

Gemeinsamer Schlussbericht

Rang-E – Autonomes Rangieren auf der Hafenbahn

Inhaltliche Darstellung

Zuwendungsempfänger: ISL Bremen, BIBA Bremen, IVE Braunschweig,

Förderkennzeichen: FKZ 19H17013A (ISL)
FKZ 19H17013B (BIBA)
FKZ 19H17013C (IVE)

Autoren:

- Dr. Thomas Landwehr (ISL)
- Ralf Michael Knischka (ISL)
- Matthias Dreyer (ISL)
- Patrick Specht (ISL)
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer (IVE)
- Christina Jakob (IVE)
- Katharina Lisetska (IVE)
- Florian Beland (IVE)
- Jan Peter Heemsoth (IVE)
- Benjamin Knoke (BIBA)

Bremen/ Braunschweig, den 15.01.2020

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Konsortialführer

ISL - Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik

Universitätsallee 11-13
28359 Bremen

Telefon: +49 (0)421 220 96 - 0
Telefax: +49 (0)421 220 96 - 55
www.isl.org

Projektleiter Dr. Thomas Landwehr

Projektpartner

BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH

Hochschulring 20
28359 Bremen

Tel.: +49 (0)421 218-50000
Fax: +49 (0)421 218-50031
www.biba.uni-bremen.de

IVE - Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb

TU Braunschweig

Pockelstraße 3
38106 Braunschweig

Tel. +49 (0)531 391-63600
Fax +49 (0)531 391-63606
www.tu-braunschweig.de/ive

Vorwort

Der Masterplan Schienengüterverkehr des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sieht Maßnahmen in Bereichen der Digitalisierung, Automatisierung und Elektromobilität vor.

Jedoch findet diesbezüglich eine Innovation aktuell vorrangig im Bereich der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) statt. Die letzte Meile, also in großen Seehäfen insbesondere die Rangierprozesse, profitierte bisher nicht von den Innovationsbestrebungen.

Das vom BMVI geförderte IHATEC-Projekt „Rang-E – Autonomes Rangieren auf der Hafенbahn“ nimmt genau diese Diskrepanz in der Innovation auf der Schiene zum Anlass, um Automatisierungsmöglichkeiten sowie den Einsatz von Elektromobilität in Rangierprozessen zu untersuchen und um Potenziale und Anknüpfungspunkte für eine Anhebung der Leistungsfähigkeit von Rangiertätigkeiten auf das Level der Innovationsansätze der übrigen Transportkette zu erarbeiten, denn jede Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied.

Am Beispiel des historisch gewachsenen Seehafens Bremerhaven werden in dieser Studie vor dem Hintergrund von Automatisierungsbestrebungen und Ansätzen des autonomen Fahrens die Rangierprozesse analysiert, technische Möglichkeiten zur Automatisierung untersucht sowie rechtliche Rahmenparameter beleuchtet. Dabei wurden immer wiederkehrende Tätigkeiten des Rangierpersonals in Basis- und Potenzialszenarien mittels BPMN beschrieben und auf deren Basis ein Stufenkonzept für die Automatisierung von Rangiertätigkeiten erarbeitet. Nach Abwägung von Aufwand und Nutzen des Einsatzes von Automatisierungstechniken skizziert diese Studie das Konzept eines „Idealtypischen Hafens“, welches auf eine terminalreine Ganzzugstellung fokussiert..

Inhaltsverzeichnis		Seite
Tabellenverzeichnis		VII
Abbildungsverzeichnis		VIII
1	Aufgabenstellung	13
1.1	Gesamtziel des Projektes	13
1.2	Problembeschreibung	13
1.3	Konkretisierung der Aufgabenstellung	16
2	Methodisches Vorgehen	17
2.1	Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation	17
2.1.1	Innovationen im Vergleich zum Status Quo	17
2.1.2	Forschungsleitende Hypothesen	19
2.2	Kosten/Nutzen-Aspekte	20
3	Bedarfsaufnahme und Konzeption auf Basis analysierter Szenarien	21
3.1	Analyse von Schwachstellen und Altlasten	23
3.2	Definition von Szenarien	24
3.3	Analyse arbeitsorganisatorischer Aspekte	25
3.4	Analyse technischer Aspekte	25
3.5	Rechtliche Aspekte	26
3.5.1	Grundrecht	26
3.5.2	Anforderungen	26
3.5.3	Resümee	28
4	Analysierte Szenarien und Stufenkonzept	30
4.1	Basisszenario Kuppeln	30
4.1.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	30

4.1.2	Technisches Konzept	34
4.1.3	Rechtliche Anforderungen	38
4.2	Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe	41
4.2.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	41
4.2.2	Technisches Konzept	46
4.2.3	Rechtliche Anforderungen	53
4.3	Basisszenario Sensorik beim Schieben	58
4.3.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	58
4.3.2	Technisches Konzept	63
4.3.3	Rechtliche Anforderungen	73
4.4	Basisszenario Handweiche	78
4.4.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	78
4.4.2	Technisches Konzept	79
4.4.3	Rechtliche Anforderungen	83
4.5	Basisszenario Container nicht im Zapfen	85
4.5.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	85
4.5.2	Technisches Konzept	87
4.5.3	Rechtliche Anforderungen	90
4.6	Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich	91
4.6.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	91
4.6.2	Technisches Konzept	92
4.6.3	Rechtliche Anforderungen	93
4.7	Basisszenario Querung Individualverkehr	94
4.7.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	94
4.7.2	Technisches Konzept	100
4.7.3	Rechtliche Anforderungen	102
4.8	Prozessszenario Blockabfertigung Van Carrier	105
4.8.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	105
4.8.2	Technisches Konzept	111
4.8.3	Rechtliche Anforderungen	115
4.9	Prozessszenario Abfertigung Ganzzug mit Krananlage	116

4.9.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	116
4.9.2	Technisches Konzept	122
4.9.3	Rechtliche Anforderungen	126
4.10	Prozessszenario BLG Rampen	127
4.10.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	127
4.10.2	Technisches Konzept	136
4.10.3	Rechtliche Anforderungen	142
4.11	Alternative Antriebstechniken	149
4.11.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	149
4.11.2	Technisches Konzept	151
4.11.3	Rechtliche Anforderungen	155
4.12	Alternative Standorte der Rangierloks	156
4.12.1	Arbeitsorganisatorische Anforderungen	156
4.12.2	Technisches Konzept	157
4.12.3	Rechtliche Anforderungen	158
4.13	Entwicklung von Rangierfahrten aus Nutzungsantrag	159
4.13.1	Auftragserstellung	159
4.13.2	Algorithmen	168
4.13.3	Rechtliche Anforderungen	171
5	Potenziale und Wirkungszusammenhänge	173
5.1	Reflexion zu den gewählten Automatisierungsstufen	173
5.2	Paradigmenwechsel zu neuen Automatisierungsstufen	174
5.2.1	Stufe 1: Optimierung/Teilautomatisierung [<i>ehemals halbautomatisierter Betrieb</i>]	174
5.2.2	Stufe 2: Unbemannt (autonom) [Zusammenfassung der ehemaligen Stufen "fahrerlos" und „unbemannt“]	174
5.2.3	Stufe 3: Idealtypischer Hafen (autonom)	175
5.3	Auswirkungen des Paradigmenwechsels auf die Potenziale und Wirkungszusammenhänge der Basisszenarien	175

6	Simulation der konzipierten Prozesse	180
6.1	Simulationsvorhaben	180
6.2	Simulationsansatz	180
6.3	Vorgehen innerhalb der Fahrzeitenberechnung	186
6.4	Fahrzeitenberechnung und Erkenntnisse aus der Simulation	187
6.5	Definition der Automatisierungsstufen	188
6.6	Berücksichtigte Zeitwerte in den Simulationen	189
6.7	Ergebnis der Fahrzeitenberechnung	191
6.8	Allgemein offene Fragen und weiteres Vorgehen	191
7	Kosten-Nutzen-Betrachtungen	192
7.1	Berechnung der Investitionskosten	192
7.2	Berechnung der Betriebskosten	193
7.2.1	Kosten des Rangierbetriebs	193
7.2.2	Kosten der Infrastrukturbereitstellung	194
7.2.3	Bewertung der Rang-E-Stufen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Betriebskosten der Hafeneisenbahn	195
7.3	SWOT-Analyse nach Stufen	199
8	Auswirkungen neuer Prozesse und Technologien auf Arbeitnehmer und Organisation	204
8.1	Ausgangsbedingungen	204
8.1.1	Involviertes Personal	204
8.1.2	Eingesetzte Medientechnologien	205
8.1.3	Analyse der Kommunikationsschnittstellen	205
8.2	Auswirkungen der Automatisierungsstufen	207
8.2.1	Optimierung/Teilautomatisierung	207
8.2.2	Unbemannter Betrieb (autonom)	208
8.2.3	Idealtypischer Hafen	210
8.3	Wandel von Anforderungen und Möglichkeiten	211
8.3.1	Wandel der Stellenprofile	211

8.3.2	Diskussion von Mensch-Technik Schnittstellen und Gestaltungsrichtlinien	212
8.3.3	Ansätze zur Förderung von Technologieakzeptanz	214
8.3.4	Analyse neuer Dienstleistungsmöglichkeiten	214
9	Umsetzungsplan - Organisatorische und infrastrukturelle Voraussetzungen für autonome Rangierprozesse im Hafen	217
9.1	Beurteilung der Umsetzungschancen	217
9.2	Roadmap – Idealtypischer Hafen	217
9.2.1	Minimierung systemexterner Einflüsse	217
9.2.2	Umschlag mit Ganzzügen	218
9.2.3	Terminalreine Zugkonfiguration (Keine Zugtrennung innerhalb des autonomen Rangiersystems)	219
9.2.4	Zentraler Bereich zur manuellen Fehlerbehebung	219
9.2.5	Ausrichtung organisatorischer Strukturen an ein autonomes Rangiersystem	219
9.3	Übertragbarkeit	220
10	Verwertung, Wissenstransfer, Mitarbeit an IHATEC-Veranstaltungen (ISL)	222
10.1	H0-Demonstrator	222
10.1.1	Auswahl eines geeigneten Demonstrationsszenarios	222
10.1.2	Designentwurf	223
10.1.3	Bau- und Tests	225
10.1.4	IT- und Systemkomponenten	228
10.1.5	Modellergebnis des Demonstrators	230
10.2	Präsentationen und Veröffentlichungen	231
10.2.1	Präsentationen und Projektvorstellungen	231
10.2.2	Konsortialtreffen und Arbeitssitzungen	232
10.3	Website und Material	232
10.3.1	Website	232
10.3.2	Flyer	234
10.3.3	RollUp	235
10.4	Verwertungsplan	236

10.4.1	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten	236
10.4.2	Wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten	236
10.4.3	Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit	237
10.4.4	Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit	238
10.4.5	Einbindung von Nutzern/Betreibern – Einführungs- und Diffusionsstrategien	238
11	Verbundkoordination (ISL)	239
11.1	Technische und Wissenschaftliche Verbundkoordination	239
11.2	Risikomanagement	239
12	Evaluierung mit Darstellung der quantitativen und/oder qualitativem Effekte des Projektes	240
12.1	Vorteile für die Projektbeteiligten selbst	240
12.2	Nutzen für die deutsche Hafenwirtschaft insgesamt	241
12.3	Gegenüberstellung von Nutzen für Umwelt und Allgemeinheit zu den Aufwendungen bzw. Projekterträgen	242
13	Literaturverzeichnis	244

Anlage

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vorteile des automatisierten Betriebs	18
Tabelle 2 Herausforderungen für Automatisierungstechnik im Vergleich mit dem Personennahverkehr	69
Tabelle 3 Gleiszuteilung nach Herstellern	127
Tabelle 4 Nutzlänge der Gleise	127
Tabelle 5 Nutzung der Serviceeinrichtungen (Hersteller)	161
Tabelle 6 Nutzung der Serviceeinrichtungen (Anschlüsse)	162
Tabelle 7 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 01 Kuppeln	176
Tabelle 8 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 02 Vereinfachte Bremsprobe	176
Tabelle 9 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 03 Sensorik beim Schieben	177
Tabelle 10 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 04 Handweiche	178
Tabelle 11 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 05 Container nicht im Zapfen	178
Tabelle 12 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 06 Eintritt in den ISPS-Bereich	179
Tabelle 13 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 07 Querung Individualverkehr	179
Tabelle 14 Ermittelte und angenommene Zeitwerte in der Simulation der Modellzüge über die verschiedenen Stufen	190
Tabelle 16 SWOT-Analyse Stufe 0: IST-Situation	200
Tabelle 17 SWOT-Analyse Stufe 1: Optimierung/Teilautomatisierung	201
Tabelle 18 SWOT-Analyse Stufe 2: Unbemannt (autonom)	202
Tabelle 19 SWOT-Analyse Stufe 3: Idealtypischer Hafen	203
Tabelle 20 Deutscher Außenhandel nach Verkehrszweigen 2017	215

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Gleisanlagen im Bereich der Bremischen Hafeneisenbahn in Bremerhaven	15
Abbildung 2 Rang-E BPMN-Modell auf Basis der Mitfahrten	22
Abbildung 3 Rangierbegleiter beim Kuppeln im Gleisbett	31
Abbildung 4 Prozess Kuppeln im BPMN Modell	31
Abbildung 5 Automatisches Kuppeln	33
Abbildung 6 UIC Schraubenkupplung	35
Abbildung 7 Eisenbahnkupplung, Janney AAR Typ E	36
Abbildung 8 Automatische Kupplung „Voith Cargoflex Typ Scharfenberg“ für den Güterverkehr	37
Abbildung 9 Rangierbegleiter wartet auf Rollbewegung des letzten Wagens	41
Abbildung 10 Prozess „vereinfachte Bremsprobe“ in der Blockabstellung aus BPMN Modell	42
Abbildung 11 Bremsanlage eines Güterwagens mit Bremsgestängesteller, GP-Wechsel und manuellem Lastwechsel	43
Abbildung 12 Vereinfachte Bremsprobe	45
Abbildung 13: Prinzip der automatischen Druckluftbremse	46
Abbildung 14 Neunpoliger UIC-Leitungsstecker der Deutschen Bahn	47
Abbildung 15 Onboard-Unit mit Akku, Drucksensor und Antenne	50
Abbildung 16 Schieben eines Zuges	58
Abbildung 17 Sensorik beim Schieben aus BPMN Modell	59
Abbildung 18 Sensorik beim Schieben	62
Abbildung 19 Eurobalisen zur Unterstützung der Positionserkennung auf der Strecke	63
Abbildung 20 Testzug des Forschungsprojektes „autoBAHN“ mit Kameras, Radar und Lidar	64
Abbildung 21 Sensoren des Zugbeeinflussungssystems Trainguard	65

