

Bahnsicherungs- technik

Steuern, Sichern und Überwachen von
Fahrwegen und Fahrgeschwindigkeiten
im Schienenverkehr

Von

Wolfgang Fenner
Peter Naumann
Jochen Trinckauf

Publicis Corporate Publishing

Inhaltsverzeichnis

1 Die Sicherungstechnik im Transportprozess	13
1.1 Grundlegende Systembetrachtung	13
1.1.1 Verkehrssystem	13
1.1.2 Transportprozess als Regelkreis	15
1.1.3 Spezifik der Bahnsysteme	18
1.2 Bahnsicherungstechnik	19
1.2.1 Begriff	19
1.2.2 Funktionale Struktur	20
1.2.3 Fahrzeugbezogene Komponenten	22
1.2.4 Sicherheitsstrategie unter gesetzlichen Rahmenbedingungen	23
1.3 Sicherungstechnik anderer Verkehrssysteme	23
1.3.1 Straßenverkehrssystem	23
1.3.2 Luftverkehrssysteme	24
1.3.3 Schiffsverkehr	24
1.4 Weiterführende Überlegungen	24
2 Sicherungstechnische Systemkomponenten	26
2.1 Anwendungsunabhängige Elemente	27
2.1.1 Elektromechanische Elemente	27
2.1.1.1 Spezifika, Arten und Klassifizierung der Signalrelais	27
2.1.1.2 Motorrelais	35
2.1.1.3 Blockfelder und Blockrelais	36
2.1.1.4 Schaltungsdarstellung	41
2.1.2 Elektronische Elemente	43
2.2 Geber im Fahrweg (Gleisschaltmittel)	45
2.2.1 Auf Räder reagierende Geber (Radsensoren bzw. Schienenkontakte)	45
2.2.2 Auf Fahrzeuge reagierende Geber (Fahrzeugsensoren)	53
2.2.2.1 Gleisstromkreise (Wirkprinzip)	53
2.2.2.2 Fahrzeugsensoren	55
2.2.3 Isolierte Schiene	58
2.3 Antennen im Fahrweg	61
2.3.1 Antennen zur diskreten Informationsübertragung	62
2.3.2 Antennen zur kontinuierlichen Informationsübertragung	64

2.4 Anlagen zum Freiprüfen des Fahrwegs	66
2.4.1 Technische Zugschlussmelder	66
2.4.2 Gleisstromkreis	67
2.4.2.1 Elektrische Eigenschaften der Gleisstromkreise	67
2.4.2.2 Beeinflussungsschutz für Gleisstromkreise	68
2.4.2.3 Ein- und zweischienig isolierte Gleisstromkreise	70
2.4.2.4 Gleisstromkreise mit Isolierstößen	72
2.4.2.5 Gleisstromkreise ohne Isolierstöße	74
2.4.2.6 Gleisstromkreise mit elektrischen Trennstößen	75
2.4.3 Achszähler	77
2.4.3.1 Wirkungsprinzip	77
2.4.3.2 Forderungen an Achszähler	78
2.4.3.3 Gestaltung der Zählpunkte	79
2.4.3.4 Zähl- und Vergleichsgerät	80
2.4.3.5 Achszähler-Grundstellung	80
2.4.3.6 Fehlertolerante Achszähler	81
2.4.4 Moderne Verfahren zur Frei-/Besetzmeldung	82
2.5 Weichen, Gleissperren und Flachkreuzungen	84
2.5.1 Allgemeines zu Weichen, beweglichen Herzstückspitzen und Gleissperren	84
2.5.2 Weichenantriebe	89
2.5.3 Endlagenüberwachung	93
2.5.4 System WEICHE und die Weichenschaltung	95
2.5.5 Weichenverschlüsse	102
2.5.6 Handverschlüsse	109
2.6 Lichtsignale	110
2.6.1 Allgemeines zu Lichtsignalen	111
2.6.2 Lichtpunkte und ihre Überwachung	114
2.6.3 Lichtsignalsysteme	124
2.7 Stromversorgungsanlagen	132
 3 Zuverlässigkeit und Systemsicherheit	 138
3.1 Sicherheit gestalten und erhalten – Grundsätzliches	138
3.2 Begriffe und Definitionen	140
3.2.1 Fehler und Ausfälle	140
3.2.2 Sicherheit	143
3.2.3 RAMS	144
3.2.4 Fail-Safe und sichere Zustände	146
3.3 Sicherheitsanforderungen	148
3.3.1 Risiko- und Gefährdungsanalyse	148

