

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 Fahrzeugbewegung | 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 Bremswegabstand | 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 automa- tisierten 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 der 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 |