Abbildung 22 Konzept des Zugbeeinflussungssystems Trainguard auf ETCS Level 2	68
Abbildung 23 Versuchsträger des Projekts „Galileo Online: GO!“ während eines Live-Demonstration	71
Abbildung 24 Tor der ABC Insel mit Handweiche BLG Logistics Group	78
Abbildung 25 Ortsgestellte Weiche mit Stellbock und Weichensignal (links), Übertragungsteile einer ferngestellten Weiche (rechts)	80
Abbildung 26 Stellmotor S 700 K von Siemens	81
Abbildung 27 Container bündig auf Wagen	85
Abbildung 28 Gleisanlagen im Bereich der Hafeneisenbahn Bremerhaven	86
Abbildung 29 Klappbarer Containerzapfen in Fehlstellung	87
Abbildung 30 Unbeschränkter Bahnübergang mit Andreaskreuz Franziusstraße	95
Abbildung 31 Schaltkasten mit Schlüssel für Lichtzeichenanlage am BÜ Franziusstraße	95
Abbildung 32 Beschränkter Bahnübergang An der Nordschleuse	96
Abbildung 33 Beschränkter Bahnübergang Senator-Borttscheller-Straße	96
Abbildung 34 Querung Individualverkehr mit Andreaskreuz	98
Abbildung 35 Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage	99
Abbildung 36 Bahnübergang mit lokführerüberwachter Anlage	100
Abbildung 37 KV Anlage Blockabfertigung mit VC EUROGATE	105
Abbildung 38 Darstellung der Gestellung in der Blockabfertigung aus dem BPMN Modell	106
Abbildung 39 Gleisanlagen im Bereich der Hafeneisenbahn Bremerhaven	106
Abbildung 40 Gestellung der Wagengruppen in KV Anlage mit Blockabfertigung Van Carrier	109
Abbildung 41 Abziehen der Wagengruppen aus KV Anlage mit Blockabfertigung Van Carrier	110
Abbildung 42 KV Anlage Ganzzugsanlage mit Kranabfertigung NTB	117

Abbildung 43 KV Anlage für Ganzzüge NTB	117
Abbildung 44 Einfahrt in KV Anlage NTB	118
Abbildung 45 Gestellung des Zuges in der KV Anlage Ganzzug aus dem BPMN Modell	119
Abbildung 46 Gestellung in KV Anlage Ganzzug mit Krananlage	120
Abbildung 47 Abziehen aus KV Anlage Ganzzug mit Krananlage	121
Abbildung 48 Gleisplan Bereich Kaiserhafen	129
Abbildung 49 Gleisanlagen im Bereich der Hafeneisenbahn Bremerhaven	130
Abbildung 50 BMW Rampe	131
Abbildung 51 Ausfahrt durch das Tor BLG	132
Abbildung 52 Schaltanlage für das Andreaskreuz auf dem BLG Gelände	133
Abbildung 53 Prozessmodell BMW Rampe	135
Abbildung 54 Gleisanlagen im Bereich der Hafeneisenbahn Bremerhaven	150
Abbildung 55 Hybrid-Lokomotive Alstom H3	151
Abbildung 56 Norfolk Southern #999, auf Akkubetrieb umgerüstete Diesellok	152
Abbildung 57 Elektrische Rangierlokomotive mit Akkumulator und Stromabnehmer E 80 der DR	153
Abbildung 58 Brennstoffzellenzug iLint	154
Abbildung 59 Schematische Darstellung des Konzepts der autonomen Triebwagensegmente	155
Abbildung 60 Standorte Rangierloks und Einsatzorte	156
Abbildung 61 Abstellung Franziusstraße	157
Abbildung 62 Konzept Railbaar, Aufladestation für den Personenverkehr	158
Abbildung 63 Stark vereinfachte Darstellung des Untersuchungsraums Bremerhaven.	181
Abbildung 64 Hafen Bremerhaven mit hinterlegtem Satellitenbild.	182
Abbildung 65 Ausschnitt des Containerterminals 1 und Teile des Nordhafens.	182

Abbildung 66 Gleisdreieck am Gebäude des Fahrdienstleiters und Bahnübergang Senator-Borttscheller-Straße	183
Abbildung 67 Detailansicht der Blockabstellung im CT II und III.	183
Abbildung 68 Infrastrukturbild für eine Rangierfahrt aus der Vorstellgruppe Imsumer Deich zur BMW-Rampe.	185
Abbildung 69 Sperrzeitentreppe einer Rangierfahrt aus der Vorstellgruppe Imsumer Deich zur BMW-Rampe.	186
Tabelle 15: Gegenüberstellung der erwarteten Auswirkungen der Rang-E-Stufen auf die Betriebskosten des Systems Bremische Hafeneisenbahn	198
Abbildung 70 Mitarbeiter im Osnabrücker Stellwerk	212
Abbildung 71 Beispiele für systemexterne Einflüsse, welche einen automatisierten Rangierbetrieb erschweren.	221
Abbildung 72 BMW-Rampe an Gleis 321/322	223
Abbildung 73 Gleisplan H0-Demonstrator	224
Abbildung 74 Aufbau des Aluminiumgestells, Dezember 2018.	225
Abbildung 75 Implementierung der IT-Kommunikations- und Bildschirmtechnik, März 2019.	226
Abbildung 76 Testumgebung Rang-E mit modularen Tischsegmenten, Juni 2019.	226
Abbildung 77 Ermittlung der Synchronität zwischen Zugbetrieb und Video/Text- Inhalten	227
Abbildung 78 Restarbeiten im Oktober 2019.	227
Abbildung 79 Systementwicklungsumgebung Rocrail für den Gleisplan und Fahrbetrieb.	228
Abbildung 80 Steuerungsumgebung Node-RED für Prozessabläufe im Modell.	229
Abbildung 81 Systemstatus-Monitor – Dashboard für automatisierte Komponenten im Modell für den Zugbetrieb.	229
Abbildung 82 Startbildschirm Rang-E-Dashboard für Automatisierungsstufen	230
Abbildung 83 Modellergebnis – Zeitbedarfe der Rangierprozesse in den Stufen 0 – 3 an der Gleisanlage 321/322	230

Abbildung 84 Projekthomepage Rang-E	233
Abbildung 85 Flyer Rang-E	234
Abbildung 86 Rang-E auf der INNOspace Masters Konferenz 2019 in Berlin.	234
Abbildung 87 RollUp Rang-E – hier auf der InnoTrans 2018 in Berlin.	235
Abbildung 88 Zeitplan - Stand Projektende	239
Abbildung 71 Beispiele für systemexterne Einflüsse, welche einen automatisierten Rangierbetrieb erschweren.	242

1 Aufgabenstellung

1.1 Gesamtziel des Projektes

Rang-E untersucht die Potenziale und Hemmnisse für die Einführung einer intelligenteren Steuerung der Zugverkehre auf der Hafeneisenbahn am Beispiel des Pilothafens Bremerhaven. Dabei sind insbesondere die Aspekte abzuklären, die die Komplexität dieses Anwendungsbereichs im Vergleich zu bisherigen Ansätzen autonomer Rangiervorgänge, z.B. durch Personen und kreuzende Verkehre, ausmachen.

Rang-E wird die technischen, rechtlichen, finanziellen, prozessualen und arbeitstechnischen Auswirkungen untersuchen und Chancen und Risiken in diesen Bereichen herausarbeiten. Ferner wird durch Simulation und ein Modell dargestellt, wie sich zukünftige Prozesse mit autonomem Rangierbetrieb darstellen und in welchen Phasen diese umsetzbar sind.

Die Gesamtziele liegen also in der Analyse der Automatisierung von Prozessen im Bereich der Hafenbahn, der Definition innovativer Optimierungs- und Dispositionsverfahren für die Einsatzplanung von Rangierloks sowie der Definition von Technologien, mit deren Hilfe die Autonomie erreicht werden kann (Sensoren, Aktuatoren), die Bestimmung der Optimierungspotenziale durch Simulation sowie der Analyse rechtlicher Hindernisse. Eine Roadmap wird realistische Schritte für die Implementierung aufzeigen. Die Übertragbarkeit der für Bremerhaven erzielten Erkenntnisse auf andere Bahn-Terminals ist ein weiteres Ziel des Projekts.

1.2 Problembeschreibung

Die deutschen Häfen haben aufgrund ihrer mehr als 150-jährigen Tradition als Eisenbahnhäfen mit ihrer eigenen Bahninfrastruktur eine besondere verkehrliche Position und Verantwortung. Die Eisenbahn bietet gegenüber dem Straßenverkehr insbesondere auf langen Strecken sowohl ökonomisch als auch ökologisch große Vorteile, die Verteilung der Güterwagen auf die Ladestellen im Hafen ist jedoch zeit- und personalaufwendig und schwächt dadurch die Wettbewerbssituation der Bahn in mittleren und kurzen Distanzen. Mit einer leistungsfähigen Eisenbahnanbindung sind die Norddeutschen Seehäfen somit bis weit ins Europäische Hinterland konkurrenzfähig. Sie sind bezogen auf die von und zu den Häfen transportierten Gütermengen und im Modal Split des Schienengüterverkehrs weltweit führend. Um diese Position dauerhaft zu halten und soweit möglich auszubauen, werden für die kürzeren Distanzen Innovationen benötigt, um eine Führungsrolle bei den Möglichkeiten der Digitalisierung ergreifen zu können.

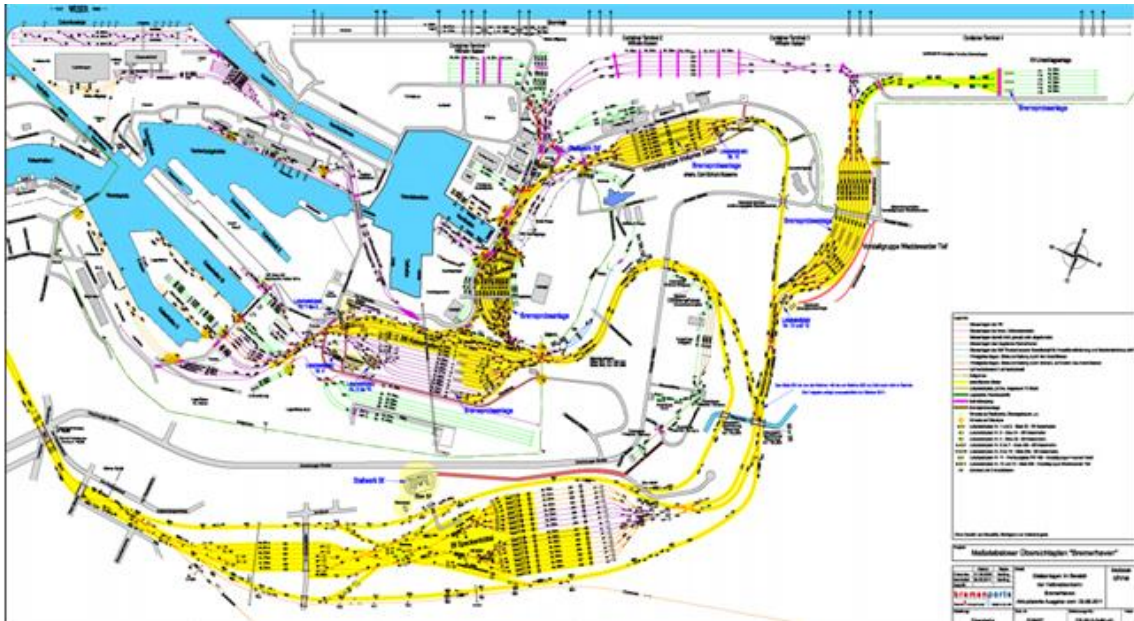
Bemerkenswert ist, dass der Bahntransport trotz seiner anerkannt positiven Umweltwirkung über die vergangenen Jahrzehnte vergleichsweise wenig innovationsorientiert

war. Deutlich wird dies aus der Hafensperspektive darin, dass ein Seeschiff mit einer Transportkapazität von heute bis zu 22.000 Containern nur wenige Minuten nach dem Anlegen im Hafen bereits be- und entladen wird. Ähnlich verhält es sich im Hinterlandverkehr mit LKW oder auch mit dem Binnenschiff. In beiden Fällen sind die hafenbetrieblichen Prozesse grundsätzlich so gestaltet, dass zwischen der Ankunft im Terminal und der Be- und Entladung möglichst keine Leerläufe und unnötige Wartezeiten entstehen.

Im Bahnbetrieb hingegen wird nach der Einfahrt eines Zuges in das Hafengebiet zunächst die Streckenlok vom Zug getrennt. Danach erfolgt der Transport der Züge bzw. Waggons per Rangierlok zu den Terminals, in denen zunächst Kontrollarbeiten am Zug und an der Ladung erforderlich werden. In der Konsequenz erfolgen die ersten Ladungsbewegungen an einem Güterzug erst Stunden nach der Ankunft im Hafengebiet. Ähnlich verhält es sich nach Abschluss der Ladearbeiten. Züge mit Importwaren benötigen durch die vorgeschriebenen Bremsproben, durch Ladungskontrollen und Rangierarbeiten im Mittel etwa zwei Stunden bevor sie das Hafengebiet zu ihren Zielorten im nationalen und europäischen Güterverkehr verlassen können. Das bedeutet, dass die Schiene bei Empfang und Versand im Hafen durch bahnbetriebliche Regelungen und Vorschriften im Vergleich der Verkehrsträger bezogen auf den zeitlichen Aufwand deutlich benachteiligt ist.

Der entsprechende Handlungsbedarf ist offenkundig und es erscheint geradezu fahrlässig, dass viele der bisherigen Innovationsvorstöße in dieser Richtung erfolglos geblieben sind. So sind automatische Kupplungen, automatische Bremsproben, Fernsteuerungen von Zügen, automatisierte Ladungskontrollen, Hindernisdetektionen und viele weitere bahntechnische Optimierungen längst technisch möglich bzw. erprobt. Sie konnten sich bislang am Markt aber leider nicht etablieren, so dass die Schiene ohne eine klare Hinwendung zu technischen Innovationen und digitalen Prozessoptimierungen im Verkehrsträgervergleich weiter zurückzufallen droht. Sofern die deutschen Häfen ihre führende Position als Eisenbahnhäfen halten und ausbauen wollen sind Innovationen im Hafen-Bahnbetrieb unabdingbar.

Heute übernehmen mehrere, im Wettbewerb zueinanderstehende, Rangierdienstleister (RDL) die Aufgabe, die Züge bzw. Waggons, die in Bremerhaven vorwiegend mit Automobilen und Containern beladen sind, von den Einfahrtsgleisen zu den Umschlagterminals und umgekehrt zu transportieren. Den eigentlichen Schienengütertransport von und zu den Zielen im nationalen und europäischen Hinterlandverkehr übernehmen danach die jeweiligen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU). Diese derzeit rund 80 Unternehmen sorgen zugleich dafür, dass die elektrisch betriebenen Streckenlokomotiven mit den jeweiligen Lokführern für die Ein- und Ausfahrt aus dem Hafengebiet zur Verfügung stehen. Sie (die EVU) sind die Auftraggeber für die Rangierdienstleister.



Quelle: bremenports, Masterplan Hafeneisenbahn Bremerhaven 2011

Abbildung 1 Gleisanlagen im Bereich der Bremischen Hafeneisenbahn in Bremerhaven

Aktuell werden am Standort Bremerhaven an 350 Tagen pro Jahr im 24-Stunden-Betrieb insgesamt 13 Rangierlokomotiven unterschiedlicher Bauart und unterschiedlichen Alters, vollständig auf Dieselbasis betrieben. Zum Betrieb einer Rangierlok sind jeweils der Lokführer und ein Rangiermitarbeiter notwendig. Die Einsatzplanung erfolgt über die ebenfalls vor Ort mit Büroarbeitsplätzen ansässigen Disponenten der entsprechenden Rangierunternehmen. Der eigentliche Fahr- und Rangierbetrieb erfolgt nach den Vorgaben der Betriebsführung der Bremischen Hafeneisenbahn, wobei die dortigen Disponenten, die entsprechende Gleisnutzung vorgeben und die Fahrdienstleiter auf den Stellwerken die Fahrtstrecken festlegen und freigeben. Als weitere wesentliche Beteiligte an den Hafeneisenbahnprozessen sind die Umschlagbetriebe bzw. Terminals zu werten, da diese mit dem Beladen und Löschen der Waggons letztlich den Gesamttakt für die Zugsbewegungen vorgeben.

