

Grundzüge der Führung der Schienenfahrzeuge

Von Dr.-Ing. H. Heumann, o. Professor, Grafrath b. München

Anmerkung der Schriftleitung. Die Fahrzeugführung im Gleis hat in den beiden letzten Jahrzehnten wegen ihrer weittragenden Bedeutung in zunehmendem Maße die beteiligten Fachkreise beschäftigt. Zur Klärung aller mit der Fahrzeugführung zusammenhängenden Fragen hat die frühere Deutsche Reichsbahn eine Arbeitsgemeinschaft gegründet, in der neben Eisenbahnspezialisten namhafte Vertreter von technischen Hochschulen und der Industrie mitarbeiten. Prof. Dr. Heumann (T.H. München), der dieser Arbeitsgemeinschaft ebenfalls angehört, hat sich dankenswerterweise bereit erklärt, diese Fragen, von den Grundelementen ausgehend, zusammenfassend in leichtverständlicher Weise zu bearbeiten. Dadurch soll ein lückenloser Überblick über den neuesten Stand der Wissenschaft der Fahrzeugführung gegeben und die Voraussetzung geschaffen werden, schwierige praktische Untersuchungen auch selbst anzustellen. Bei der Behandlung der einschlägigen Fragen wird auf die Verhältnisse der Straßenbahnen besonders Rücksicht genommen.

I. Einführung

Jedes Eisenbahnfahrzeug hat mehrere Räderpaare. Die beiden Räder jedes Räderpaares sind in der Regel fest mit ihrer Achswelle verbunden zu einem Radsatz, haben daher als Festräder einen zu guter Führung erforderlichen genau gleichbleibenden Abstand voneinander und müssen sich stets mit gleicher Winkelgeschwindigkeit ω , um ihre Eigendrehachse drehen, die wir stets als waagrecht liegend annehmen wollen. Die selten vorkommende Losradanordnung soll hier nicht betrachtet werden. Alle Radsätze eines Fahrzeugs stützen sich auf die beiden Fahrachsen des Gleises und werden in der Regel auch von ihnen geführt. Die Radsätze eines Fahrzeugs sind in einem oder mehreren gelenkig miteinander verbundenen Rahmen zu mehreren oder auch einzeln gelagert, seitenfest oder seitenverschieblich oder auch drehbar um lotrechte Achsen, und fast stets so, daß außer den Radlasten Q' als lotrechten Kräften waagerechte Längs- und Querkräfte zwischen Rahmen und Radsätzen übertragen werden, die zur Überwindung ihres Fahrwiderstandes und zu ihrer Führung dienen. Vollkommen „freie“ Radsätze, d. h. solche, auf welche keine

waagerechten Querkräfte oder Kräftepaare vom Rahmen ausgeübt werden, kommen aus unten angegebenen Gründen kaum vor. Das einfachste und häufig vorkommende Fahrzeug ist das einrahmige, eingliedrige, steifachsige Fahrzeug; es hat einen Rahmen, in dem seine sämtlichen Radsätze mit Lage ihrer Eigendrehachsen unveränderlich senkrecht zur Rahmenlängsachse seitenfest gelagert sind.

Die Räder der Radsätze stützen sich mit schwach kegelförmigen oder zylindrischen oder durch Abnutzung schwach ausgehöhlten Stütz- und Laufflächen ihrer Reifen, kurz den Laufflächen, auf die gewölbten Scheitel der beiden Fahrachsen in den beiden Aufstandspunkten A und A' der beiden Rad-Laufkreise. Diese Punkte liegen ungefähr in Schienenkopfmittle. Ihr Abstand ist die Stützweite $2s$, die bei regelspurigen Bahnen in der Geraden etwa 1500 mm beträgt.

Um über die Grundsätze der Führung der Fahrzeuge klar zu sehen, betrachten wir zunächst einen „frei“ gedachten Radsatz ohne Spurkränze, den es, wie gesagt, in Wirklichkeit kaum gibt. Ein solcher Radsatz berührt die beiden Schienen nur in den beiden Aufstandspunkten.

