

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort.....</b>	<b>3</b>
<b>1      Bahnbetrieb .....</b>	<b>11</b>
1.1    Sicherer Bahnbetrieb.....	12
1.2    Allgemeine sicherheitstechnische Anforderungen an die Fahrzeugbremsen....	14
1.3    Sicherer Bahnbetrieb im europäischen Kontext .....	15
<b>2      Architektur der Bremsen .....</b>	<b>20</b>
2.1    Aufgaben.....	20
2.2    Einteilung und Charakterisierung.....	22
2.3    Bremsen für charakterisierte Umweltbedingungen .....	26
<b>3      Technische Mechanik beim Bremsen von Schienenfahrzeugen</b>	<b>30</b>
3.1    Einführung.....	30
3.2    Kräfte und Verzögerungen .....	31
3.2.1   Grundlagen.....	31
3.2.2   Kräfte auf das Schienenfahrzeug beim Bremsen .....	32
3.2.3   Kräfte am gebremsten Rad mit Scheibenbremse .....	33
3.2.4   Kräfte am gebremsten Rad mit Klotzbremse.....	35
3.2.5   Die Fahrzeug- und Zugwiderstandskraft.....	37
3.3    Grundlegende Gleichungen der Fahrdynamik .....	39
3.3.1   Verzögerung und Bremsweg.....	39
3.3.2   Energetische Größen .....	44
3.4    Abschätzungen von Anhaltewegen .....	46
3.4.1   Vorgehensweise.....	46
3.4.2   Berechnungsbeispiel (Einzelwagen).....	47
3.4.3   Anhalteweg eines Zugs.....	48
3.5    Mechanische Prüfstände .....	49
3.5.1   Reibungsprüfstände (Dynamometer).....	49
3.5.2   Rad/Schiene-Prüfstände für Bremsenprüfungen .....	51

<b>3.6</b>	<b>Längsdynamik von Zügen beim Bremsen .....</b>	<b>54</b>
3.6.1	Entstehung der Längsdruckkräfte beim Bremsen.....	55
3.6.2	Betriebliche Aspekte zur Beeinflussung der Längskräfte.....	57
3.6.3	Berechnung der Längskräfte.....	57
<b>3.7</b>	<b>Kontaktmechanik zwischen Rad und Schiene .....</b>	<b>60</b>
3.7.1	Grundlagen.....	60
3.7.2	Kraftschluss Rad/Schiene beim Bremsen.....	62
3.7.3	Kraftschlussausnutzung.....	63
3.7.4	Optimierung des Kraftschlusses.....	64
<b>4</b>	<b>Bremsarbeitssysteme .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1</b>	<b>Klotzbremse .....</b>	<b>67</b>
4.1.1	Allgemeines, Wirkprinzip .....	67
4.1.2	Material, Reibwerte .....	68
4.1.3	Bauformen.....	70
4.1.4	Leistungsgrenzen.....	71
4.1.5	Bremszylinderkonstruktionen .....	72
4.1.6	Bremsgestänge .....	73
4.1.7	Hand- und Feststellbremsen .....	76
4.1.8	Auslegung von Güterwagen .....	79
<b>4.2</b>	<b>Scheibenbremse .....</b>	<b>80</b>
4.2.1	Allgemeines, Wirkprinzip .....	80
4.2.2	Material, Reibwerte .....	81
4.2.3	Bauformen.....	82
4.2.4	Leistungsgrenzen.....	86
4.2.5	Hand- und Feststellbremsen .....	88
4.2.6	Bremszylinder- und Bremsgestängekonstruktionen.....	88
4.2.7	Hydraulische Bremsaktuatoren .....	90
4.2.8	Elektromechanische Bremsaktuatoren .....	90
4.2.9	Bauausführungen .....	91
<b>4.3</b>	<b>Elektrodynamische Bremse (E-Bremse) .....</b>	<b>92</b>
4.3.1	Allgemeines, Wirkprinzip .....	92
4.3.2	Kollektormotoren .....	94
4.3.3	Drehstrom-Asynchronmotor.....	96
4.3.4	Permanenterregter Synchronmotor .....	99
4.3.5	Dieselelektrische Fahrzeuge.....	100

