

Elektrische Triebfahrzeuge

Ein Handbuch für die Praxis sowie für Studierende
in drei Bänden

von

Dr. techn. Karl Sachs

emer. Professor der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich
Honorarprofessor der Technischen Hochschule Wien

Zweite, neu bearbeitete und erweiterte Auflage

**Erster Band: Allgemeine Grundlagen
und Mechanischer Teil**

Mit 1210 Abbildungen

Herausgegeben vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein

1973

Springer-Verlag

Wien New York



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Erster Abschnitt

Berechnungsgrundlagen

	Seite
1. Die Bahnwiderstände	9
1.1. Rollende Reibung	10
1.2. Gleitende Reibung	12
1.3. Luftwiderstand	15
1.4. Spezifischer Fahrwiderstand	35
1.5. Steigungswiderstand	43
1.6. Beschleunigungswiderstand	43
1.7. Bogenwiderstand	44
1.8. Streckenwiderstand und äquivalenter Steigungswiderstand	52
2. Die Zugkraft	53
3. Die Bremskraft	74
4. Das Fahrdiagramm	76
4.1. Allgemeines	76
4.2. Fahrdiagramm für Gleichstrom-Triebfahrzeuge	80
4.3. Fahrdiagramm für Triebfahrzeuge mit Wechselstrom- oder Mischstrommotoren	88

Zweiter Abschnitt

Der mechanische Teil (Wagenteil)

1. Gesamtaufbau	95
2. Achsdruckänderungen an Drehgestell-Lokomotiven infolge Zugkraft und Gegenmaßnahmen	102
2.1. Einleitung	105
2.2. Voraussetzungen	108
2.3. Allgemeine Betrachtungen	108
2.31. Das Kräftespiel bei den verschiedenen Antriebsgruppen	108
2.311. Antriebe der Gruppe a	108
2.312. Antriebe der Gruppe b	109
2.313. und 2.314. Antriebe der Gruppe c und d	110

2.315. Stangenantrieb	111
2.316. Zusammenfassung der 5 Antriebsgruppen	111
2.317. Verhältnisse bei der Laufachse	111
2.32. Die Federanordnung des Fahrgestells	112
2.321. Die reduzierten Steifigkeiten c_y und c_α der Radsatzfederung bei den verschiedenen Federaufhängungssystemen	112
2.322. Die reduzierten Steifigkeiten \bar{c}_y und \bar{c}_α der untereinander ausgeglichenen Achsen	113
2.323. Die Federzentrale z des Fahrgestells	113
2.324. Die Federzentrale \bar{z} und die resultierende Steifigkeit \bar{c} der unter sich ausgeglichenen Achsen	114
2.33. Die verschiedenen Arten der Kastenabstützung bei der Triebgestell-Lokomotive	114
2.34. Die verschiedenen Möglichkeiten des Lastausgleichs	115
2.341. Lastausgleich durch Zugkraftanpassung	115
2.342. Die verschiedenen Möglichkeiten des sich auf die Achsdrücke auswirkenden Ausgleichs	115
2.343. Lastausgleich bei der Rahmenlokomotive	120
2.4. Die Lagerdruckänderungen bei dem einzelnen Fahrgestell	120
2.5. Die Lagerdruck- und Achsdruckänderungen bei dem einfachen Fahrzeug	121
2.6. Die Lagerdruck- und Achsdruckänderungen bei der Zweigestell-Lokomotive	123
2.61. Die Kräfteverhältnisse bei der Kastenabstützung	123
2.62. Die Kräfteverhältnisse an den Drehgestellen	124
2.621. Die Kräfteverhältnisse am vorderen Triebgestell	124
2.622. Die Kräfteverhältnisse am hinteren Drehgestell	124
2.63. Die Lagerdruck- und Achsdruckänderungen	125
2.64. Bemerkungen zu den Gleichungen (190)	125
2.65. Der direkte Einfluß der Motoranordnung und der Antriebsart auf die Achsdruckänderung	125
2.66. Die graphische Darstellung der Lagerdruck- und Achsdruckänderungen	126
2.661. Graphische Darstellung im (Z, Q) -System	127
2.662. Darstellung im dimensionslosen Koordinatensystem	130
2.67. Verhältnisse bei einer Zweigestell-Lokomotive, bei der alle Achsen eines Triebgestells untereinander ausgeglichen sind	147
2.7. Die Auswirkung des Lastausgleichs bei der Zweigestell-Lokomotive	149
2.71. Die Auswirkung der Zugkraftanpassung	149
2.72. Die Auswirkung der Gewichtsverlagerung	150
2.73. Die Auswirkung der Tiefzugvorrichtung	150
2.74. Die Auswirkung des pneumatischen Ausgleichs	150
2.75. Die Auswirkung der Vertikalkupplung	153
2.76. Die Auswirkung der Basisabstützung	154
2.8. Entlastungen bei einer Drehgestell-Lokomotive mit geteiltem Kasten	159
2.9. Achsdruckänderungen bei einer Drehgestell-Lokomotive mit einteiligem Kasten	165
3. Laufwerk und Triebwerk	168
3.1. Radsätze	168
3.11. Achswelle	168
3.12. Radscheibe	171
3.13. Radreifen	175
3.14. In sich gefederte Radsätze	187
3.141. Gummigefederte Räder	188
3.142. Federeigenschaften druckbeanspruchter Räder	191
3.143. Radkonstruktionen	193
3.144. Auswirkungen der Radsatzfederung	199
3.145. Lebensdauer	201
3.146. Befestigung der Gummiteile an den Metallteilen	202
3.147. Einflüsse durch äußere und innere Erwärmung	202
3.148. Anwendungsbereich	203
3.15. Pneuräder	203

