widerstandsformeln, insofern die *Wagengestalt* den Luftwiderstand beeinflusst. Bisweilen würde wieder eine an sich denkbare, größtmögliche Genauigkeit zu einem unerträglichen Rechnungsumfang führen, wenn man z. B. bei der Fahrzeitermittlung für jeden Steigungswechsel eine nicht einfache Integration ausführen wollte, weil der Zug ja tatsächlich nur *allmählich* und nicht plötzlich als Massenpunkt in die andere Steigung übergeht.

So könnte man also die Zugförderungsmechanik als eine Wissenschaft der Annäherungen bezeichnen; aber das berechtigt nicht zur Nachlässigkeit. Die Gewissenhaftigkeit, die Rücksicht auf den Wettbewerb anderer Verkehrsmittel und der Wiederaufbauwille unserer schwer geprüften Eisenbahnen erfordern sorgfältiges Vorgehen in diesen wichtigen Betriebsfragen, um zu zuverlässigen Urteilen und günstigsten Verhältnissen zu gelangen. Deshalb ist aber auch die Einsicht in die inneren Zusammenhänge das Wesentliche, und die Kenntnis brauchbarer, versuchserhärteter Beziehungen braucht sich nicht zur Kenntnis *aller* einmal aufgestellten Beziehungen, Methoden und Formeln auszu dehnen; die Betonung der inneren Zusammenhänge und der Hinweis auf die versuchsmäßige Herkunft sollten dem Leser dazu ein Gefühl der Sicherheit vermitteln.

Daß ich neben meinen eigenen Arbeiten das mir zugängliche Schrifttum herangezogen habe, ist wohl selbstverständlich. Wo ich zum vollen Anschluß an das „Heute“ mich noch durch Rückfragen bei Eisenbahnverwaltung und Industrie zu informieren suchte, habe ich stets in dankenswerter Weise den gewünschten Bescheid erhalten. So bleibt mir nur noch die angenehme Pflicht, dem Springer-Verlag für die gute Ausstattung des Buches und Herrn Dipl. Ing. HARTIG (T. U. Berlin) für seine Mithilfe bei der Korrektur meinen besten Dank zu sagen.

Berlin, April 1952

H. Nordmann.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt

Einleitung. Verkehr und Betrieb.

I. Verkehr und Betrieb	1
II. Betrieb, Zugförderung und Fahrplan	2

Zweiter Abschnitt

Die Zugbewegung unter dem Einfluß der Zugkraft.

III. Die Grundgedanken der Zugförderungs-Mechanik und der Fahrzeitermittlung	4
IV. Lokomotiv-Meßwagen	7
V. Der Zugwiderstand	16
1. Der Bewegungswiderstand der Wagenzüge	16
2. Der Bewegungswiderstand der Lokomotiven und Triebwagen	33
VI. Auslaufen der Züge	40
VII. Die Zugkraft der Triebfahrzeuge nach Motorleistung und Haftreibung	43
1. Trennung der beiden Einflüsse durch die Reibungsgeschwindigkeit	43
2. Geschwindigkeitsabhängigkeit der Haftreibung	46
3. Die gesamten Zugkraft- und Leistungskurven $Z = f(V)$, bzw. $N = \varphi(V)$ einschl. des motorischen Teils.	54
Dampflokomotiven S. 54. — Elektrische Lokomotiven S. 58. — Diesellokomotiven S. 67. — Triebwagen S. 77.	
VIII. Das s - V -Diagramm und die Fahrzeitermittlung	78
1. Die Aufstellung der s - V -Diagramme für Lokomotiven und Triebwagen	78
2. Die zeichnerische Fahrzeitermittlung; Notwendigkeit bestimmter Maßstäbe und Genauigkeitsfragen	86
IX. Ergänzungen.	99
1. Gewichts-Zeitlinien.	99
2. Vorspann- und Schiebelokomotiven	101
3. Graphischer Fahrplan und Fahrplanbuch	103
4. Betriebsmeßfahrten	105

Dritter Abschnitt

Die Bremsung der Züge.

X. Allgemeines über die Bremsung	108
XI. Die Reibungsverhältnisse beim Bremsen	111
XII. Ist der Bremsweg oder die notwendige Bremskapazität berechenbar?	124
XIII. Meßeinrichtungen für Bremsversuche, Bremsmeßwagen.	130
XIV. Ergebnisse von Bremsversuchsfahrten	137
XV. Die Bremstafeln des Betriebes.	145

Vierter Abschnitt

Zur Energetik der Zugförderung.

XVI. Zur Energetik der Zugförderung; Ermittlung des Arbeitsverbrauchs	157
Sachverzeichnis	168