Der ideale Lauf jedes Radsatzes ist reines Rollen, d. h. Fortschrittsbewegung ohne Relativbewegung zwischen Rädern und Schienen an den Berührungsstellen, und genau in der Gleislängsachse. Damit der Radsatz rein rollend einen kreisförmigen Gleisbogen vom Halbmesser R der Gleislängsachse ohne Abweichung der Radsatzmitte Z von dieser Achse oder von einem dieser konzentrischen Kreisbogen durchläuft, muß

1. seine Eigendrehachse genau zum Krümmungsmittelpunkt C des Gleisbogens zeigen, muß der Radsatz genau radial stehen und müssen

Inhalt

I. Einführung	1	Amerikanisches Drehgestell	55
II. Geometrie der Berührung von Rädern und Schienen	4	Maximum-Truck-Gestell	56
1. Grundbegriffe und -maße	4	Schwenkradsatz	56
2. Der Reifen- und Schienenkopf-Umriß	6	Zweiachsiges Bissel-Schwenkgestell	60
3. Die Art der Berührung	6	Helmholtz-Drehgestell	61
4. Vorverlagerung, Anlaufwinkel und Richtarm	7	Lotter-Drehgestell	63
5. Die Berührungskontur	8	Eckhardt-Drehgestell	64
III. Das Gleiten	11	e) Wirkungsweise und Verhalten der mehrgliedrigen Fahrzeuge im Bogen	64
1. Der Reibungsmittelpunkt M	12	Allgemeines	64
2. Die u -Achse	14	Brückenfahrzeuge	65
3. u -Achse und Reibungsmittelpunkt	16	Gelenkfahrzeuge	66
4. Die Gleitreibungsziffer	18	Gliederfahrzeuge	68
IV. Verhalten der Fahrzeuge beim Durchfahren von Bögen im Beharrungszustande	20	4. Verhalten von zweiachsigen Fahrzeugen, deren Radsätze kraftschlüssig mit dem Fahrzeugrahmen verbunden sind	75
1. Allgemeines	20	a) Verhalten bei Zweipunktberührung	75
2. Die Stellung des Fahrzeugs oder Gestells im Gleis	20	a) Der freie Radsatz	
a) Das Stellungsbild	21	1. Außenanlauf	75
b) Die Lage des Hauptradius in einer Fahrzeuggrenzstellung	23	2. Innenanlauf	81
c) Querkräfte im engeren Sinne	25	β) Der freie Lenkradsatz	82
3. Bestimmung der Richtkräfte und der Stellung von Fahrzeugen oder Gestellen mit zwangschlüssig in ihrem Rahmen gelagerten Radsätzen	30	γ) Fahrzeug mit zwei freien Lenkradsätzen	83
a) Grundlagen und vereinfachende Annahmen	30	1. Der Vorderradsatz	83
b) Das eingliedrige zweiachsige steifachsige Fahrzeug oder Gestell	32	2. Der Hinterradsatz	84
a) Rechnerische Ermittlung der Richtkräfte bei Spießgang	32	Außenanlauf	84
β) Zeichnerische Ermittlung der Richtkräfte P und des Richtarms x bei einer Zwischenstellung, vor allem bei hinterem Freilauf, nach dem Minimumverfahren	33	Innenanlauf	84
γ) Einfluß von Querkräften im engeren Sinne auf die Fahrzeugstellung und die Richtkräfte, ermittelt nach dem Minimumverfahren	34	3. Einfluß von Querkräften H	85
δ) Minimumverfahren bei einer Grenzstellung des Fahrzeugs oder Gestells	35	b) Verhalten bei Einpunktberührung	85
c) Eingliedrige drei- und mehrachsige Fahrzeuge	38	a) Der freie Radsatz	85
a) Allgemeines	38	1. Außenanlauf	85
β) Rechnerische Ermittlung der Richtkräfte in den Grenzstellungen a) und b)	40	2. Innenanlauf	90
γ) Zeichnerische Ermittlung der Richtkräfte und der Stellung des Fahrzeugs nach dem Minimumverfahren	41	β) Fahrzeug mit zwei freien Lenkradsätzen	90
δ) Das Minimumverfahren bei Vorhandensein von Schieberadsätzen	42	V. Verhalten der Fahrzeuge beim Durchfahren von Krümmungsänderungen des Gleises	90
e) Grenzen der Eingliedrigkeit	44	1. Allgemeines	90
d) Mehrgliedrige Fahrzeuge	46	2. Das Einfahren von eingliedrigen Fahrzeugen mit seitenfestem Vorderradsatz	92
a) Allgemeines und Einteilung	46	a) Die Leitkurve	92
β) Bauart der Neben- und Hauptgestelle	47	b) Die Drehbeschleunigungsachse O	94
γ) Grundsätzliche Wirkungsweise der Mehrgliedrigkeit der Fahrzeuge	51	Die M -Schleppkurve	95
δ) Wirkungsweise und Verhalten der Nebengestelle im Bogen	55	c) Die auf den führenden Radsatz A entfallende Teilmasse m_A und deren Querbeschleunigung b_A	96
		d) Einfluß der Nachbarfahrzeuge	98
		3. Das Einfahren eines Fahrzeugs mit vorderem Schieberadsatz	98
		4. Besonderheiten des Einfahrens in eine Weiche	99
		5. Das Einfahren mehrgliedriger Fahrzeuge	100
		a) Brückenfahrzeuge	100
		b) Gelenkfahrzeuge	102
		c) Gliederfahrzeuge	106
		VI. Das Kräftespiel am Radsatz	110
		1. Allgemeines	110
		2. Größe der einzelnen Kräfte	112
		a) Raddruckänderungen	112
		a) Raddruckänderung $\pm \Delta Q_H$ durch das Kippmoment der H -Kräfte	112