3.3.2 Sicherheitsanforderungsspezifikation	149
3.3.3 Verfahren zur Bestimmung der Sicherheitsanforderungen	151
3.4 Systematische Sicherheit	153
3.5 Funktionale Sicherheit	155
3.6 Ausfallsicherheit	156
3.6.1 Ausfallausschluss	156
3.6.2 Ausfallfolgenausschluss	157
3.6.3 Umgebungsbedingungen	162
3.7 Systemgestaltung in der Relaistechnik	164
3.7.1 Bauelementeeigenschaften	164
3.7.2 Systemgestaltung	165
3.8 Systemgestaltung in der Mikroelektronik	167
3.8.1 Bauelementeeigenschaften	167
3.8.2 Grundsätzliches zur Systemgestaltung	168
3.8.3 Fail-Safe-Bausteine	172
3.8.4 Sichere Rechnerkerne	173
3.8.4.1 Hardware-redundante Mikrorechnersysteme	173
3.8.4.2 Software-redundante Mikrorechnersysteme	175
3.8.4.3 Sicherheitsabschaltung	176
3.8.4.4 Datenein- und -ausgabe	177
3.8.5 Softwareentwurf	178
3.9 Übertragung sicherheitsrelevanter Informationen	179
3.9.1 Sicherheitsrelevante Eigenschaften des Übertragungskanals	179
3.9.2 Grundsätzliche Methoden der Informationssicherung	180
3.9.3 Codesicherungsverfahren gegen Einzel-Bit-Fehler	182
3.9.4 Codesicherungsverfahren gegen Bündel-Bit-Fehler	182
3.9.5 Kryptographische Verfahren	183
3.9.6 Fehlerkorrektur	186
3.10 Sicherheitsnachweis und Sicherheitszulassung	187
3.10.1 Sicherheitsnachweis-Verfahren nach EN	188
3.10.2 Sicherheitszulassung und -anerkennung	190
3.10.3 Sicherheitsnachweis und -zulassung nach Mü 8004	191
4 Grundlagen der Fahrwegsicherung	192
4.1 Anliegen der Fahrwegsicherung	192
4.1.1 Grundprinzip der Fahrwegsicherung	192
4.1.2 Gefahrenquellen und ihr Verhindern	193
4.1.3 Möglichkeiten der Fahrwegsicherung	198
4.1.4 Hinweise zu den „Reserve-Gleislängen“ am Ende der Fahrwege ..	202

4.2 Fahrwegsicherung durch Blockinformationen	203
4.2.1 Fahrweg und Blockinformation	203
4.2.2 Folgefahrerschutz	204
4.2.2.1 Bekannte Verfahren	204
4.2.2.2 Fahren im Raumabstand	206
4.2.3 Gegenfahrerschutz	209
4.2.3.1 Bekannte Verfahren	209
4.2.3.2 Erlaubnisverfahren	212
4.2.4 Anwenden der Blockinformationen	214
4.2.5 Freiprüfen des Fahrwegs	217
4.2.6 Verschließen der Signale	219
4.2.7 Streckenblockbedingungen	222
4.2.8 Streckenblocksperrern	227
4.3 Fahrwegsicherung durch Fahrstraßen	230
4.3.1 Fahrweg und Fahrstraße sowie Fahrstraßenarten	230
4.3.2 Gestaltungsvarianten der Fahrstraßenlogik und ihr Einfluss auf die gerätetechnische Ausführung der Stellwerke	232
4.3.3 Bedingungen für das Bilden einer Fahrstraße	239
4.3.4 Schritte der Fahrwegsicherung	239
4.3.4.1 Einstellen einer Fahrstraße	242
4.3.4.2 Verschließen einer Fahrstraße	244
4.3.4.3 Festlegen einer Fahrstraße	246
4.3.4.4 Freiprüfen des Fahrwegs	249
4.3.4.5 Fahrtstellen des Signals	251
4.3.4.6 Auflösen einer Fahrstraße	252
4.3.4.7 Zusammenfassende Darstellung der Schrittfolge	256
4.3.5 Spezielle Probleme	257
4.3.5.1 Stellen und Sichern von Verzweigungen	257
4.3.5.2 Mittelweichen	262
4.3.5.3 Nichtgrenzzeichenfreie Isolierung (Freimeldung)	263
4.3.5.4 Flankenschutz und Streckenschutz	264
4.3.5.5 Sichern des Durchrutschweges	267
4.3.5.6 Folgefahrerschutz	268
4.3.5.7 Gegenfahrerschutz	270
4.3.5.8 Bahnhofsbloksperren	271
5 Anlagen für die Fahrwegsicherung (Lösungsbeispiele)	273
5.1 Anlagen für die Fahrwegsicherung in Bahnhöfen (Stellwerksanlagen)	273
5.1.1 Abgrenzung und Vereinbarungen	273
5.1.2 Einige Hinweise zur Begriffswelt der Stellwerke	274
5.1.3 Bedienerbereiche	275