Grundsätzlich folgen in Bremerhaven die Lade- und Löschprozesse sowohl im Container- als auch im Automobilverkehr zuvor definierten Slotzeiten. Die tatsächlichen Abläufe berücksichtigen darüber hinaus die jeweiligen Ladezustände der Waggons, so dass möglichst keine Leerläufe und Wartezeiten entstehen. Eine unmittelbare vertragliche Beziehung zwischen den Terminals, der Hafenbahn-Betriebsführung und den Rangierdienstleistern (RDL) besteht nicht, so dass der Kommunikation und Abstimmung der Beteiligten untereinander eine besondere Rolle zukommt. Aufgrund der Auftragsverhältnisse der RDL gegenüber den Eisenbahnverkehrsunternehmen kann es vorkommen, dass die Rangierlok eines RDL in einen bestimmten Hafenbereich umgefahren werden muss, obwohl ein anderer RDL dort zu dem Zeitpunkt über eine einsatzbereite Rangierlok verfügt. Aus Hafen-Gesamtsicht unnötige Umfuhr-Prozesse von Lokomotiven entstehen auch im Falle von Pausen und Schichtwechseln.

Im Vergleich der Verkehrsträger ist die Schiene bei Empfang und Versand im Hafen bezogen auf den zeitlichen Aufwand also deutlich benachteiligt und dies in erster Linie durch bahnbetriebliche Regelungen und Vorschriften. Zudem ist das Rangieren sehr kostenintensiv, da es mit hohem Personalaufwand und teuren Anlagen und Fahrzeugen verbunden ist.

Im Pilothafen Bremerhaven finden sich u.a. folgende Herausforderungen: Handweichen, Streckenabschnittsfreigabe durch den Fahrdienstleiter, Menschen und Geräte im Gleis.

1.3 Konkretisierung der Aufgabenstellung

Gemäß der zuvor skizzierten Problemstellung verfolgt das Projekt Rang-E folgende konkreten Ziele:

- Darstellung der heutigen Rangierprozesse (IST-Prozesse) auf Basis von Beobachtungen in der Praxis (Mitfahrten auf der Lok sowie Fachgesprächen mit Akteuren aus der Praxis) mittels BPMN.
- Darauf aufbauende Darstellung von operativen, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die heutigen Rangiervorgänge, sowie zukünftige Automatisierungsstufen (1. teilautomatisierte, 2. fahrerlose und 3. autonome Rangierprozesse).
- Auflistung von Herausforderungen und Problemen bei den exemplarischen Mitfahrten, welche zu zeitlichen Verzögerungen führen und bisher Automatisierungsbestrebungen beeinträchtigen. Diese werden mit Akteuren aus der Praxis diskutiert und auf ihre Automatisierungspotenziale hin erörtert. Aus diesen Gesprächen sind notwendige Anpassungen der operativen, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für Teil- und Vollautomatisierungsprozesse abzuleiten.
- Erstellung von Szenarien (Basisszenarien, Prozessszenarien und ggf. weitere) auf Basis der Mitfahrten und Fachgespräche für die zukünftigen Automatisierungsstufen (1. teilautomatisierte, 2. fahrerlose und 3. autonome Rangierprozesse) unter Berücksichtigung hierzu benötigter operativer, technischer und rechtlicher Voraussetzungen. Erstellung von Algorithmen für die notwendigen Automatisierungsstufen.
- Simulation und wirtschaftliche Betrachtung.
- Bewertung der Ergebnisse.
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation

Es gibt Ansätze zum autonomen Rangieren, aber nicht im Hafenumfeld. Hier liegen besondere Herausforderungen z.B. durch querende Umschlagsgeräte/Van Carrier.

Im Bahnbereich sind viele der bisherigen Vorstöße und Projekte in Richtung (Teil-) Automatisierung von Prozessen und Abläufen bislang ohne wirksamen Erfolg geblieben. Die Deutsche Bahn testet z.B. fahrerlose Züge, aber lediglich für Rangierfahrten ohne Passagiere auf Abstellanlagen. Im selben Artikel wird darauf hingewiesen, dass die Eisenbahnbetriebsordnung (EBO) fahrerlose Züge nicht vorsieht.

Laufende Innovationsprojekte wie das LKW-Platooning oder das autonome Fahren von Trucks gefährden den Systemvorteil der Schiene und damit die Perspektive des Schienengüterverkehrs.

Mit der Zielstellung der Produktivitätssteigerung im Schienengüterverkehr wird durch eine Arbeitsgruppe des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) der Frage nachgegangen, welche Möglichkeiten und Grenzen das automatisierte Fahren im Nahbereich bietet. Der inhaltliche Fokus geht über reine Hafeneisenbahnen hinaus und umfasst zum Beispiel auch Werksbahnen, private Anschlussbereiche und ähnliches. Iven Krämer vom Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen Bremen ist Mitglied dieser Arbeitsgruppe. Nach den bisherigen Sitzungen ist zu erwarten, dass hier eher Möglichkeiten zur technischen Optimierung wie EOW-Blauausleuchtungen¹, Hinderniserkennungen (Lok, Bediener), der perspektivische Ersatz der Zugschlusskennzeichnung durch technische Lösungen, standardisierte Funkfernbedienungen, Flachstellendetektionen, automatische Kupplungen, automatisierte Bremsproben und „intelligente“ Güterwagen im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen werden.

2.1.1 Innovationen im Vergleich zum Status Quo

Wie oben dargestellt, ist der Vergleich des Ansatzes zum Status Quo revolutionär. Er automatisiert nicht nur heutige manuelle Prozesse, sondern ermöglicht eine nie dagewesene Erhöhung der Planbarkeit, Qualität und Verfolgung der Prozesse auf der Hafenbahn.

Dabei wurde zum Zeitpunkt der Projektantragstellung mit Rang-E eine Untersuchung unterschiedlicher Automatisierungsstufen angestrebt. Diese sind:

- Halbautomatischer Betrieb,
- Fahrerloser Betrieb,

¹ EOW= Elektrisch Ortsgestellte Weiche, Blauausleuchtung ist eine Art Belegungsanzeige, das Weichensignal leuchtet dementsprechend blau.

- Unbemannter Betrieb (vollständiges autonomes Fahren)

Auf Basis o.g. Automatisierungsstufen wurden zu Projektbeginn einige Vorteile in der Automatisierung identifiziert, welche in folgender Tabelle aufgeführt sind:

Tabelle 1: Vorteile des automatisierten Betriebs²

Nutzen	Halbautomatisierter Betrieb	Fahrerloser Betrieb	Unbemannter Betrieb
Höhere Sicherheit	✓	✓	✓
Bessere Vorhersagbarkeit von Fahrzeiten	✓	✓	✓
Höherer Fahrkomfort durch gleichmäßigeres Anfahren und Bremsen	✓	✓	✓
Energieoptimiertes Fahren	✓	✓	✓
Geringerer Verschleiß	✓	✓	✓
Bessere Wirtschaftlichkeit durch automatisierte Abstellung und Bereitstellung von Fahrzeugwenden		✓	✓
Gleichmäßiger Betrieb auf einer Linie		✓	✓
Reduzierte Personalkosten			✓
Wegfall von Dienstzeitbeschränkungen			✓
Flexibilisierung des Bahnbetriebs			✓
Möglichkeit kürzere Züge häufiger verkehren zu lassen			✓
Rasche Reaktion auf Nachfragesteigerungen möglich			✓

2.1.1.1 Halbautomatischer Betrieb

Unter halbautomatischem Betrieb sind Automatisierungstechnologien und -abläufe zu verstehen, welche insbesondere auf die Bahninfrastruktur abzielen. So zählen darunter bspw. die Substitution von handgestellten Weichen durch automatisch durch das Stell-

² In Anlehnung an <http://www.zukunft-mobilitaet.net/90799/schienerverkehr/eisenbahn/fuehrerlose-zuege-technik-zulassung-vorteile-nachteile-streik/>, Letzter Zugriff am 20.10.2016

werk gestellte Weichen oder manuell zu bedienender Tore durch automatische Torsteuerungen. Der Betrieb der Rangiereinheit erfolgt jedoch im Wesentlichen weiterhin durch den Einsatz von Rangierbegleiter und Triebfahrzeugführer.

2.1.1.2 Fahrerloser Betrieb

Die zweite Automatisierungsstufe (Fahrerloser Betrieb) beinhaltet neben der Automatisierung der Bahninfrastruktur auch technische Lösungen für den Zugbetrieb, welche dazu führen, dass der Triebfahrzeugführer nicht mehr unmittelbar die Lok vom Führerstand bedienen muss, sondern dies beispielsweise ferngesteuert erfolgen kann. Hierzu könnte der Triebfahrzeugführer den Führerstand der Lok verlassen und z.B. die Steuerung des Zuges bei Schieben von der Spitze aus oder vom Gleisbett aus vornehmen. In den Diskussionen hat sich herausgestellt, dass viele manuelle Tätigkeiten im Rangierbetrieb vom Rangierbegleiter geleistet werden. Automatisiert wird in diesem Fall das Beschleunigen und Bremsen des Zuges durch Fernsteuerung.

2.1.1.3 Unbemannter Betrieb

Wesentlich umfassender in der Automatisierungsebene ist der unbemannte Betrieb. Hierbei können sowohl Rangierbegleiter als auch Triebfahrzeugführer eingespart werden. Der Rangierbetrieb erfolgt autonom durch selbständig automatisiert fahrende Rangiereinheiten (Rang-E-Einheiten).

2.1.2 Forschungsleitende Hypothesen

Die Basishypothese des Projekts Rang-E lautet:

Es ist möglich, über geeignete Prozesse, Technologien und geänderte rechtliche Rahmenbedingungen einen autonomen Rangierbetrieb im Bereich von Hafenbahnen zu entwickeln und umzusetzen.

Folgende Einzel-Hypothesen liegen dem Projekt zu Grunde:

- H1: Es gibt geeignete Prozesse und Technologien, um die Herausforderungen zu Ortung, Kommunikation, Hinderniserkennung, etc. in den Loks, in der Infrastruktur (z.B. Weichen) sowie für die Steuerung zu meistern.
- H2: Es lassen sich Verfahren und Algorithmen zur Optimierung der Prozesse für das autonome Rangieren auf der Hafenbahn definieren.
- H3: Prozesse und Technologien lassen sich so kombinieren, dass sie die angestrebte Optimierung erreichen.
- H4: Geeignete Simulationsverfahren weisen den Nutzen eines autonomen Rangierbetriebs auf der Hafenbahn nach.
- H5: Die rechtlichen Rahmenbedingungen und Standards verhindern heute den Einsatz autonomer Rangierloks; hier können Anpassungen vorgeschlagen werden.
- H6: Die Verfahren und Technologien aus Rang-E lassen sich auf andere Häfen/Bahnterminals übertragen.

2.2 Kosten/Nutzen-Aspekte

Im volkswirtschaftlichen Sinne wird die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Häfen unterstützt. Die Eisenbahn ist im Hafenbetrieb bezogen auf den zeitlichen Aufwand deutlich benachteiligt und dies in erster Linie durch bahnbetriebliche Regelungen und Vorschriften.

Rang-E soll nachweisen, welche Potenziale hier durch ein autonomes Rangieren gehoben werden können und welche Hindernisse derzeit einer Implementierung entgegenstehen. Ferner sollen Wege aufgezeigt werden, wie diese Hindernisse ausgeräumt werden können.

Rang-E sieht sich als erste Stufe hin zu einer Umsetzung, deren Effekte wie folgt erwartet werden:

- Vereinfachung von Betriebsabläufen
- Vermeidung von Leerfahrten
- Reduktion des Rangier-Fuhrparks
- Reduzierung kommunikativer Schnittstellen
- Optimierte Infrastrukturnutzung mit deutlichen Einspareffekten
- Reduktion des betrieblichen Aufwandes (auf der Lok und im Büro) durch Einsparung des Personals
- Verbesserung der Arbeitssicherheit
- Reduktion von Störungen im Betriebsablauf

3 Bedarfsaufnahme und Konzeption auf Basis analysierter Szenarien

Die Vorgehensweise im Projekt wurde so vereinbart, dass mit Hilfe diverser Mitfahrten bei Rangiertätigkeiten aller Projektbeteiligten und Interviews von Experten alle Tätigkeiten der Beteiligten im Rangierprozess in Prozessmodellen mittels BPMN 2.0 dokumentiert wurden.

Daher führten die projektbeteiligten Partner in 2018 diverse Mitfahrten bei dem Rangierdienstleister EVB in Bremerhaven durch. Dabei wurden sowohl Rangierfahrten zu den Containerterminals, als auch im Bereich Automobilumschlag durchgeführt und protokolliert. Es wurden Hemmnisse und Schwachstellen, die während der Rangierfahrten aufgetreten sind, identifiziert und anschließend einzelnen Rangier-Teilprozessen zugeordnet. Diese Teilprozesse dienen als Inputgrößen für die Modellierung mittels BPMN 2.0.

Darüber hinaus wurden Expertengespräche mit Vertretern der Hafenbahn, der senatorischen Behörde sowie Rangierdienstleistern geführt und die mittels BPMN modellierten Prozesse aus Expertensicht bewertet und verifiziert.

3.1 Analyse von Schwachstellen und Altlasten

Durch die Mitfahrten konnten zahlreiche Schwachstellen identifiziert werden, welche seitens der immer wiederkehrenden Rangier-Teilprozesse einer Automatisierung des Betriebsablaufs im Wege stehen. Hierzu zählen manuelle Prozesse, welche in der Regel durch das Zugpersonal (Rangierbegleiter und Triebfahrzeugführer) vorgenommen werden.

Zu nennen wären bei der Bedienung von Infra- und Suprastruktureinrichtungen Teilprozesse, wie etwa

- das Umstellen einer handgestellten Weiche,
- die manuelle Ein-/Ausschaltung des Blinklichts am Andreaskreuz,
- manuelle Toröffnungen und –schließungen, sofern dies nicht durch externes Personal erfolgt,
- Beseitigung von Hindernissen im Gleisbett, welche ansonsten eine Weiterfahrt beeinträchtigen würden.

Manuelle Betätigungen am Zug wie etwa

- Kupplungs- und Trennvorgänge zwischen Lok/Wagen sowie Wagen/Wagen (Kuppeln und Trennen der Wagenkupplung sowie Anschließen und Trennen der Druckluftverbindungen für die Bremse),
- Feststellen und Lösen der Handbremse bei Waggons,
- das Legen von Bremschuhen in der Blockabstellung beim Containerumschlag.

Darüber hinaus sind auch manuelle Prozesse relevant, welche zwar keine physische Einflussnahme erfordern, jedoch organisatorisch notwendig sind. Hierzu zählen z.B.

- die Durchführung vereinfachter Bremsproben,
- die Überwachung der Fahrt seitens des Rangierbegleiters auf der Spitze beim Schieben,
- Kommunikation des Triebfahrzeugführers mit dem Fahrdienstleiter.

Diese manuellen Prozesse stellen somit primäre Anforderungen an die Automatisierung vor dem Hintergrund eines zukünftig teilautomatisierten Hafenbahnbetriebes oder weiterer Automatisierungsstufen wie etwa der unbemannte, autonome Betrieb.