<b>4.4</b>	<b>Hydrodynamische Bremse (H-Bremse)</b>	<b>101</b>
4.4.1	Allgemeines, Wirkprinzip	101
4.4.2	Kennlinien	102
4.4.3	Ausführungsformen	103
<b>4.5</b>	<b>Magnetschienenbremse (Mg-Bremse)</b>	<b>104</b>
4.5.1	Allgemeines, Wirkprinzip	104
4.5.2	Material, Kenngrößen	107
4.5.3	Konstruktive Auslegung	110
<b>4.6</b>	<b>Wirbelstrombremse</b>	<b>110</b>
4.6.1	Allgemeines	110
4.6.2	Lineare Wirbelstrombremse (LWB)	110
4.6.3	Rotierende Wirbelstrombremse (RWB)	114
<b>4.7</b>	<b>Aerodynamische Bremse</b>	<b>115</b>
<b>5</b>	<b>Bremssteuerungen/-regelungen</b>	<b>118</b>
<b>5.1</b>	<b>Hauptfunktionen von Bremssteuerungen/-regelungen</b>	<b>118</b>
5.1.1	Informationserzeugung (Erfassung der Bremskraftanforderungen)	118
5.1.2	Informationsübertragung (Bremsbefehlsübertragung)	119
5.1.3	Informationsverarbeitung/-umsetzung (lokale Bremskrafterzeugung)	121
<b>5.2</b>	<b>Pneumatische Steuerungen</b>	<b>121</b>
5.2.1	Wirkprinzipien	121
5.2.2	HLL-gesteuerte selbsttätige indirekte Druckluftbremse	122
5.2.3	HLL-gesteuerte Saugluftbremse (Vakuumbremse)	123
5.2.4	Direkte nicht selbsttätige Druckluftbremse	124
5.2.5	Direkte nicht selbsttätige Druckluftzusatzbremse	124
<b>5.3</b>	<b>Ansteuerung von Feststellbremsen</b>	<b>125</b>
5.3.1	Ausführungen	125
5.3.2	Bedienbare Federspeicherbremsen	126
5.3.3	Nicht bedienbare Federspeicherbremsen	128
<b>5.4</b>	<b>Elektropneumatische Bremssteuerungen</b>	<b>128</b>
5.4.1	Direkte elektrisch-pneumatische Bremse	128
5.4.2	Elektronisch gesteuertes pneumatisches Güterzugbremssystem (ECP-System)	130
5.4.3	Indirekte elektropneumatische Bremse für HLL-gesteuerte Fahrzeuge im UIC-Bereich	131

<b>5.5</b>	<b>Fahrgastalarmsystem und Überbrückung von Zwangsbremungen des Fahrgastalarmsystems .....</b>	<b>132</b>
<b>5.6</b>	<b>Ansteuerung und Überwachung von Magnetschienenbremsen .....</b>	<b>134</b>
5.6.1	Ansteuerung von Magnetschienenbremsen.....	134
5.6.2	Überwachung von Magnetschienenbremsen .....	136
<b>5.7</b>	<b>Ansteuerung und Überwachung von Wirbelstrombremsen.....</b>	<b>136</b>
5.7.1	Ansteuerung von Wirbelstrombremsen .....	136
5.7.2	Überwachung von Wirbelstrombremsen .....	140
<b>5.8</b>	<b>Steuerventile .....</b>	<b>141</b>
5.8.1	Wirkprinzipien .....	141
5.8.2	Funktionsweise einlösiger Steuerventile.....	142
5.8.3	Funktionsweise mehrlösiger Steuerventile .....	143
5.8.4	Vereinfachte Steuerventile .....	145
5.8.5	Umschaltung Bremsstellung G/P .....	145
<b>5.9</b>	<b>Relaisventile.....</b>	<b>146</b>
<b>5.10</b>	<b>Lastabbremung.....</b>	<b>147</b>
<b>5.11</b>	<b>Betätigungseinrichtungen .....</b>	<b>150</b>
5.11.1	Bedienphilosophien für Sollwertsteller .....	150
5.11.2	Führerbremsventil (FbrV) .....	151
5.11.3	Fahr-/Bremshebel .....	157
5.11.4	Bremshebel für direkte Zusatzbremse .....	158
5.11.5	Notschlagaster .....	158
<b>5.12</b>	<b>Gleitschutz .....</b>	<b>158</b>
5.12.1	Grundaufbau und -funktionen der Regelung .....	158
5.12.2	Regelungsprinzipien.....	159
5.12.3	Zusammenspiel von Gleitschutzeinrichtungen der Reibungs- und der dynamischen Bremse .....	161
5.12.4	Rollüberwachung.....	161
<b>5.13</b>	<b>Rahmenbedingungen für die Bremskraftaufteilung und Blending-Verfahren .....</b>	<b>161</b>
<b>5.14</b>	<b>Zusammenspiel der Leittechnik mit den Bremssteuerungen.....</b>	<b>162</b>
5.14.1	Strukturen von Bussystemen und Steuerleitungen .....	162
5.14.2	Blending-Verfahren .....	163
5.14.3	Bremskraftaufteilung .....	165
5.14.4	Hierarchien des Bremskraftmanagements.....	166
5.14.5	Zentrale zugverbandsweite Bremsmanagementfunktionen (Ebene 1) .....	167
5.14.6	Dezentrale Bremsmanagementfunktionen (Ebene 2) .....	168

5.14.7	Lokale Bremsfunktionen zur Ansteuerung/Regelung der Aktuatoren (Ebene 3).....	168
5.14.8	Zugverbandsweite und zugteilseparate Bremskraftaufteilung .....	168
5.14.9	Lokale fahrzeugweise Berechnung der Bremssollwerte .....	170
5.14.10	Typische Steuergeräte im Zusammenhang mit Bremsfunktionen .....	171