5.1.4 Relaisstellwerke	276
5.1.4.1 Charakteristika und Fahrstraßenlogik	276
5.1.4.2 Relaisstellwerke nach dem tabellarischen Prinzip (Fahrstraßenstellwerke)	278
5.1.4.3 Relaisstellwerke nach dem geographischen Prinzip (Spurplanstellwerke)	287
5.1.5 Mechanische Stellwerke	295
5.1.5.1 Technische Gestaltung und Fahrstraßenlogik	295
5.1.5.2 Zusammenwirken mehrerer Stellwerke	306
5.1.6 Elektromechanische Stellwerke	312
5.1.6.1 Technische Gestaltung und Fahrstraßenlogik	312
5.1.6.2 Grundschtaltung und das Zusammenwirken mehrerer Stellwerke	321
5.2 Anlagen für die Fahrwegsicherung auf Strecken (Streckenblockanlagen)	326
5.2.1 Streckenblockanlagen mit Fahrwegsicherung durch Blockinformationen	326
5.2.1.1 Halb- und nichtautomatische Streckenblockanlagen	327
5.2.1.2 Automatische Streckenblockanlagen	333
5.2.2 Streckenblockanlagen mit Fahrwegsicherung durch Fahrstraßen ..	343
5.2.2.1 Gedankliche Grundlage	343
5.2.2.2 Zentralblock, LZB-Block und Hochleistungsblock der Deutschen Bahn AG	345
5.3 Elektronische Stellwerke	354
5.3.1 Charakteristika und Fahrstraßenlogik	354
5.3.2 Bedienplätze	359
5.3.3 Systemgestaltung einiger elektronischer Stellwerke	362
6 Das Sichern von Bahnübergängen	380
6.1 Grundsätzliches zu Bahnübergängen	382
6.1.1 Wesentliche Forderungen	382
6.1.2 Möglichkeiten der Bahnübergangssicherung	385
6.1.3 Wesentliche Strecken und Zeiten	387
6.1.4 Steuerungsmöglichkeiten	390
6.2 Zuggesteuerte Bahnübergangssicherungsanlagen	391
6.2.1 Schaltstellen und Funktionsprinzipien	391
6.2.2 Gestaltungsmöglichkeiten der Informationsverarbeitungslogik ...	396
6.2.3 Deckung und Überwachung	398
6.3 Einige moderne Bahnübergangssicherungsanlagen der Deutschen Bahn AG	405
6.4 BÜSTRA-Anlagen der Deutschen Bahn AG	416

7 Zugbeeinflussung und -sicherung	420
7.1 Grundsätzliche Aufgaben und Verfahren	420
7.1.1 Grundsätzliche Aufgaben	420
7.1.2 Grundsätzliche Verfahren	422
7.2 Informationsübertragungsverfahren	423
7.2.1 Diskrete Übertragungsverfahren	423
7.2.2 Kontinuierliche Übertragungsverfahren	423
7.3 Ortung von Fahrzeugen	424
7.4 Punktförmige Zugbeeinflussung	425
7.4.1 Anforderungen	425
7.4.2 Drei-Frequenz-Bauart	426
7.4.3 Punktförmige hochfrequente Datenübertragungssysteme	430
7.5 Linienförmige Zugbeeinflussung	432
7.5.1 Anforderungen	432
7.5.2 Führerraumsignalisierung	432
7.5.3 Grundsätzliche Systemgestaltung	433
7.5.4 Dezentrale LZB-Systeme	434
7.5.5 Zentrale LZB-Systeme	436
7.6 Vereinheitlichung der Zugbeeinflussungssysteme	439
8 Betriebsverfahren	442
8.1 Charakteristika der Betriebsführung bei Bahnen	442
8.1.1 Notwendigkeit der Betriebsführung	442
8.1.2 Betriebliche Steuerungsaufgabe	442
8.2 Dezentrale Betriebsführung	444
8.2.1 Betriebsführung durch organisatorische Verfahren	444
8.2.2 Betriebsführung durch Meldeverfahren	444
8.2.3 Betriebsführung mit Stellwerken	445
8.3 Zentrale Betriebsführung	446
8.3.1 Konzept und technische Voraussetzungen	446
8.3.2 Logistische Komponenten	448
8.3.3 Zugleitbetrieb	451
8.4 Moderne Betriebsverfahren in Entwicklung und Anwendung	452
8.4.1 Funkfahrbetrieb	452
8.4.2 Automatisches fahrerloses Fahren	453
Literaturverzeichnis	458
Stichwortverzeichnis	464