Das BIBA hat die identifizierten Schwachstellen dezidiert unterteilt in die Kategorien Prozesse, Infrastruktur, Einführung neuer Technologien und Kommunikation.

Prozesse

- Abhängigkeit von externen Prozessen (Stellwerk, Krananlage)
- Überwiegend verkehrt die Hafenbahn in einem öffentlich zugänglichen Bereich. Daher können Menschen, Tiere und Material ins Gleisbett gelangen. In dem Zusammenhang kam es in der Vergangenheit auch schon mehrfach zu illega-

len Mitfahrten von Personen im Berner Raum mit der Absicht, in die ISPS-Sicherheitszone des Terminals einzudringen, bspw. um illegal auf ein Schiff zu gelangen.

- Umfangreiches Betriebsstättenhandbuch, welches die RDL vor Ort sehr gut kennen, jedoch nicht unbedingt die EVUs. Für EVUs daher ggf schwierig zu verinnerlichen.

Infrastruktur

- Technologische Varianz (z.B. Kombination von Handweichen und automatischen Weichen auf einer Fahrstrecke). So existieren bspw. handgestellte Weichen vorwiegend im südlichen Bereich des Hafensareals.
- Manuell zu bedienende Tore beim Übergang in den ISPS-Bereich.
- Manuell zu bedienendes Blinklicht am Andreaskreuz mittels Schlüsselschalter bspw. im Bereich der Straße „Am Nordhafen“.
- Aufrüstung der Strecke und Umrüsten der Züge ist finanziell sowie rechtlich problematisch.

Einführung neuer Technologien

- Geringe Technologieakzeptanz der Anwender.
- Heterogen ausgeprägte Medienkompetenz beim Personal.
- Ungünstige Umgebungsbedingungen zum Betrieb mobiler Endgeräte (z.B. Öle, Schmutz, Witterung, Abhängigkeit von Akkubetrieb).

Kommunikation

- Medienbrüche bei der Weitergabe von Informationen (z.B. von Disposition zu Rangierpersonal).
- Kommunikation mit externen Partnern ist fehleranfällig (Stellwerk, Krananlage).
- Technischer Support in der Disposition ist begrenzt auf die Arbeitszeiten des Servicepartners.
- Spannungsfeld zwischen Erwartungen der Kunden und externem Bahnverkehr.
- Unangemeldete Bauarbeiten oder illegale Gleisüberquerungen können nicht ausgeschlossen werden.

3.2 Definition von Szenarien

Im Rahmen der Mitfahrten wurden folgende Basisszenarien identifiziert. Dies sind immer wiederkehrende Einzeltätigkeiten, die jeweils auf ihre Optimierungs- und Automatisierungsmöglichkeiten hin untersucht wurden:

- 01 Basisszenario Kuppeln
- 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe
- 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben

- 04 Basisszenario Handweiche
- 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen
- 06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich
- 07 Basisszenario Querung Individualverkehr

Darüber hinaus wurden für die Containerterminals und den Autoumschlag im Hafen nachfolgende Prozessszenarien identifiziert und mittels BPMN modelliert. Innerhalb der Prozessszenarien kommen verschiedene Basisszenarien zum Einsatz.

Im Bereich der Containerabfertigung wurden die beiden für Bremerhaven vorkommenden Abfertigungsanlagen unterschieden. Für die weitere Bearbeitung im Projekt wurden hierzu die folgenden Szenarien entwickelt:

- 08 Prozessszenario KV Anlage Blockabfertigung mit Van Carrier
- 09 Prozessszenario KV Anlage Abfertigung Ganzzug mit Krananlage
- 10 Prozessszenario BLG Rampen

Darüber hinaus wurden szenarienübergreifend folgende Aspekte betrachtet, die Alternativen für Optimierungsmöglichkeiten in der Infrastruktur untersuchten:

- 11 Alternative Antriebstechniken
- 12 Alternative Standorte der Rangierloks

Die Szenarien 1 bis 12 bilden die Dokumentation des Ist-Zustands mit den Algorithmen und wurden um das Stufenkonzept der Sollprozesse erweitert.

Um Kosten und Nutzen bewerten zu können, wurde die Systematik dokumentiert, mit der aus einem Nutzungsantrag alle dazugehörigen Rangiertätigkeiten entwickelt werden. Dies erfolgte in folgendem abschließenden Szenario:

- 13 Entwicklung von Rangierfahrten aus Nutzungsantrag

3.3 Analyse arbeitsorganisatorischer Aspekte

Sämtliche arbeitsorganisatorischen Aspekte für die Automatisierungsstufen werden in Kapitel 4 nach Basis- und Prozessszenarien untergliedert und dort detailliert beschrieben.

3.4 Analyse technischer Aspekte

In der Analyse technischer Aspekte wurden existierende technische Ansätze im Rang-E-Umfeld recherchiert und analysiert. Hierzu gehören z.B. das autonome Bahnfahren in U-Bahn-Systemen, Skyline, automatische Kupplungen, Fernsteuerung, sowie Ansät-

ze des Internet der Dinge (IoT). Alle analysierten Technologien werden in Hinblick auf die Übertragbarkeit auf Rang-E bewertet. Dies erfolgt im Rahmen der analysierten Szenarien und des Stufenkonzepts unterteilt für die einzelnen Basis- und Prozessszenarien in Kapitel 4.

3.5 Rechtliche Aspekte

Die vom IVE durchgeführte intensive Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen, welche für das Rangieren auf der Hafenbahn von Relevanz sind, brachte eine Reihe von identifizierten Rechtsvorschriften hervor, welche aufgrund der Vielzahl umfassend im Anhang dargestellt werden.

Nachfolgend werden die Schlussfolgerungen für das Autonome Fahren beschrieben sowie ein Resümee gezogen.

Schlussfolgerungen für das autonome Fahren

Aufgrund der Rechtsnormenhierarchie ergibt sich folgende Struktur, die die für das autonome Fahren zu berücksichtigenden Gesetze und Rechtsverordnungen aufzeigt:

3.5.1 Grundrecht

Nach Art 1 (2) Grundgesetz (GG) hat jeder das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Gemäß Art 12 GG besteht ein Grundrecht zur Wahl und Ausübung von Beruf. Als Beruf wird jede auf Dauer angelegte Tätigkeit zur Schaffung und Erhaltung einer Lebensgrundlage bezeichnet. Weiterhin kann der Begriff des Berufs als eine erwerbswirtschaftliche Tätigkeit verstanden werden. Die juristischen Personen des öffentlichen Rechts, bei denen Elemente privater Interessenvertretung überwiegen, können auch Grundrechtsträger sein. „Die Gewährleistung der Berufsfreiheit bzw. der Freiheit der erwerbswirtschaftlichen Tätigkeit ist ein zentrales Menschenrecht, nämlich die wirtschaftliche Seite des „Strebens nach Glückseligkeit“. [...] Die unternehmerische Freiheit nach Art. 16 bündelt alle geschützten Betätigungen, soweit sie durch Selbständige – Unternehmer – ausgeübt werden können. Hier lassen sich die (in der Rspr. des EuGH) bislang formulierten Einzelgewährleistungen zuordnen: Handelsfreiheit, erwerbsbezogene Vertragsfreiheit und Wettbewerbsfreiheit.“ (BeckOK, 2017) Demnach besteht ein Grundrecht das automatisierte bzw. autonome Fahren auszuüben.

3.5.2 Anforderungen

Im Allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG) wird der Triebfahrzeugführer nicht behandelt. Für den automatisierten bzw. autonomen Eisenbahnbetrieb wird eine Genehmigung gemäß AEG erforderlich. Es kann dafür eine Unternehmensgenehmigung nach § 6 erforderlich sein, da sich die Betriebsform ändert. Gleichzeitig ist nach § 6 letzter Absatz geregelt, dass Werksbahnen keine Unternehmensgenehmigung bedürfen. Werksbahnen gemäß § 2 (8) sind Eisenbahninfrastrukturen, die ausschließlich zur Nutzung des eigenen Güterverkehrs betrieben werden. Weiterhin ist gemäß § 7a eine Sicher-

heitsbescheinigung für Eisenbahnverkehrsunternehmen erforderlich. Nach § 7a §) 2. Entfällt diese, wenn keine grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehrsdienste erbracht werden. Dies gilt nicht für Regionalbahnen. Gemäß § 7f ist bei einer Erweiterung des Betriebs einer Eisenbahninfrastruktur auf einer Strecke für eine Eisenbahn, die keine Sicherheitsbescheinigung bedarf, die Erlaubnis der Aufsichtsbehörde erforderlich. Nach § 14 sind Eisenbahninfrastrukturunternehmen und Eisenbahnverkehrsunternehmen verpflichtet eine Haftpflichtversicherung abzuschließen. Werksbahnen sind gemäß § 14a davon ausgenommen. Falls Betriebsanlagen baulich verändert werden, bedarf dies einer Planfeststellung nach § 18.

Gemäß § 7c AEG ist eine Sicherheitsgenehmigung für Eisenbahninfrastrukturunternehmen erforderlich. Dabei sind Netze des Regionalverkehrs ausgenommen. Die zu erbringenden Nachweise zur Beantragung einer Sicherheitsgenehmigung sind in der Verordnung über die Sicherheit des Eisenbahnsystems (ESiV) und der Richtlinie 2004/49/EG aufgeführt. Dabei muss ein Sicherheitsmanagementsystem eingerichtet werden. Im Wesentlichen bedeutet das, dass alle Änderungen eines definierten Systems auf Sicherheitsrelevanz zu prüfen, zu bewerten und entsprechende Nachweise über die Einhaltung von Sicherheitsanforderungen zu erbringen sind. Neben der Sicherheit ist das Thema Security (IT-Sicherheitsgesetz) zu beleuchten.

Nach § 2 (18) AEG ist Regionalverkehr ein Verkehrsdienst zur Erfüllung von Verkehrsbedürfnissen einer Region. Demnach ist das öffentliche Eisenbahninfrastrukturunternehmen „Bremische Hafeneisenbahn“ als Betreiber einer Regionalbahn zu verstehen, der keine Sicherheitsgenehmigung im Sinne von §7c AEG bedarf. Dennoch es ist zu empfehlen die Sicherheitsanforderungen gemäß DIN EN 50 126 bzw. DIN EN 50 129 und die Security-Voraussetzungen gemäß IEC 62443-3-3 zu beachten. Weiterhin kann eine Bewertung von Risiken nach der CSM-VO (EU) Nr. 402 vorgenommen werden. Gemäß CSM-VO (EU) Nr. 402 ist aufgrund einer Änderung der Art oder des Umfangs des Betriebs gemäß Artikel 10 Absatz 5 der Richtlinie 2004/49/EG die Sicherheitsbescheinigung zu aktualisieren. Nach CSM-VO (EU) Nr. 402 ist ein Risikomanagement für Änderungen durchzuführen und Sicherheitsanforderungen abzuleiten. Dies ist durch den Vorschlagenden, z. B. ein Eisenbahninfrastrukturunternehmen umzusetzen. Die Sicherheitsgenehmigung wird nach dem heutigen Stand vom Eisenbahnbundesamt erteilt.

Gemäß § 2 Landeseisenbahngesetz (LEG) Landesrecht Bremen (LEG) ist eine Genehmigung für den Bau und Betrieb bei wesentlichen Erweiterungen oder Änderungen erforderlich. Der Antrag auf Genehmigung ist nach § 3 LEG bei der zuständigen Behörde einzureichen. Der Umfang der Unterlagen ist ebenfalls im LEG geregelt. Die Eröffnung des Betriebs nach § 11 LEG bedarf der vorherigen Zustimmung der zuständigen Behörde, dabei muss u. a. die Betriebssicherheit gewährleistet werden. Gemäß § 4 LEG muss der Unternehmer die nicht genehmigungspflichtige Änderungen der Betriebsweise der zuständigen Behörde vorher anzeigen.

Gemäß § 3 der Verordnung über den Bau und Betrieb von Anschlussbahnen (BOA) ist eine Genehmigung für den Bau und Betrieb bei wesentlichen Erweiterungen oder Änderungen erforderlich. Die Genehmigung erteilt der Senator für Umwelt, Bau und Ver-

kehr. Der Senator kann seine Befugnisse auf andere Behörden übertragen (s. § 4 BOA).

Im § 34 BOA ist der Rangierdienst und das Fachpersonal im § 36 geregelt. Bei eventuell einem teilweisen Verzicht auf das Fachpersonals aufgrund einer Automatisierung ist BOA anzupassen. Weiterhin sind die wesentlichen Streckenparameter im BOA geregelt. Die größte zulässige Fahrtgeschwindigkeit gem. § 31 BOA beträgt 25 km/h. Bei einer Neigung von mehr als 10 ‰ sind nur 15 km/h zulässig. Diese Parameter sind bei der Automatisierung zu berücksichtigen.

Nach § 45 (1) EBO müssen arbeitende Triebfahrzeuge besetzt sein und gesteuerte Triebfahrzeuge unbesetzt, d. h. der Lokrangierführer kann das Fahrzeug steuern, solange er dieses sehen kann.

In der Verordnung (EU) 2015/995 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ sind Spezifikationen zum Zugpersonal in Kapitel 4.2.1 enthalten. Inwieweit diese Verordnung für die Hafenbahn greift, ist unklar und hängt vermutlich davon ab, nach welchem Recht eine Sicherheitsgenehmigung erforderlich sein wird.

3.5.3 Resümee

Der im GG verankerte Anspruch auf körperliche Unversehrtheit könnte das automatisierte bzw. autonome Fahren erforderlich machen soweit dieses höhere Sicherheitsanforderungen erfüllt. In Art 12 (1) und 2 (1) GG ist Berufs- und Handlungsfreiheit geregelt. Demnach besteht für ein Eisenbahninfrastrukturunternehmen das Grundrecht z. B. aus wirtschaftlichen Gründen das automatisierte bzw. autonome Fahren auszuüben. Das automatisierte System muss dabei mindestens genauso sicher sein wie das konventionelle System. Die unternehmerische Freiheit hinsichtlich der Ausübung des autonomen Fahrens kann mit der Berufsfreiheit und dem Arbeits- und Sozialrecht, z. B. durch die Tf-Einsparung, kollidieren.

Für die Produkthaftung wurde das ProdHaftG beispielhaft aufgeführt. Entsteht durch ein fehlerhaftes Produkt ein Schaden, so haftet der Hersteller. Dabei können weitere Schuldner zum Schadensersatz verpflichtet werden. Solange keine rechtlichen Anforderungen an das automatisierte bzw. autonome Fahren existieren ist es zu empfehlen eine Risikobewertung für mögliche Szenarien vorzunehmen. Eine Bewertung von Risiken ist nach der CSM-VO (EU) Nr. 402/2013 vorgenommen werden. Weiterhin sind die Sicherheitsanforderungen gemäß DIN prEN 50 126 bzw. DIN prEN 50 129 und Security-Voraussetzungen (IT-Sicherheitsgesetz) gemäß IEC 62443-3-3 für die Entwicklung von neuen Systemen zu beachten. „Im Einklang mit der Richtlinie 2004/49/EG sollten die wesentlichen Bestandteile für das Sicherheitsmanagementsystem Verfahren und Methoden für die Durchführung von Risikobewertungen und die Anwendung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung für den Fall umfassen, dass sich aus geänderten Betriebsbedingungen oder neuem Material neue Risiken für die Infrastruktur oder den Betrieb ergeben.“ (CSM-VO (EU) 402).