3.2. Achslager	204
3.21. Allgemeines	204
3.22. Gleitlager	206
3.23. Wälzlager	213
3.3. Radsatzfederung	232
3.4. Die Führung des Fahrzeugs im Geleise und die Vorgänge zwischen Rad und Schiene	266
3.41. Lauf durch Geleisekrümmungen	271
3.411. Die Stellung des Fahrzeuges im Geleise und das Stellungsbild	271
3.42. Berührung zwischen Radsatz und Geleise bei schrägstehendem Radsatz	275
3.421. Ermittlung des Umrißpunktes \mathfrak{P}_x und des entsprechenden sichtbaren Punktes \mathfrak{P} bei horizontaler Radsatzachse	276
3.422. Die Koordinaten des Umrißpunktes \mathfrak{P}_x und des entsprechenden sichtbaren Punktes \mathfrak{P} bei geneigter Radsatzachse	280
3.423. Gültigkeit der Gleichungen (322) bis (326) und (330) bis (336)	281
3.424. Ermittlung des Kontaktpunktes \mathfrak{Q} zwischen Spurkranz und Schiene	282
3.43. Kinematik des Radsatzes beim Kurvenlauf	284
3.431. Zerlegung der momentanen Radsatzbewegung auf Grund des Laufkreis- kegels und der Gleitpolachse	285
3.432. Zerlegung der momentanen Radsatzbewegung auf Grund des Rollkegels und der u -Achse	286
3.433. Momentane Geschwindigkeit w des sichtbaren Punktes \mathfrak{P} des Lauf- kreises c	288
3.44. Die Reibung zwischen Rad und Schiene	299
3.45. Die auf den Radsatz wirkenden Kräfte	305
3.451. Die Normalkraft \mathfrak{N} im Berührungspunkt \mathfrak{Q} des Rades und ihre Kompo- nenten	306
3.452. Die Reibkraft \mathfrak{R} im Berührungspunkt \mathfrak{Q} des Rades	308
3.453. Die sich im Berührungspunkt \mathfrak{Q} aus \mathfrak{N} und \mathfrak{R} ergebende resultierende Kraft \mathfrak{R}' und ihre Komponenten	308
3.454. Das Gleichgewicht am Radsatz	308
3.455. Die Entgleisungs- und die Schwebegrenze	312
3.456. Der Krümmungswiderstand des Radsatzes	312
3.457. Der Spurkranzverschleiß	313
3.46. Die Kräfte am Gestellrahmen	314
3.461. Der Gleichgewichtszustand des Gestellrahmens	315
3.47. Vereinfachungen	317
3.471. Allgemeines	317
3.472. Die vereinfachten Verfahren	319
3.48. Zur Laufdynamik des Schienenfahrzeugs	353
3.49. Meßmethoden für Fahrversuche zur Nachprüfung der Laufeigenschaften eines Schienenfahrzeugs	356
3.5. Triebwerk	358
3.51. Übersicht	358
3.52. Triebwerke mit zwischengeschalteter Zahnradübersetzung	360
3.521. Einleitung	360
3.522. Ohne Kuppelstangen	381
3.523. Mit Kuppelstangen	470
3.6. Verbindung der Motoren mit dem Rahmen	479
3.7. Die konstruktive Ausbildung selbständig lenkender Achsen	483
3.71. Allgemeines	483
3.72. Einachsige Lenkgestelle	485
3.721. Bissel-Achse	485
3.722. Adams-Achse	486
3.723. Henschel-Achse	487
3.724. Einachsdeichselgestell	488
3.73. Mehrachsige Drehgestelle	500
3.731. Zweiachsige Drehgestelle	500
3.732. Dreiachsige Drehgestelle	578

