

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Der moderne Bahnbetrieb und seine automatische Steuerung	1
1.2 Typen spurgebundener Transportsysteme	3
1.3 Ziele fahrdynamischer und betrieblicher Untersuchungen	4
1.4 Übersicht der behandelten Themen	5
2 Beschreibung der Fahrzeugdynamik	7
2.1 Die Differentialgleichung der Fahrzeuggbewegung	7
2.2 Fahrwiderstände	8
2.3 Antriebskraft und Beschleunigung	9
2.4 Beschleunigungszeiten und -wege	11
2.4.1 Lösung der Bewegungs-Differentialgleichung	11
2.4.2 Die Bewegungsgleichungen bei konstanter Beschleunigung	12
2.4.3 Beschleunigungsvorgang bei konstanter Leistung und Vernachlässigung des Fahrwiderstands	13
2.4.4 Berechnungsbeispiel	14
2.5 Bremskraft und Bremsverzögerung	16
2.6 Bremszeiten und -wege	18
2.6.1 Lösung der Bewegungs-Differentialgleichung	18
2.6.2 Die Bewegungsgleichungen bei konstanter Bremsverzögerung	19
2.6.3 Bremsvorgang bei konstanter Leistung und Vernachlässigung des Fahrwiderstands	20
2.6.4 Berechnungsbeispiel	20
2.7 Bewegungsgleichungen für den Ausrollvorgang	21
2.8 Energieverbrauch	23
2.8.1 Beschleunigungsvorgang	23
2.8.2 Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit	24
2.8.3 Bremsvorgang	25

3 Planmäßiger Fahrverlauf	26
3.1 Fahrdiagramme	26
3.2 Fahrzeit zwischen zwei Stationen	28
3.3 Einfluß von Ruckbegrenzungen	29
3.4 Berechnung von Betriebskenngrößen	32
3.4.1 Transportgeschwindigkeit	32
3.4.2 Energieverbrauch	33
3.4.3 Einfluß der Betriebsgeschwindigkeit	35
3.5 Geschwindigkeitsreserve und Aufholen von Verspätungen	37
3.6 Zugfolge	38
3.6.1 Weg-Zeit-Diagramm	38
3.6.2 Zugfolgezeit und Pufferzeit	38
4 Abstandssicherung und Mindestzugfolgezeit	41
4.1 Ideale Abstandssicherung	43
4.2 Blocksicherung	44
4.3 Sicherung auf quantisierten Bremswegabsstand	46
4.4 Vergleich der Mindestzugfolgezeiten bei verschiedenen Abstandssicherungssystemen	48
4.5 Abstandssicherung bei Magnetbahnen	49
5 Fahrplan und Verspätungen	52
5.1 Fahrplantypen	53
5.2 Primär- und Folgeverspätungen	55
5.2.1 Taktfahrplan	56
5.2.2 Unterschiedliche Zugfolgezeiten	57
5.3 Erwartete Gesamtverspätung	59
5.3.1 Wahrscheinlichkeitsverteilung der Primär-verspätung und der Pufferzeit	59
5.3.2 Erwartungswert der Verspätung	61
5.3.3 Berücksichtigung der Störungshäufigkeit	63

6	Ansätze zur optimalen Steuerung des Betriebs	65
6.1	Optimierungsaufgaben	65
6.2	Zeitoptimale Fahrweise	68
6.3	Energieoptimale Fahrweise	71
6.3.1	Sollfahrzeit	71
6.3.2	Allgemeiner Optimierungsansatz	74
6.3.3	Optimale Steuerfunktion	77
6.3.4	Näherungsweise Berechnung einer optimalen Trajektorie	80
6.3.5	Optimale Trajektorien und Energieverbrauch bei einer Hochleistungsschnellbahn	83
6.4	"Zustandsoptimale" Fahrweise	86
6.4.1	Betriebliche Gesichtspunkte	86
6.4.2	Geeignete Trajektorien	87
6.4.3	Sollfahrzeit und Zielgeschwindigkeit	92
6.4.4	Anpassung an geänderte Fahrzeitvorgaben	96
6.4.5	Simulationsbeispiel	97
6.5	Minimierung der Summenverspätung bei Störungen	99
7	Ziele, Aufgaben und Gliederung der Leittechnik bei spurgebundenen Transportsystemen	104
7.1	Grundlagen	104
7.2	Grundkonfiguration und Aufgabenschwerpunkte	106
7.3	Gliederung in Teilaufgaben	110
7.4	Räumlich-technische Gliederung	113
7.4.1	Konventionelle Fernbahnen	113
7.4.2	U-Bahnen und Stadtschnellbahnen	116
7.4.3	Kabinenbahnen	118
7.4.4	Magnetschnellbahnen	121
7.4.5	Fahrerlose Transportsysteme in der automatisierten Fertigung	125

8 Gesichtspunkte der Automatisierung	127
8.1 Möglichkeiten und Grenzen der Automatisierung	127
8.2 Automatisierungsstufen	129
8.2.1 Dezentrale Aufgaben	129
8.2.2 Zentrale Aufgaben	131
8.2.3 Folgerungen	132
8.3 Automatisierung bei neuen Transportsystemen	133
9 Systematischer Entwurf von automatisierten Leitsystemen	136
9.1 Überblick	136
9.2 Bedeutung und Nutzen der Fahrdynamik und Simulationstechnik	137
9.3 Symbolische Darstellung der betrieblichen Anforderungen	139
9.4 Prinzipien des Systemarchitektur	143
9.5 Informationsfluß	144
9.5.1 Funktionell orientierte Darstellung	144
9.5.2 Gerätetechnisch orientierte Darstellung	147
10 Eigenschaften ausgewählter Komponenten	151
10.1 Fahrzeugortung	151
10.1.1 Erfassung der Fahrzeugposition	151
10.1.2 Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit	155
10.2 Datenübertragung zwischen fahrzeugseitigen und fahrwegseitigen Einrichtungen	165
10.3 Rechnersysteme mit Sicherheitsverantwortung	167
Literaturverzeichnis	171
Sachverzeichnis	184