Das automatisierte bzw. autonome Fahren geht mit der Tf-Einsparung einher. Im AEG wird der Tf nicht behandelt. Allerdings wird sowohl in der Bundes- als auch in der Lan-

des-Eisenbahnbetriebsordnung die Besetzung der arbeitenden Triebfahrzeuge mit einem Triebfahrzeugführer (Tf) vorausgesetzt. Dies macht eine Anpassung der Verordnung erforderlich. Eine Gesetzänderung ist sehr zeitlich aufwendig und muss vom Parlament beschlossen werden. Dagegen ist eine Ergänzung der Rechtsverordnung durch Executive erfolgt und somit ist zu empfehlen, dass die EBO und die BOA um die Anforderungen für das automatisierte bzw. autonome Fahren ergänzt werden. Zudem besteht gemäß BOA § 5 a), b) eine Ausnahme im Fall von Versuchsanlagen und für die bestehenden Bahnen.

Weiterhin wird bei einer Automatisierung die Anpassung von Verträgen im Eisenbahngüterverkehr, wie z. B. Netznutzungsbedingungen, erforderlich. Zudem kann empfohlen werden Dienstweisung für das Bedienpersonal zu erstellen.

4 Analyisierte Szenarien und Stufenkonzept

Entsprechend der Basis- und Prozessszenarien erfolgt die Gliederung für jedes betrachtete Szenario stets nach dem gleichen Schema.

- Zunächst werden die arbeitsorganisatorischen Anforderungen für die heutigen Rangierprozesse und die jeweiligen Algorithmen für jedes einzelne Szenario identifiziert, beschrieben und mittels BPMN-Modell visualisiert.
- Anschließend erfolgt die Darstellung eines technischen Konzepts für die heutigen manuellen Prozesse sowie die beiden Automatisierungsstufen Teilautomatisierung und Vollautomatisierung.
- In einem weiteren Schritt werden die rechtlichen Anforderungen für die heutigen Prozesse sowie zukünftige Automatisierungsszenarien beschrieben.

In Kapitel 4 werden sämtliche Automatisierungsstufen betrachtet und jeweils die arbeitsorganisatorischen, technischen und rechtlichen Aspekte gemäß der in Kapitel 3.2 identifizierten Basis- und Prozessszenarien für die einzelnen Automatisierungsstufen konkretisiert.

4.1 Basisszenario Kuppeln

4.1.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Die Wagen werden mit der Rangierlok (bzw. anderen Wagen) verbunden, um als Zug eine Einheit zu bilden

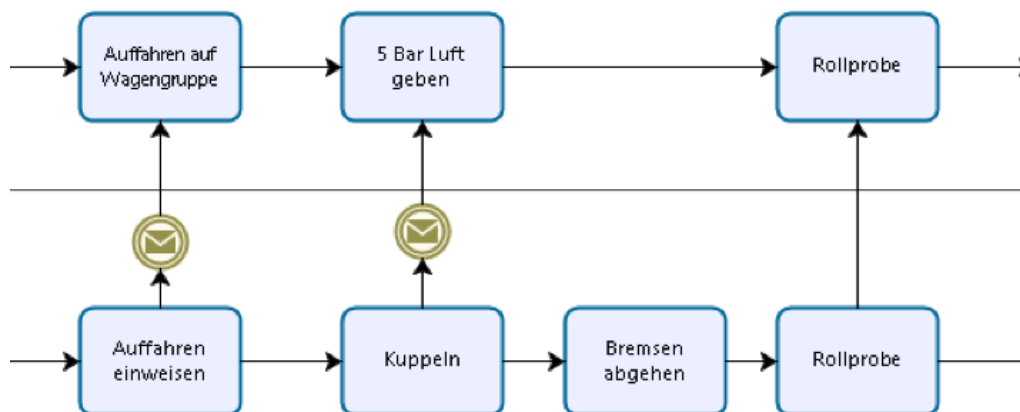
- Schritt 1: Zuerst wird eine der beiden vorhandenen Verbindungsstangen eingehängt und mit Hilfe des Gewindes so weit vorgespannt, dass sie nicht mehr abrutschen kann.
- Schritt 2: Die Schläuche für die Hauptdruckleitung der Bremsanlage werden verbunden und die beiden Ventile der Verbindung geöffnet. Es ist hörbar, ob die Bremsanlage dabei weiter gefüllt wird.

Beim Auffahren und während der Tätigkeit des Kuppelns befindet sich der Rangierbegleiter im Gleisbett zwischen den zu verbindenden Wagen/Loks (Berner Raum).



Foto: IVE 2018

Abbildung 3 Rangierbegleiter beim Kuppeln im Gleisbett



Quelle: ISL 2018

Abbildung 4 Prozess Kuppeln im BPMN Modell

Das hier beschriebene Prozessmodell betrachtet das Kuppeln zur Zugzusammenstellung mit anschließender Bremsprobe.

Für eine Automatisierung ist der Prozess der Trennung einer Wagengruppe („Entkuppeln“) ebenfalls zu berücksichtigen. Dies beinhaltet die besondere Herausforderung, da jeweils ein bestimmter Wagen zur Trennung angesprochen werden muss.

Algorithmen – Umsetzung im Ist-Zustand

Um Wagen mit der Rangierlok (bzw. anderen Wagen) zu einem Zug zu verbinden, sind grundsätzlich die folgenden Schritte notwendig:

- Physische Verbindung zur Kraftübertragung herstellen
- Verbindung der Bremsanlage und Heiz- und Steuerkupplung

Physische Verbindung zur Kraftübertragung herstellen

1. Gehen zur Koppelstelle
2. Berner Raum betreten
3. Kupplungsbügel in den Zughaken einhängen
4. Spindel andrehen

Verbindung der Bremsanlage und Heiz- und Steuerkupplung

1. Luftabsperrhahn kurz öffnen
2. Bremskupplung verbinden
3. Absperrhähne der Druckluftleitung öffnen
4. Heiz- und Steuerkupplungen verbinden
5. Berner Raum verlassen

Grafische Umsetzung

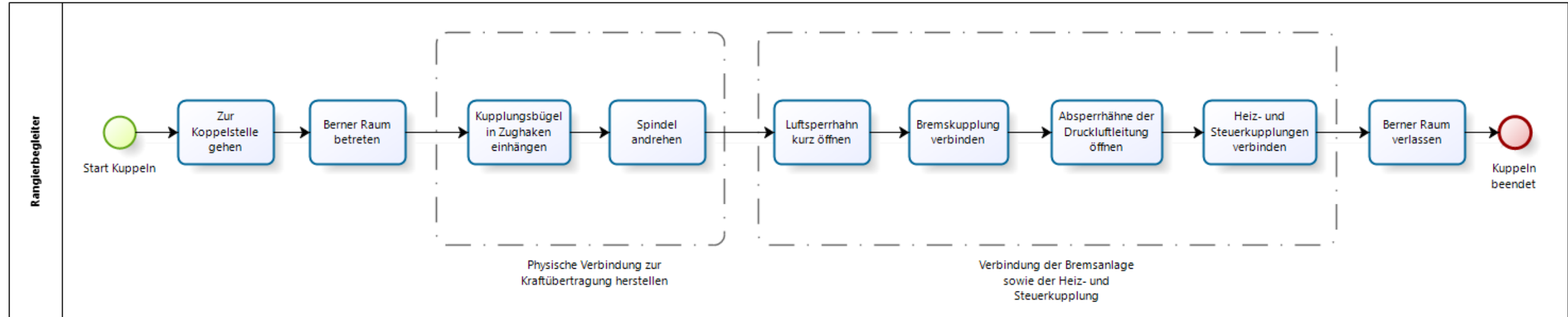


Abbildung 5 Automatisches Kuppeln

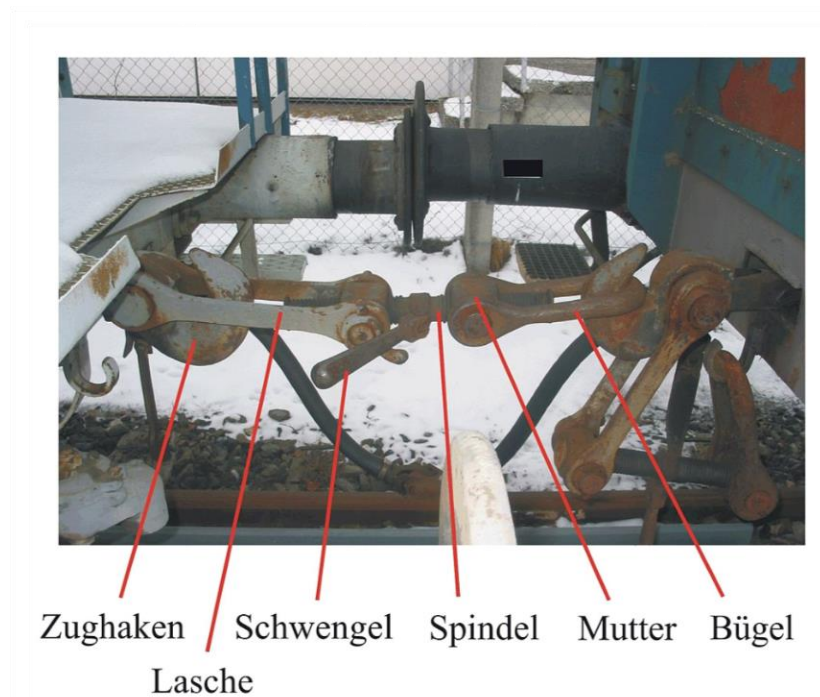
4.1.2 Technisches Konzept

Kupplungen dienen dem Verbinden von Fahrzeugen zu Zug- oder Rangiereinheiten. Die verschiedenen Ausführungen weisen unterschiedliche Merkmale auf (Hagenlocher 2015):

- **Automatisierungsgrad:** Es können manuelle, halbautomatische und vollautomatische Kupplungen unterschieden werden. Während manuelle Kupplungen manuell bedient werden und automatische Kupplungen durch Fernsteuerung oder bloßes Aufdrücken kuppeln können, sind bei einer Halbautomatik manuelle Handgriffe entweder beim Kuppeln oder beim Entkuppeln notwendig. Diese beinhalten oft das Lösen der Kupplung von Hand oder das Herstellen einer Druckluftverbindung.
- **Kraftübertragung:** Je nach Konstruktion können Kupplungen Zug- und Druckkräfte gemeinsam oder getrennt übertragen. Bei einer getrennten Kraftübertragung werden Zugkräfte üblicherweise von der Kupplung und Druckkräfte durch einen Puffer übertragen.
- **Güterverkehr oder Personenverkehr:** Bei der technischen Ausführung muss zwischen Personen- und Güterverkehr unterschieden werden, da durch die höheren Lasten im Güterverkehr auch höhere Zugkräfte entstehen.

4.1.2.1 Stufe 0 Rein manuell durchgeführter Vorgang

Die in Europa verbreitete UIC Schraubkupplung ist eine vom Internationalen Eisenbahnverband (UIV) genormte manuelle Kupplung (Martin et al. 2015, Abbildung 6). Die Kupplung und Entkopplung erfolgen dabei von Hand. Die Kupplung wird üblicherweise im Güterverkehr eingesetzt und kann nur Zugkräfte aufnehmen. Druckkräfte werden durch zwei Seitenpuffer übertragen, die gleichzeitig den Berner Raum aufspannen.



Quelle: Martin et al. 2015

Abbildung 6 UIC Schraubekupplung

Wesentliche Argumente für die UIC Schraubekupplung sind der einfache Aufbau, Witterungsbeständigkeit und geringe Kosten. Eine einzelne UIC Schraubekupplung kostet etwa 185€³. Die maximal übertragbare Zugkraft liegt bei 500 kN, die maximal übertragbare Druckkraft der Seitenpuffer liegt bei 2000 kN (Martin et al. 2015).

Arbeitsschritte

- Manuell an die Wagengruppe anfahren, Fahrzeug bei-/aufdrücken
- Gehen zur Koppelstelle
- Berner Raum betreten
- Kupplungsbügel in den Zughaken einhängen
- Spindel andrehen
- Luftabsperrhahn kurz öffnen
- Bremskupplung verbinden
- Absperrhähne der Druckluftleitung öffnen
- Heiz- und Steuerkupplungen verbinden
- Berner Raum verlassen

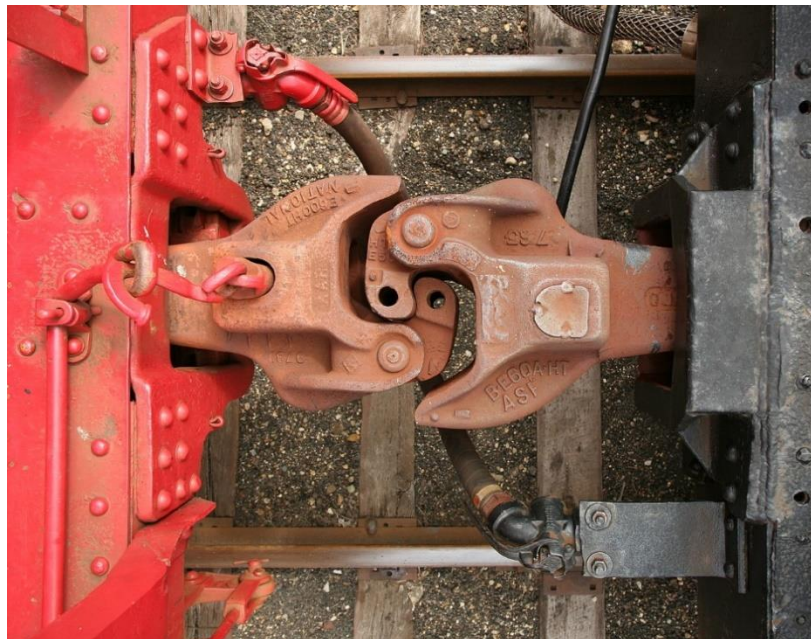
4.1.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Eine Unterstützung des Triebwagenführers findet in dem Automatisierungsgrad der Stufe 1 durch ein ATP-System statt. Dieses ist im 03 Basisszenario „Sensorik beim

³ <https://sfz-teile.com/shop/56002020.html>

Schieben“ detaillierter beschrieben. Das ATP-System übernimmt hier die Funktion des Rangierbegleiters und fungiert als Abstandsassistent. Um den Rangierbegleiter jedoch vollständig ersetzen zu können oder dem Triebwagenführer den Weg zur Kuppelstelle ersparen zu können, wäre eine vollständig automatische Kupplung erforderlich. Um dennoch den Zwischenschritt der halbautomatischen Kupplungen beschreiben zu können, wird für dieses Szenario bei Stufe 1 von einer Zwischenstufe ausgegangen, bei der ein Rangierbegleiter mitfährt und die manuellen Komponenten der Vorgänge übernimmt. Vollautomatische Kuppelsysteme sind auf den folgenden Stufen beschrieben.

Typischer Vertreter einer halbautomatischen Kupplung ist die in den USA entwickelte Janney-Kupplung, die in den Ausführungen Typ E, E/F (AAR/APTA) im Güterverkehr eingesetzt wird (Abbildung 7, Hagenlocher 2015). Die halbautomatische Mittelpufferkupplung kann Zug- und Druckkräfte übertragen.