## **6 Auslegung der Bremse..... 174**

<b>6.1</b>	<b>Rechnerische Nachweisführung für das Bremsvermögen (Bremsberechnung) .....</b>	<b>174</b>
6.1.1	Zweck der Bremsberechnung .....	174
6.1.2	Anforderungen an das Bremsvermögen .....	175
6.1.3	Relevante Fahrzeugmassen .....	177
6.1.4	Momentane und mittlere Bremskräfte .....	179
6.1.5	Stoppbremsungen .....	184
6.1.6	Berechnung des Bremsgewichts.....	188
6.1.7	Rechnerische Nachweisführung der Stillstandssicherung .....	190
6.1.8	Beispiel: Güterwagen nach TSI WAG .....	192
6.1.9	Beispiel: Triebzug nach TSI LOC&PAS .....	196
<b>6.2</b>	<b>Rechnerischer Nachweis der thermischen Belastbarkeit (thermische Berechnung) .....</b>	<b>210</b>
6.2.1	Grundlagen für den Nachweis.....	210
6.2.2	Lastfälle für den thermischen Nachweis .....	212
<b>6.3</b>	<b>Luftbedarfsberechnung .....</b>	<b>215</b>
6.3.1	Zweck der Luftbedarfsberechnung.....	215
6.3.2	Physikalische Grundlagen .....	216
6.3.3	Überprüfung der Größe eines Bremsluftvorratsbehälters .....	216
<b>6.4</b>	<b>Festigkeitsnachweis der Bremsbauteile.....</b>	<b>218</b>
6.4.1	Grundlagen.....	218
6.4.2	Statischer Festigkeitsnachweis .....	219
6.4.3	Betriebsfestigkeitsnachweis .....	221

## **7 Bremsbewertung und bremstechnische Prüfung..... 225**

<b>7.1</b>	<b>Anhaltewege .....</b>	<b>225</b>
7.1.1	Grundlagen.....	225
7.1.2	Normierung der Randbedingungen .....	225
7.1.3	Versuchstechnische Ermittlung .....	226
7.1.4	Korrekturrechnungen .....	228
7.1.5	Praktische Beispiele.....	229

<b>7.2</b>	<b>Bremsgewichte und Brems Hundertstel .....</b>	<b>234</b>
7.2.1	Definition.....	234
7.2.2	Ermittlung von Bremsgewicht und Brems Hundertstel aus dem Anhalteweg.....	235
7.2.3	Berechnung .....	238
<b>7.3</b>	<b>Verzögerungsprofile.....</b>	<b>238</b>
7.3.1	Definition.....	238
7.3.2	Bestimmung der Verzögerungsprofile im Versuch.....	239
7.3.3	Sichere Schnellbremsverzögerung aus dem Versuchsbeispiel .....	241
7.3.4	Berücksichtigung verschlechterter Bedingungen auf das Bremsvermögen .....	241
<b>7.4</b>	<b>Gleitschutzversuche .....</b>	<b>242</b>
7.4.1	Gleitschutzversuche bei niedrigem Kraftschluss .....	242
7.4.2	Weitere Gleitschutzversuche .....	245
<b>7.5</b>	<b>Statische Bremsprüfungen.....</b>	<b>247</b>
<b>8</b>	<b>Bremsbetrieb .....</b>	<b>249</b>
<b>8.1</b>	<b>Bremsbetrieb auf Strecken mit ortsfester Signalisierung.....</b>	<b>249</b>
8.1.1	Zugbildungsregeln .....	250
8.1.2	Streckenbremstafeln .....	252
8.1.3	Zugfahrten unter linienförmiger Zugbeeinflussung (LZB) .....	263
<b>8.2</b>	<b>Bremsbetrieb auf ETCS-Strecken.....</b>	<b>266</b>
8.2.1	ETCS-Einführung .....	266
8.2.2	Die ETCS-Bremskurven .....	268
8.2.3	Modellierung des Bremsverhaltens in ETCS .....	273
8.2.4	Sichere ETCS-Schnellbremsverzögerung .....	276
<b>8.3</b>	<b>Bremsbetrieb mit ATO .....</b>	<b>284</b>
8.3.1	ATO-Architektur .....	286
8.3.2	Definitionen Schnittstelle Fahrzeug/ATO-Fahrzeuggerät .....	290
8.3.3	ATO-Fahrzeuggerät als Regler .....	292
8.3.4	Zielgenaues Bremsen .....	295
8.3.5	Bremsen bei vermindertem Rad/Schiene-Kraftschluss .....	296
<b>9</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>301</b>
<b>A1</b>	<b>Anlage zu Bremsanschriften .....</b>	<b>304</b>

Herausgeber und Autorenteam .....	308
Abkürzungsverzeichnis .....	310
Stichwortverzeichnis .....	315
Inserentenverzeichnis .....	320