β) Raddruckänderung $\pm \Delta Q_r$ durch Kräfte, die am gefederten Fahrzeugteil angreifen	113
b) Die Gleit- und Teilgleitwiderstände in Größe und Richtung	114
c) Querkraft H und Führungskraft Y	117
d) Die Verteilung der Achslast $2 Q_0$ auf die drei Berührungspunkte \mathcal{A} , A und A' des anlaufenden Radsatzes	117
3. Der Entgleisungsvorgang bis zur Entgleisungsgrenze	118
a) Die Festlegung der Entgleisungsgrenze	118
α) Stirnflächenführung	118
β) Rückenflächenführung	121
b) Der Entgleisungssicherheitsgrad	122
c) Besonderheiten des Kräftespiels bei Einpunktberührung	123
4. Das Aufklettern des anlaufenden Rades	124
a) Die Sicherheitsstrecke	124
b) Der Aufklettervorgang	125
5. Sicherheitstechnische Forderungen an Rad und Schiene	126
6. Der Krümmungswiderstand und Verschleiß im Bogen	126
a) Der Krümmungswiderstand	126
Krümmungswiderstandsvergleichsmaß	129
b) Der Verschleiß	129

VII. Der Lauf in der Geraden	130
1. Aufgabe der Untersuchung	130
2. Lauf eines freien Radsatzes	130
a) Radsätze mit kegelförmigen Laufflächen	130
b) Radsätze mit ausgehöhlten Laufflächen	132
3. Durch das Gleis beschränkter Lauf des freien Radsatzes	134
4. Durch den Rahmen beschränkter Lauf einer Radsatzgruppe	135
a) Bedingungen unbeschränkten Laufes	136
b) Lauf bei spielfreier Lagerung der Radsätze in starrem Rahmen	138
Abschnitt I	138
Abschnitt II	138
Abschnitt III	140
Abschnitt IV und V und ganze Halbwelle	143
5. Durch Gleis und Rahmen beschränkter Lauf zwangschlüssig mit dem Rahmen verbundener Radsatzgruppen	144
6. Lauf einachsiger Nebengestelle	145
Schienenrichtkraft P bei Anlauf	146
Wirkung einer äußeren Querkraft	146
7. Störende Bewegungen des Fahrzeug- oder Gestellkörpers	147
a) Allgemeines	147
b) Resultierende Radsatzbewegung	148
c) Frequenz f_{II}	149
d) Kritische Fahrgeschwindigkeit v'	151