Quelle: Wikimedia Commons⁴

Abbildung 7 Eisenbahnkupplung, Janney AAR Typ E

Eine Janney Kupplung mit Mittelpuffer ist nicht mit einer UIC Schraubekupplung mit Seitenpuffer kompatibel (Martin et al. 2015). Das Kuppeln geschieht nach dem Klauenprinzip durch Auffahren, wobei Luftleitungen manuell verbunden werden müssen. Die Luftleitungen müssen beim Entkoppeln ebenfalls manuell getrennt werden und die Kopplung wird mittels einer Zugstange manuell gelöst.

Die Janney Kupplungen gelten ebenso wie die UIC Schraubekupplung als robust (Martin et al. 2015), sind aber etwa doppelt so teuer⁵. Die maximal übertragbaren Kräfte liegen deutlich höher bei 1200 kN (Zug) und 2900 kN (Druck).

⁴ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Train_coupling.jpg#/media/File:Train_coupling.jpg

⁵ <https://german.alibaba.com/product-detail/aar-e-type-coupler-for-railway-wagon-60584737388.html>

Arbeitsschritte:

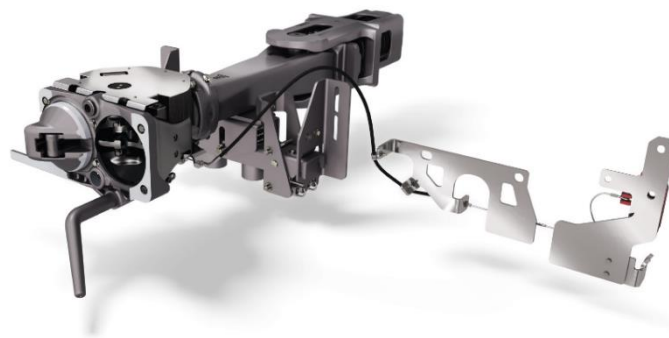
- Manuell an die Wagengruppe anfahren, Abstandsmessung mit optischen Sensoren und Unterstützung durch akustische Hinweise. Fahrzeug bei-/ aufdrücken.
- Gehen zur Koppelstelle
- Verbindung der Druckluftleitung
- Sichtprüfung des Einkoppelns
- Absperrhähne der Druckluftleitung öffnen

4.1.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Zur Realisierung eines fahrerlosen Betriebs ist eine automatische Kupplung erforderlich, die in der Lage ist, einen Kupplungsvorgang durch Aufdrücken durchzuführen und über ein Signal eine Entkopplung auszulösen. Bei Beibehaltung eines luftdruckbetriebenen Bremssystems ist außerdem eine Druckluftverbindung automatisch herzustellen.

Die Technologie wird üblicherweise im Personenverkehr eingesetzt, wie beispielsweise die Scharfenberg Typ 140/Typ 10 im ICE (Hagenlocher 2015). Auf Grundlage dieser Scharfenberg Kupplung wurde im Zuge des Forschungsprojekts „5L“ die Voith Cargoflex Typ Scharfenberg entwickelt, die für die im Güterverkehr auftretenden Kräfte verstärkt wurde. Dabei handelt es sich um eine automatische Mittelpufferkupplung, die sowohl Zug- als auch Druckkräfte aufnehmen kann (Voith 2018).

Allerdings ist diese Kupplung für eine Bedienung vor Ort ausgelegt. Um einen automatischen Betrieb gewährleisten zu können, wäre eine entsprechende Weiterentwicklung erforderlich. Diese würde entweder eine Elektrifizierung der Wagen für ein durchgängiges elektrisches Signal erfordern oder es müssten entsprechende Empfänger eingesetzt werden, die über eine eigenständige Energieversorgung verfügen.



Quelle: Voith 2018

Abbildung 8 Automatische Kupplung „Voith Cargoflex Typ Scharfenberg“ für den Güterverkehr

Der Kuppelprozess wird durch die im 03 Basisszenario „Sensorik beim Schieben“ beschriebenen Systeme Automatische Zugsicherung (ATP) und Automatische Zugoperation (ATO) durchgeführt. Im Automatisierungsgrad der Stufe 2 löst der Triebwagenführer den Prozess aus und nimmt anschließend eine überwachende Funktion ein. Je nach Gestaltung der ATP und ATO Systeme bietet sich dafür eine Überwachung via Kamerasystem und Bildschirm an.

Gemäß Herstellerangaben ist die Kupplung modular aufgebaut, witterungsbeständig und kommt ohne Heizelemente aus (Voith 2018). Die Kupplung befindet sich aktuell im Probebetrieb des 5L-Projekts (Voith 2018). Es ist zu vermuten, dass die Kosten aufgrund der anspruchsvolleren Technologie über den manuellen oder halbautomatischen Systemen liegen werden.

Arbeitsschritte

- Triebwagenführer löst Kupplungsprozess aus
- Fahrzeug wird vollständig autonom bei-/aufgedrückt
- Sichtprüfung des Einkoppelns über Bildschirm durch Triebwagenführer

4.1.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Für autonome Kupplungsvorgänge kann ebenfalls die in Stufe 2 beschriebene „Voith Cargoflex Typ Scharfenberg“ verwendet werden. Auf dieser Stufe entfällt der Triebwagenführer. Der Kupplungsprozess wird von der im 03 Basisszenario „Sensorik beim Schieben“ beschriebenen Automatischen Zugsteuerung (ATC) ausgelöst und ebenso wie in Stufe 2 durch die Automatische Zugsicherung (ATP) und Automatische Zugoperation (ATO) durchgeführt. Von einer Leitwarte aus wird der Prozess überwacht und es kann im Bedarfsfall korrigierend eingegriffen werden.

Arbeitsschritte

- Die Automatische Zugsteuerung (ATC) löst Kupplungsprozess aus
- Fahrzeug wird vollständig autonom bei-/aufgedrückt
- Sensorprüfung des Einkoppelns
- Benachrichtigung einer Leitwarte im Sonderfall

4.1.3 Rechtliche Anforderungen

Für das automatische Kuppeln sind weitere Schritte in Hinblick auf die Umstellung zum autonomen Fahren nötig. Das Entkuppeln während der Fahrt ist verboten.

Die durch den Tf oder Rangierbeileiter ausgeübten Tätigkeiten, wie beispielsweise die Sichtprüfung während des Beidrückens, sind in technische Prozesse umzuwandeln. Für diese Prozesse sind je nach Funktionsweise entsprechende Anpassungen der Richtlinien notwendig.

Für die im Projekt definierten Automatisierungsstufen müssen die Systeme im Allgemeinen sicher und zuverlässig sein (jedes einzelne mindestens so sicher, wie das Vorgängersystem). Unter anderem muss das Gesamtsystem den Vorgaben der Ril EU

2016/797 entsprechen und ein Risikomanagementverfahren ist erforderlich (DIN prEN 50126). Weitere Anforderungen sind unten stichpunktartig aufgeführt.

Gemäß der Ril 408.4813 ist vor dem Bewegen von Fahrzeugen deren Fahrbereitschaft durch den Triebfahrzeugführer festzustellen.

Bei einem Verzicht auf einen Tf müsste diese Tätigkeit auf ein System, dessen Anforderungen noch zu beschreiben und entwickeln wären oder eine noch zu definierende Person übertragen werden.

- Rechtliche Ansätze
- Systeme müssen sicher und zuverlässig sein:
 - o z. B. Datenkommunikationssystem (Zug mit der Außenwelt)
 - o z. B. elektrische Energieversorgung
- Gesamtsystem nach Ril EU 2016/797
- Feststellung sicherheitsrelevanter und signifikanter Systemänderungen
- Durchführung eines Risikomanagementverfahrens gemäß DIN prEN 50126
- Ableitung von funktionalen Sicherheitsanforderungen
- Security-Anforderungen - Schutz von nicht-technischen Gefahren:
- Gefährdungsidentifikation gemäß DIN VDE 0831 102
- Abzuwendende Bedrohungen gemäß DIN VDE 0831-104
- Risikomanagementverfahren und Ableitung von Sicherheitsanforderungen nach IEC 62243-3-3
- 408.4813 Kap. 2 Fahrbereitschaft feststellen
 - o (1) Bevor Fahrzeuge bewegt werden, muss der Triebfahrzeugführer Folgendes feststellen:
 - a) Gemeinsam zu bewegende Fahrzeuge müssen untereinander gekuppelt sein, ausgenommen beim Beidrücken oder an Trennstellen abzustoßender oder ablaufender Fahrzeuge.
 - b) Die Bremsen müssen gelöst sein.
 - c) Die zu bewegenden Fahrzeuge dürfen nicht durch Hemmschuhe oder Radvorleger festgelegt sein.
 - d) Mitfahrende müssen verständigt sein.
 - e) Außentüren von Reisezugwagen müssen geschlossen sein.
 - f) Soweit erforderlich muss die Bremsprobe ausgeführt oder die besetzten Handbremsen auf ihre Wirksamkeit geprüft sein.
 - g) Beim Abstoßen oder Ablaufen müssen die erforderlichen Hemmschuhe zum Anhalten der Wagen gebrauchsfähig an den vorgesehenen Stellen bereitliegen.
 - o (2) Zusatzanlagen sind Privatgleisanschlüsse, Ladestraßen, Laderampen, Lagerplätze, Anlagen des Kombinierten Verkehrs, Güterhallen, Lademittel-

stützpunkte, Gleise und Ladestellen für die Post, Übergabegleise für private Eisenbahnen, Gleise für Zoll- und Grenzbehandlung, Anschlüsse der DB AG mit Ladetätigkeit, Gleiswaagen, Lademaße, Entseuchungsanlagen, Ladeanlagen „Auto im Reisezug“, Gleise für Ladetätigkeit von Dienstleistern, Schadwagen und Werkstattgleise, Wasch- und Reinigungsanlagen sowie besondere Gleise, die der Betriebspflege von Reisezugwagen dienen. Bevor auf Zusatzanlagen Fahrzeuge bewegt werden, muss der Triebfahrzeugführer außerdem Folgendes feststellen:

- a) Ladearbeiten müssen eingestellt und Personen, die sich zum Be- und Entladen im Wagen befinden, ausgestiegen sein.
 - b) Lose Fahrzeugteile müssen ordnungsgemäß festgelegt und bewegliche Fahrzeugeinrichtungen richtiggestellt und verriegelt und Wagendecken befestigt sein.
 - c) Der lichte Raum muss frei sein; hierzu gehört auch das Entfernen von an Fahrzeugen angeschlossenen Ver- oder Entsorgungseinrichtungen.
- (3) Die Feststellungen nach den Absätzen (1) oder (2) muss der Rangierbegleiter treffen, wenn ihm diese Aufgaben übertragen worden sind.
- 408.4814 Kap. 9 Während der Fahrt entkuppeln
 - Es ist verboten, während der Fahrt zu entkuppeln, mit dem vorderen Teil der Rangierfahrt vorzufahren und zwischen ihm und dem folgenden Teil eine Weiche umzustellen.
 - In örtlichen Zusätzen können Ausnahmen zugelassen sein.
 - Lösungsansätze Kupplungen: - technisch machbar, - am Markt umsetzbar, - wirtschaftlich sinnvoll.

4.2 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe

4.2.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Der Rangierbegleiter geht den Zug Wagen für Wagen beginnend bei der Lok ab. Dabei achtet er darauf, dass alle Bremsen gelöst sind. Dazu sichtet er die Bremsen und hört das Lösen der Bremsen und den Luftdurchlass. Dies macht er bis zum letzten Wagen und meldet dann dem Triebwagenführer, ob alles in Ordnung ist und aus seiner Sicht mit der Rollprobe begonnen werden kann.



Foto: IVE 2018

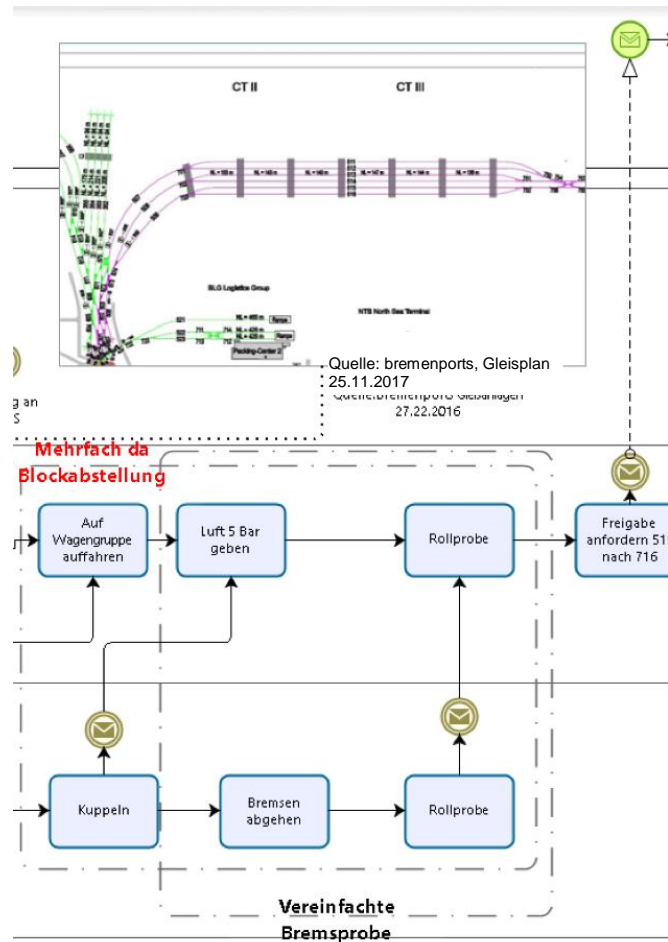
Abbildung 9 Rangierbegleiter wartet auf Rollbewegung des letzten Wagens

Die Rollprobe ist eine Prüfung, ob die Wagen nach dem Anschieben durch die Rangierlok rollen, also ob die Bremsen gelöst sind. Bei den abgestellten Wagen sorgt der Druck der Hilfsdruckbehälter für die Feststellung der Bremsen. Durch die Hauptluftleitung wird der Regelbetriebsdruck von der Lok auf alle Wagen übertragen. Dadurch werden die Bremsen gelöst.

Die Durchführung einer Rollprobe wird mit einer Mitteilung abgeschlossen, sobald der letzte Wagen zu rollen beginnt.

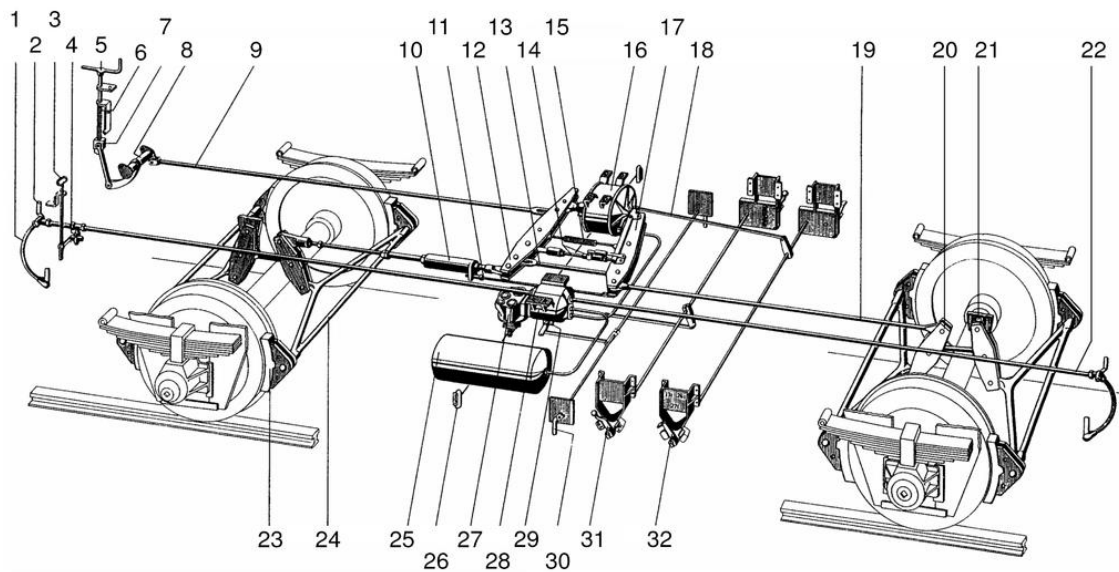
- Der Triebwagenführer führt ein Anschieben des Zuges durch. Dazu gibt er nach Erreichen von 5 bar Bremsdruck (Regelbetriebsdruck) und der Freigabe zur Rollprobe durch den Rangierbegleiter Vortrieb an der Lok.
- Die Leistung der Lok wird nun schrittweise erhöht, bis sich die Lok in Bewegung setzt.

