
Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis.....	7
Abbildungsverzeichnis.....	11
Tabellenverzeichnis.....	14
Abkürzungen	16
Kurzfassung	19
Abstract	20
1 Einleitung	21
1.1 Einführung.....	21
1.2 Aufbau des Berichtes	23
2 Aktueller Stand der Entwicklung	25
2.1 Mittelpufferkupplungssysteme.....	25
2.1.1 Kupplungssysteme bei der Eisenbahn.....	25
2.1.2 Begriffe und Abgrenzungen	25
2.1.3 MPK-Systeme, Anwendungsbeispiele und Migrationserfahrungen	28
2.1.4 Fazit Kupplungssysteme	36
2.2 Technologien zur Datenübertragung im Zugverband.....	37
2.2.1 Datenübertragungsmedien.....	38
2.2.2 Bestehende Systeme und Forschungsansätze.....	43
2.2.3 Feldbusse und Netzwerke in weiteren Einsatzfeldern	49
2.3 Wirtschaftliche Bewertung von Mittelpufferkupplungssystemen	49
2.3.1 Ausgangssituation und Zielsetzung	49
2.3.2 Bewertungsverfahren	50
2.3.3 Bisherige Bewertungen von MPK-Systemen	51
2.4 Zusammenfassung des Entwicklungsstandes	54
3 Anforderungen an eine Mittelpufferkupplung	56
3.1 Grundlegende Annahmen	56
3.2 Kupplungsaufbau	56
3.2.1 Mechanischer Aufbau	56
3.2.2 Leitungskupplungen	58
3.2.3 Energieversorgung	59
3.2.4 Serviceschnittstelle	61

3.3 Kommunikation im Zugverband.....	61
3.3.1 Netzwerkaufbau	61
3.3.2 Kommunikationstechnologie	62
3.3.3 Adressierung	65
3.4 Sicherheit	66
3.4.1 Funktionale und technische Sicherheit (Safety)	66
3.4.2 Informationssicherheit (Security)	67
3.5 Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit.....	69
3.6 Anwendungsfälle	70
3.6.1 Zugtaufe	70
3.6.2 Zuginterne Zugintegritätsprüfung (Mindestspezifikation)	76
3.6.3 Brems- und Lösevorgang der ep-Bremse	78
3.6.4 Automatische Bremsprobe	79
3.6.5 Fahrwerküberwachung	83
4 Grundlagen für einen Sicherheitsnachweis	86
4.1 Risikobewertungsverfahren nach CSM-RA.....	86
4.2 Ermittlung der sicherheitsrelevanten Funktionen	86
4.3 Überprüfung auf signifikante Änderung	90
4.4 Systemdefinition	93
4.4.1 Vorgehen	93
4.4.2 Überblick Gesamtsystem	94
4.4.3 Automatisches Bereitstellen der Fahrzeuglänge	98
4.4.4 Zuginterne Zugintegritätsüberwachung	99
4.4.5 Ersetzen der Gleisfreimeldeanlage	102
4.5 Vereinfachte Risikoanalyse	104
4.5.1 Vorgehen	104
4.5.2 Gefährdungsidentifikation.....	106
4.5.3 Gefährdungseinstufung	110
4.5.4 Explizite Risikoabschätzung gemäß SIRF	117
4.5.5 Vergleich mit Referenzsystem.....	122
4.6 Berücksichtigung von Mischbetrieb	128
4.7 Zwischenfazit Grundlagen für Sicherheitsnachweis	129
5 Nutzwertanalyse	132
5.1 Nutzwerte der MPK+	132
5.2 Nutzwertanalyse	132
5.2.1 Einordnung der Nutzwertanalyse in die Methodenlandschaft	132

5.2.2	Aufbau der Nutzwertanalyse	134
5.2.3	Betrachtete Varianten in der Nutzwertanalyse	135
5.3	Nutzwerte aus verschiedenen Perspektiven	136
5.3.1	Kriterien aus Perspektive der EIU	136
5.3.2	Kriterien aus Perspektive der EVU	140
5.4	Berechnung und Ergebnis der Nutzwertanalyse	144
6	Kosten-Nutzen-Analyse	150
6.1	Überblick über das Verfahren	150
6.1.1	Einführung in das Verfahren	150
6.1.2	Vor- und Nachteile des Verfahrens	151
6.1.3	Begründung des Verfahrens	151
6.1.4	Methodik: Mit-/Ohnefall-Prinzip	152
6.2	Verfahrensablauf der Kosten-Nutzen-Analyse	153
6.2.1	Ablaufschema	153
6.2.2	Ermittlung der Teilindikatoren	154
6.3	Migrationsszenarien	158
6.4	Integration eines Mengengerüsts	161
6.4.1	Investitionen Kupplungen	161
6.4.2	Investitionen Infrastruktur	164
6.4.3	Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit im Güterverkehr	165
6.4.4	Personalkosten	168
6.4.5	Unfallschäden	169
6.4.6	Abgasemissionen und Energieverbrauch	169
6.5	Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse	170
6.6	Zusatznutzen	171
6.6.1	Nicht in der Bewertung erfasste Nutzwerte	171
6.6.2	Entgleisungsdetektion	171
6.6.3	Intelligente Fahrwerksüberwachung	171
6.6.4	Schallemissionen	172
6.6.5	Ladungsverfolgung	172
6.6.6	Geringerer Verschleiß bei Radsätzen und Schienen	172
6.6.7	Zusatznutzen Fazit	173
6.7	Sensitivitätsbetrachtung	173
6.7.1	Transportleistungserhöhung	173
6.7.2	Personalkosten	174
6.7.3	Investitions- und Umrüstungskosten der MPK+	175

6.7.4	Infrastrukturkosten.....	176
6.7.5	Fazit Sensitivitätsbetrachtung	177
7	Zusammenfassung und Fazit	179
8	Literaturverzeichnis.....	181
	Anhang A – Abbildungen	192
	Anhang B – Arbeitsblatt TeSiP (Vorschlag).....	194
	Anhang C – Arbeitsblatt Systemgefährdungen (Vorschlag).....	196
	Anhang D – Berechnungen	198
	Anhang E – MPK+ Kurzbeschreibung	201
	Anhang F – Formblätter	204