3.74. Laufwerk der Lenkzüge	592
3.75. Sekundäre Luftfederung	605
3.76. Vereinigung von lenkenden Lauf- und Triebachsen	625
3.77. Dämpfungseinrichtung	629
3.8. Drehzapfen und Druckstützen	637
3.9. Zug- und Stoßorgane	653
3.91. Zughakenkupplung	653
3.92. Puffer	656
3.921. Hochleistungspuffer mit Stahlfedern	657
3.922. Hochleistungspuffer mit Gummifedern	659
3.923. Hochleistungspuffer mit Gummi- und Stahlfedern	660
3.924. Hydraulische Puffer mit Druckluftrückstellung	661
3.93. Mittelpufferkupplung	663
3.94. Kupplung zwischen Drehgestellen	681
3.941. Zur Zugkraftübertragung	681
3.942. Querkupplung	682
4. Rahmen und Kasten	683
5. Massenausgleich	728
6. Die mechanischen Bremsen und deren Zubehör	736
6.1. Allgemeines	736
6.11. Radbremse (Klotzbremse)	745
6.12. Trommel- und Scheibenbremse	789
6.13. Schienenbremse	799
6.131. Durch Druckluft betätigt	800
6.132. Magnetschienenbremse	801
6.2. Druckluftbremse	811
6.21. Druckluftpumpen	811
6.211. Bauformen	811
6.212. Steuerung und Schaltung	821
6.22. Die verschiedenen Bauarten von Druckluftbremsen	823
6.221. Die durchgehende direkt wirkende und nichtselbsttätige Einkammerbremse	823
6.222. Die durchgehende selbsttätige Zweikammerbremse	827
6.223. Die durchgehende indirekt wirkende selbsttätige Einkammerbremse	832
6.223.1. Prinzip der einlösigen Bauart	832
6.223.2. Mehrlösige Bauarten	840
6.223.21. Breda-Bremse	841
6.223.22. Charmilles-Bremse	842
6.223.23. Oerlikon-Bremse	843
6.223.24. Knorr-Bremse KE	852
6.223.25. Dako-Bremse	854
6.223.26. Westinghouse-Bremse ESL	859
6.223.3. Die anderen Bestandteile der indirekt wirkenden selbsttätigen Einkammerbremse	860
6.223.31. Luftpumpe	862
6.223.32. Hauptluftbehälter	862
6.223.33. Nachbremsventil	863
6.223.34. Führerbremsventil	865
6.223.35. Steuerventil	880
6.223.36. Hilfsluftbehälter	880
6.223.37. Bremszylinder	881
6.223.38. Auslöseventil	882
6.223.39. Hauptleitung, Schlauchkupplungen und Kupplungshahnen	883
6.224. Bremsen für schnellfahrende Triebfahrzeuge	884
6.224.1. Knorr-Steuerapparat KEs für Rapidbremse KE-GPR	884

6.224.2. Knorr-Steuerapparat KE-Tm	889
6.224.3. Die zweistufige Schnellzugsbremse von Fasoli	891
6.224.4. Die Charmilles-Bremse als zweistufige Schnellzugsbremse	894
6.224.5. Die Dako-Bremse als zweistufige Schnellzugsbremse	894
6.224.6. Das Steuerventil ESt4d/REL1 der Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon-Bührle AG für die zweistufige Schnellzugsbremse	899
6.224.7. Westinghouse-Steuerventil Bauart U	910
6.224.8. Gleitschutz	915
6.225. Elektromechanische Bremssysteme	923
6.225.1. Elektrisch gesteuerte Druckluftbremse	923
6.225.2. Schleuderbremse	923
6.225.3. Solenoidbremse	958
6.225.4. Vereinigung von mechanischer und elektrischer Bremsung	972
6.3. Luftsaugbremse	983
6.31. Einleitung	983
6.32. Triebfahrzeuge ohne Sonderbremsung	984
6.33. Triebfahrzeuge mit Druckluftbremse und Luftsaugbremsausrüstung für Bremsung des Wagenzuges	995
6.4. Sicherheitsfahrerschaltungen für einmännige Fahrzeugführung	1002
6.41. Unmittelbar wirkende Sicherheitsfahrerschaltungen	1002
6.42. Mit Verzögerung wirkende Sicherheitsfahrerschaltungen	1003
6.421. Verzögerte Wirkung nach einer gewissen Zeit	1005
6.422. Verzögerte Wirkung nach Zurücklegen einer bestimmten Wegstrecke	1008
6.423. Verzögerte Wirkung nach Ablauf einer bestimmten Zeit und einer bestimmten Wegstrecke	1016
6.424. Sicherheitsfahrerschaltung mit zeit- und geschwindigkeitsabhängiger Wirkung	1021
7. Mechanische Zubehörteile	1024
7.1. Sandstreuvorrichtungen	1024
7.2. Spurkranzschmiervorrichtungen	1031
7.3. Signalpfeifen und Makrofone	1040
7.4. Geschwindigkeitsmesser	1042
7.41. Geschwindigkeitsmesser der Hasler AG, Bern	1043
7.42. Geschwindigkeitsmesser WR der Deuta-Werke	1049
7.43. Antriebseinrichtungen für Geschwindigkeitsmesser	1052
7.5. Fensterwischer	1056
7.6. Selbsttätige Türschließe- vorrichtungen	1059
8. Achsdruckberechnung	1066