- Aus der Länge des Zuges und der aufgebracht Leistung, die notwendig ist, um den ganzen Zug in Bewegung zu setzen, kann er schließen, ob die Bremsen für die Fahrt in Ordnung sind.



Quelle: ISL 2018

Abbildung 10 Prozess „vereinfachte Bremsprobe“ in der Blockabstellung aus BPMN Modell



1 Bremskupplung	13 Laststange	23 Bremsklotz
2 Kupplungshahn	14 Mech. Lastwechsel mit Leerstange	24 Bremsdreieck
3 Notbremszug	15 Rückziehfeder	25 Hilfsluftbehälter
4 Notbremshahn	16 Bremszylinder	26 Griff zu Auslöseventil
5 Handbremskurbel	17 Festpunkthebel	27 Steuerventil
6 Bremsspindel	18 Betätigungsgestänge zu mech. Lastwechsel	28 Steuerbehälter
7 Bremsspindelmutter	19 Bremszugstange	29 Bremsausschalhahn
8 Bremswelle	20 Vertikalbremshebel	30 Betätigungsgriff zum Bremsausschalhahn
9 Handbremszugstange	21 Festpunkt	31 GP-Wechsel
10 Bremsgestängesteller	22 Hauptleitung	32 Umstellvorrichtung zum Lastwechsel
11 Steuerstange		
12 Horizontalhebel		

Abbildung 11 Bremsanlage eines Güterwagens mit Bremsgestängesteller, GP-Wechsel und manuellem Lastwechsel⁶

Algorithmen - Umsetzung im Ist-Zustand

Um die Anforderungen der vereinfachten Bremsprobe zu erfüllen (Sicherstellung, dass alle Bremsen für die Fahrt gelöst sind), sind grundsätzlich die folgenden Schritte notwendig:

- Prüfen der vollständigen Befüllung der Hauptluftleitung mit Regelbetriebsdruck
- Test auf Lösen aller Bremsen

Prüfen der vollständigen Befüllung der Hauptluftleitung mit Regelbetriebsdruck

1. Der Rangierbegleiter geht den Zug Wagen für Wagen beginnend bei der Lok ab, bis der letzte Wagen kontrolliert ist.

⁶ Quelle: BAV/OFT/UFT, Plutowiki - Bundesamt für Verkehr (BAV): Fahrdienstvorschriften (FDV), R 300.14, Beilage 1, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27628605>; abgerufen am 06.06.2018

- Kontrolle auf Luftdurchlass
- Falls Hauptluftleitung nicht gefüllt wird, Korrektur der Ventile
- Kontrolle auf Lösen der Bremsen (es ist hörbar, sobald die Bremsen sich lösen, Druck größer als im Hilfsluftbehälter)

2. Mitteilung an den Triebwagenführer „Rollprobe kann beginnen“

Test auf Lösen aller Bremsen (Rollprobe)

1. Triebwagenführer wartet bis Regelbetriebsdruck von 5 bar erreicht ist
2. Triebwagenführer erhöht die Vortriebsleistung der Lok, bis sich die Lok in Bewegung setzt
3. Mitteilung des Rangierbegleiters „Letzter Wagen rollt“
4. Aus der Länge des Zuges und der aufgebrachten Leistung, die notwendig ist, um den ganzen Zug in Bewegung zu setzen, kann er schließen, ob die Bremsen für die Fahrt in Ordnung sind
5. Falls zu viel Leistung notwendig ist, manuelle Prüfung aller Bremsen (Triebwagenführer und Rangierbegleiter)

Grafische Umsetzung

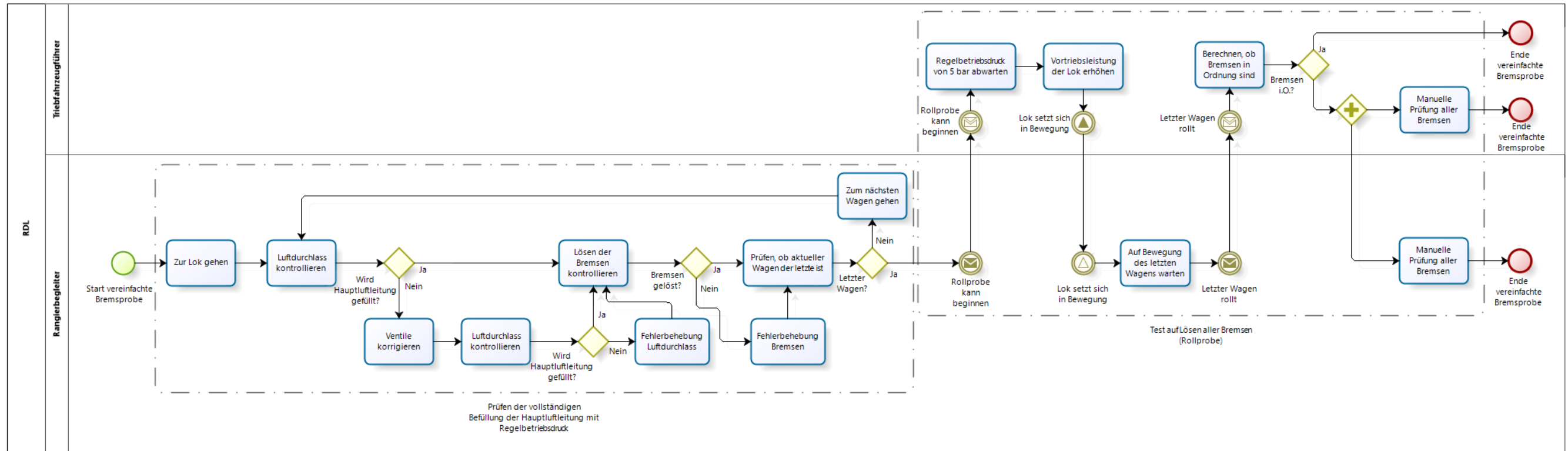


Abbildung 12 Vereinfachte Bremsprobe

4.2.2 Technisches Konzept

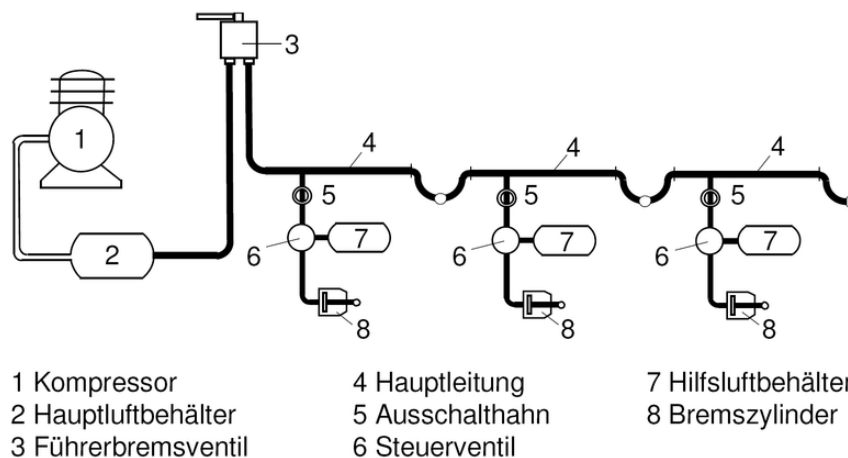
Die vereinfachte Bremsprobe ist Teil des Vorbereitungsdiensts vor Zugfahrten und umfasst die Überprüfung aller im täglichen Betrieb vorkommenden Veränderungen in der Befehlskette der Bremsen (Minde 2007).

Stand der Technik

Die Art und Weise der Bremsprobe ist stark von der Ausführung der verwendeten Bremssysteme abhängig. Dafür sind weniger die Bremsmedien (z. B. Klotz, Scheibe, Magnet oder Sanden) entscheidend, als vielmehr die Art der Bremssteuerung. Die im deutschen Güterverkehr verbreiteten Klotzbremsen werden zurzeit hauptsächlich über Druckluft betrieben, die gleichzeitig zum Steuern und Regeln verwendet wird.

Indirekte Druckluftbremse

Bei einer indirekten oder auch selbsttätigen Druckluftbremse werden die Bremszylinder nicht direkt, sondern über eigene Steuerventile an den einzelnen Wagen über die Hauptluftleitung angesteuert. Sie werden mit Druckluft aus Hilfsluftbehältern (auch R-Behälter) befüllt (Abbildung 13) und können über die Steuerventile wieder entleert werden, was bei einer Zugtrennung oder Störung zu einem selbsttätigen Bremsvorgang führt (Kleemann et al. 2012).



Quelle: Wikicommons

Abbildung 13: Prinzip der automatischen Druckluftbremse

Der Druckluftpegel der zugdurchgängigen Hauptleitung wird dabei durch das sogenannte Führerbremsventil gesteuert. Bei einer Füllstoßstellung erfolgt ein schnelles Aufladen der Hauptleitung direkt aus dem Hauptluftbehälter (8-10 bar) des Triebfahrzeugs. Anschließend wird der Regelbetriebsdruck von 5 bar auch bei geringen Undichtigkeiten durch einen Kompressor im Triebfahrzeug aufrechterhalten. Durch Absenken bzw. Erhöhen des Druckes in der Hauptleitung können in feinen Stufen Betriebsbremsungen (Brems- u. Lösestufen) bis zur Vollbremsstellung (3,5 bar) oder Schnellbremsstellung (0 bar) durchgeführt werden (Minde 2007).

An den einzelnen Wagen sind UIC genormte Steuerventile angebracht, die anhand des Druckes der Hauptleitung den Druck der jeweiligen Bremszylinder steuern.

Ein wesentlicher Nachteil reiner Druckluftbremsen ist die Begrenzung der Steuerbefehle auf die Schallgeschwindigkeit in der Hauptleitung (250-280 m/s), was bei längeren Zügen zu einer Zeitverzögerung der Bremsungen und einem gefährlichen Auflaufen der hinteren Wagen führen kann. Um dies auszugleichen werden die Füll- und Lösezeiten der Bremszylinder daher verlängert (Minde 2007). Diesem wird durch Umstelleinrichtungen begegnet, die die Veränderung der Anlege- und Lösezeiten erlauben. Bei Güterwagen haben sich die Einstellmöglichkeiten G (langsam wirkend) und P (schnell wirkend) durchgesetzt, die per Hebel eingestellt werden.

Triebwagen haben zusätzlich eine direkte pneumatische Bremse, bei der die Zylinder des Triebwagens direkt angesteuert werden können, was für feinstufige Bremsmanöver beim Kuppeln oder Rangieren oder zum Festhalten des Zuges bei der Bremsprobe erforderlich ist (Kleemann et al. 2012).

Elektro-pneumatische Bremse

Da Wagen im Personenverkehr elektrifiziert sind, werden Bremsvorgänge hier ebenfalls mittels einer elektrisch-pneumatischen Bremse über ein elektrisches Signal ausgelöst (Abbildung 14).



Quelle: Wikicommons

Abbildung 14 Neunpoliger UIC-Leitungsstecker der Deutschen Bahn

Herkömmliche Güterwagen sind üblicherweise nicht elektrifiziert und benötigen für eine derartige Bremse eine Aufrüstung. Elektro-pneumatische Bremsen können wie im Projekt „Güterwagen 4.0“ so konstruiert werden, dass sie mit indirekten Druckluftbremsen kombinierbar sind (Enning & Pfaff 2017, Schmidt et al. 2017). Das BMVi Projekt „Aufbau und Erprobung von Innovativen Güterwagen⁷“ beschreibt ebenfalls eine elektro-pneumatische Bremse (ep-Bremse) im Güterbetrieb. Diese wird mittels einer 110V-

⁷ <https://www.innovativer-gueterwagen.de>

Leitung angesteuert, die in die Wagen installiert wird. Über das elektrische Steuersignal kann so ein gleichzeitiges Bremsen aller Wagen ausgelöst werden. Da hier jedoch auf dieselbe Druckluftleitung zum Wiederbelüften der Bremszylinder zurückgegriffen wird, können beim Anfahren nach Kuppelvorgängen oder starken Bremsvorgängen dieselben Wartezeiten wie bei einer reinen Luftdruckbremse entstehen. Bei Rangfahrten treten keine hohen Geschwindigkeiten auf, sodass der Sicherheitsgewinn eher gering ist.

Elektro- und hydrodynamische Bremsen

Elektro- und hydrodynamische Bremsen sind verschleißfreie oder verschleißarme Bremssysteme, die Druckluftbremsen in ihrer Wirkung unterstützen. Sie wirken an den Triebfahrzeugen und sind in ihrer Gestaltung von der jeweiligen Antriebsart abhängig. Die Bremskraft nimmt mit der Geschwindigkeit ab, sodass elektro- und hydrodynamische Bremsen üblicherweise mit einem Bremssystem kombiniert werden, um eine vollständige Bremsung zu erreichen (Minde 2007).

- **Elektrodynamische Bremsen**

Die elektromotorische Bremse oder elektrodynamische Bremse basiert auf dem Prinzip, dass Motoren bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen in den Generatorbetrieb geschaltet werden. So kann ein verschleißfreier Bremsvorgang eingeleitet werden, bei dem kinetische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird (Kleemann et al. 2012). Aufgrund ihrer Wirkungsart ist die Bremskraft auf Fahrzeuge mit einem elektrischen Antrieb limitiert.

- **Wirbelstrombremse**

Mit einem in der Wirkung vergleichbaren Prinzip arbeitet eine lineare Wirbelstrombremse, die aktuell im ICE 3 eingesetzt wird. Hier induzieren kurz über Schienenhöhe angebrachte Elektromagneten elektrische Ströme in die Gleise, was zu einer Verzögerung führt. Die Wirbelstrombremse ist nicht auf Triebwagen limitiert, sinkt in ihrer Effektivität jedoch mit der gefahrenen Geschwindigkeit und reicht für eine vollständige Abbremsung nicht aus, was sie für den Rangierbetrieb impraktikabel macht.

- **Hydrodynamische Bremsen**

Hydrodynamische Bremsen oder Retarder sind Bremseinrichtungen, die bei Fahrzeugen mit Verbrennungsantrieb eingesetzt werden können. Dabei handelt es sich um ein mit der elektromotorischen Bremse vergleichbares Prinzip, bei dem eine Flüssigkeit in einen Drehmomentwandler gepumpt wird und über den entstehenden Widerstand zu einer verschleißfreien Bremsung führt (Kleemann et al. 2012). Dieses Bremsverfahren ist auf Fahrzeuge mit hydraulischer Kraftübertragung limitiert.

Direkt wirkende Bremssysteme

Vorrangig in Nahverkehrstriebzügen werden aktiv wirkende ep-Bremsen eingesetzt, die elektrisch gestellt werden können. Dabei steuert ein elektrischer Bremssteller Magnetventile an den einzelnen Bremsen an und erlaubt ein gleichzeitiges Be- oder Entlüf-

ten der Bremszylinder. Problematisch ist hier die fehlende Selbsttätigkeit der Bremsen, die durch ein zusätzliches Sicherungssystem garantiert werden muss. Dies ist in der Praxis üblicherweise eine zusätzliche, indirekte Druckluftbremse (Minde 2007).

Im Rangierbetrieb wäre ein rein elektrisch und direkt wirkendes Bremssystem technisch realisierbar, allerdings stehen einem derartigen Ansatz starke Hürden gegenüber:

- Um einen autarken Bremsvorgang garantieren zu können, wäre jeder Wagen zu elektrifizieren und mit einem eigenen Bremssystem zu versehen, das die notwendige Sensorik und Aktorik enthält, um den Bedarfsfall zu erkennen und selbsttätig zu bremsen.
- Bei Verzicht auf eine durchgängige Hauptluftleitung wäre eine Kompatibilität mit den klassischen Güterwagen nicht gegeben.

Aufgrund dieser Argumentation setzen die Forschungsprojekte „Güterwagen 4.0“ (Schmidt et al. 2017) und „Aufbau und Erprobung von Innovativen Güterwagen⁸“ indirekt wirkende ep-Bremsen ein.

4.2.2.1 Stufe 0: Rein manuell durchgeführter Vorgang

Auf Stufe 0 werden die Tätigkeiten der Bremsprobe durch den Triebwagenfahrer und den Rangierbegleiter durchgeführt.

Arbeitsschritte

Prüfen der vollständigen Befüllung der Hauptluftleitung mit Regelbetriebsdruck

- Auslösung der Bremsprobe durch den Triebwagenfahrer
- Sichtprüfung aller Wagen durch Rangierbegleiter
- Kontrolle auf Luftdurchlass
- Korrektur der Ventile, falls Luftstrom unterbrochen
- Akustische Kontrolle auf Lösen der Bremsen
- Mitteilung an den Triebwagenführer „Rollprobe kann beginnen“

Test auf Lösen aller Bremsen (Rollprobe)

- Einstellung von 5 bar Bremsdruck
- Schrittweise Erhöhung der Anschiebleistung, bis sich der Zug in Bewegung setzt
- Mitteilung des Rangierbegleiters „Letzter Wagen rollt“
- Beurteilung der Bremsleistung anhand der Länge des Zuges und der benötigten Leistung
- Falls zu viel Leistung notwendig ist, manuelle Prüfung aller Bremsen

⁸ <https://www.innovativer-gueterwagen.de>

4.2.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Variante 1: Automatisierte Bremsprobe an einer indirekten Luftdruckbremse

Der Einsatz von Automatisierungstechnik bei der Bremsprobe an einer indirekten Luftdruckbremse ist technisch möglich und im Personenverkehr weit verbreitet (Bruckmann et al. 2014). Im Güterverkehr ist dies aufgrund der fehlenden Elektrifizierung der Wagen noch nicht in der Praxis angekommen.

Das Automationsprojekt „Ein-Personen-Betrieb“ der SBB Cargo entwickelt neben einem Kollisionswarnsystem und der automatischen Kupplung des „5L“ Demonstrationszugs (Voith 2018) auch eine automatische Bremsprobe. Diese soll demnach den durchschnittlichen Zeitbedarf für die reguläre Bremsprobe von 40 auf 10 Minuten reduzieren, kann aber auch für die vereinfachte Bremsprobe eingesetzt werden (Ritter 2017). Bei den Bremsen handelt es sich um indirekte Druckluftbremsen, deren Druck mittels Onboard-Units (Abbildung 15) gemessen wird und über Funk von Wagen zu Wagen geleitet, bis sie mit der Wagenliste abgeglichen und dem Triebwagenführer auf einem Notebook angezeigt werden (Dober 2015).



Quelle: Dober 2015

Abbildung 15 Onboard-Unit mit Akku, Drucksensor und Antenne

Notwendiges Kernelement dieses Automatisierungsschritts ist die Elektrifizierung der Güterwagen durch einen bei Fahrt über Generatoren selbstladenden Akku. Eine Elektrifizierung der Güterwagen ist mit vergleichsweise geringen Kosten von schätzungsweise 1250 Euro je Wagen realisierbar (Luther 2015). Die Kosten für die Entwicklung der Steuerungssoftware sind herstellerabhängig.

Automatisierungstechnik:

- Elektrifizierung der Güterwagen
- Sensorüberwachungssystem mit Luftdrucksensoren und Zugriff auf die Wagenliste

- Digitales Anzeigesystem für Triebwagenfahrer (Laptop, Tablet, etc.)

Arbeitsschritte:

- Auslösung der vereinfachten Bremsprobe durch den Triebwagenfahrer
- Prüfung der Bremsstellung durch Sensorik
- Meldung des Prüfergebnisses an den Triebwagenführer
- Einstellung von 5 bar Bremsdruck
- Schrittweise Erhöhung der Anschiebleistung, bis sich der Zug in Bewegung setzt
- Sensorik ermittelt die erforderliche Leistung und gibt diese an andere Wagen weiter
- Automatischer Abgleich mit der Wagenliste und Beurteilung der Bremsleistung anhand der Länge des Zuges und der benötigten Leistung
- Ausgabe des Ergebnisses an den Triebwagenführer

Variante 2: Bremsprobe einer direkt wirkenden Bremse

Vorausgesetzt, dass die unter 0 genannten Herausforderungen beherrschbar wären, könnte mit direkt wirkenden Bremsen die Bremsprobe weiter vereinfacht werden. Hier müsste kein Luftdruck aufgebaut werden, wodurch die benötigte Zeit weiter reduziert werden könnte. Allerdings wären die Kosten für eine Umrüstung der Wagen deutlich höher. Allerdings ist der Einsatz einer direkt wirkenden Bremse im Rahmen der geltenden Vorschriften des Bahnverkehrs nicht als alleiniges Bremssystem zulässig (Minde 2007).

Variante 3: Thermische Sensoren an den Bremsmedien

Bei mechanischen Bremsen wird die kinetische Energie des Fahrzeugs über Reibung in thermische Energie umgewandelt. Prinzipiell ein Bremsvorgang wäre daher mit thermischen Sensoren am Bremsmedium erkennbar (vgl. Degenstein & Winner 2008).

Mit dieser Methode könnte die Bremsprobe weiter vereinfacht werden. Vorausgesetzt, dass die Temperatur an jeder Bremse ermittelt werden kann, würden sich die Sensoren beim Verbinden des Zuges initialisieren und ihre Starttemperaturen weitergeben. Beim Anfahren mit gelöster Bremse ließen sich über die Temperaturerhöhung die feststehenden Bremsen erkennen. Bei einem anschließenden Bremsvorgang würde die relative Temperaturerhöhung im Vergleich mit den anderen Bremsen Aufschluss über die Verteilung der Bremskraft geben.

4.2.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Die automatische Bremsprobe kann technisch auch im fahrerlosen Betrieb eingesetzt werden.

Automatisierungstechnik:

- Elektrifizierung der Güterwagen

- Sensorüberwachungssystem mit Luftdrucksensoren und Zugriff auf die Wagenliste
- Systeme für Autonomen Bahnbetrieb
 - Automatische Zugsicherung (ATP)
 - Automatische Zugoperation (ATO)

Arbeitsschritte:

- Auslösung der Bremsprobe durch den Triebwagenführer
- Prüfung der Bremsstellung durch Sensorik
- Autonome Einstellung von 5 bar Bremsdruck
- Schrittweise Erhöhung der Antriebsleistung, bis sich der Zug in Bewegung setzt
- Sensorik ermittelt die erforderliche Leistung und beurteilt die Bremsleistung in Abhängigkeit von der Länge des Zuges
- Sensorik ermittelt die erforderliche Leistung und gibt diese an andere Wagen weiter
- Automatischer Abgleich mit der Wagenliste und Beurteilung der Bremsleistung anhand der Länge des Zuges und der benötigten Leistung
- Ausgabe des Ergebnisses an den Triebwagenführer

4.2.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Auf Automatisierungsstufe 3 wird die Rolle des Triebwagenführers automatisiert und das Ergebnis stattdessen der Leitwarte übermittelt. Voraussetzung ist, dass die Bremsprobe durch das ATC-System ausgelöst und bewertet werden kann.

Automatisierungstechnik:

- Elektrifizierung der Güterwagen
- Sensorüberwachungssystem mit Luftdrucksensoren und Zugriff auf die Wagenliste
- System für Autonomen Bahnbetrieb
 - Automatische Zugsicherung (ATP)
 - Automatische Zugoperation (ATO)
 - Automatische Zugsteuerung (ATC)
- Unterbrechungsfreie Verbindung zur Leitwarte
 - Kontinuierliches Senden von Sensordaten
 - Kontinuierliche Bereitschaft zum Empfang von Steuersignalen

Arbeitsschritte:

- Auslösung der Bremsprobe durch das ATC-System

- Prüfung der Bremsstellung durch Sensorik
- Autonome Einstellung von 5 Bar Bremsdruck
- Schrittweise Erhöhung der Anschiebleistung, bis sich der Zug in Bewegung setzt
- Sensorik ermittelt die erforderliche Leistung und beurteilt die Bremsleistung in Abhängigkeit von der Länge des Zuges
- Sensorik ermittelt die erforderliche Leistung und gibt diese an andere Wagen weiter
- Automatischer Abgleich mit der Wagenliste und Beurteilung der Bremsleistung anhand der Länge des Zuges und der benötigten Leistung
- Ausgabe des Ergebnisses an das ATC-System und die Leitstelle

4.2.3 Rechtliche Anforderungen

Die vereinfachte Bremsprobe ist ein wichtiger Schritt, der eine sichere Rangierfahrt ermöglicht. Eine Vielzahl von Regelungen ist gegeben, die für die im Projekt Rang-E definierten Automatisierungsstufen weiter angepasst werden müssen. Im Allgemeinen lässt sich festhalten, dass die Fahrtbereitschaft aktuell durch Personal geprüft werden muss. Außerdem muss das Personal nach RiL 915 die Befähigung zum Bremsproberechtigen erlangt haben. Die vollständige Bremsprobe ist in der Regel erst bei Ausfahrt der Rangiereinheit auf die freie Strecke (mit Streckenlok) notwendig. Im Mittel kann für die Simulation eine Fußweggeschwindigkeit von 1 m/s für den Rangierbegleiter angenommen werden.

Die untenstehenden Passagen sind Auszüge der Richtlinien und beziehen sich im Wesentlichen auf die Bremsprobe und deren Arbeits- und Handlungsschritte.

- 408.4813, 2 Fahrbereitschaft feststellen:
 - b) Die Bremsen müssen gelöst sein.
 - f) Soweit erforderlich muss die Bremsprobe ausgeführt oder die besetzten Handbremsen auf ihre Wirksamkeit geprüft sein.
- OeRil, Stellwerke „Stf“ u. „Bkf“, 4. Andere Anlagen, Bremsprüfeinrichtungen
 - Nordhafen handbediente Bremsprüfanlage für die Gleise 301 – 310
 - Imsumer Deich handbediente Bremsprüfanlage für die Gleise 432 – 438
 - Weddewarder Tief handbediente Bremsprüfanlage mit für die Gleise 611 – 618
 - Kaiserhafen handbediente Bremsprüfanlage für die Gleise 5 – 16
 - KV-Anlage CT 4 handbediente Bremsprüfanlage mit Bedienstationen im Gleisfeld (PA Anhang 21e) für die Gleise 711 – 716
- OeRil, Stellwerk „Raf“, Andere Anlagen, Bremsprüfeinrichtungen zwischen

- Gleis 432 und 431, Gleis 428 und 427, Gleis 426 und 425, Gleis 424 und 423, Gleis 422 und 421, Gleis 418 und 417, Gleis 416 und 415, Gleis 414 und 413, Gleis 412 und 411; in der KLV - Anlage Bremen Roland befindet sich eine ortsfeste Bremsprobeanlage mit manueller Fernbedienung.
- 408.4821 Kap. 1 Bremsen
 - (1) Wenn Druckluftbremsen benutzt werden, muss festgestellt werden, dass die Bremsen ordnungsgemäß wirken.
 - (2) Bei Rangierfahrten in einem Baugleis müssen alle Fahrzeuge an die Hauptluftleitung angeschlossen und alle brauchbaren Bremsen eingeschaltet sein. Das erste und letzte Fahrzeug muss eine wirkende Bremse haben. Mindestens 80 % der Fahrzeuge müssen gebremst sein.
 - (3) Ohne bediente Handbremse dürfen höchstens 10 Achsen gleichzeitig abgestoßen werden. In stärkeren Wagengruppen muss für je angefangene 20 Achsen mindestens eine Handbremse bedient werden. In örtlichen Zusätzen können andere Werte vorgeschrieben sein.
 - (4) Es gilt Folgendes:
 - a) Beim Abdrücken ist in den vom Triebfahrzeug geschobenen Wagengruppen keine wirkende Bremse erforderlich. In örtlichen Zusätzen können andere Regeln gegeben sein.
 - b) Ohne bediente Handbremse dürfen höchstens 6 Achsen, bei Leerwagengruppen höchstens 10 Achsen, gleichzeitig ablaufen. In stärkeren Wagengruppen muss für je angefangene 20 Achsen mindestens eine Handbremse bedient werden. In örtlichen Zusätzen können andere Werte vorgeschrieben sein.
 - c) Bei Ablaufanlagen mit Gleisbremsen oder Einrichtungen zur kontinuierlichen Geschwindigkeitsregelung kann in örtlichen Zusätzen für eine ablaufende Wagengruppe eine größere Achsenzahl ohne bediente Handbremse zugelassen sein.
- 408.4821 Kap. 2 Hemmschuhe
 - (1) Bevor Fahrzeuge abgedrückt oder abgestoßen werden, muss der Rangierer, der Hemmschuhe auslegt, seinen Platz im Auffangbereich einnehmen und sich überzeugen, dass die zu verwendenden Hemmschuhe vollzählig und in Ordnung sind.
 - (2) Hemmschuhe müssen in solchem Abstand ausgelegt werden, dass die bewegten Wagen mit Sicherheit vor den im Gleis stehenden Wagen zum Stillstand kommen.
 - (3) Wenn zwei Hemmschuhe ausgelegt werden, sind diese entweder auf derselben Schiene hintereinander oder verteilt auf beide Schienen versetzt angeordnet auszulegen. Dabei muss der hintere Hemmschuh für den Ablauf so aufgelegt werden, dass ein ausreichender Bremsweg

- vorhanden ist. Der zweite Hemmschuh muss möglichst entfernt werden, wenn der erste wirkt.
- (4) Die Wirkungsweise des Hemmschuhs muss überwacht werden. Springt er ab, muss möglichst ein zweiter ausgelegt werden. Der Hemmschuhlegervormann muss verständigt werden.
 - (5) Ein Hemmschuh ist, wenn das Fahrzeug von ihm abgerollt ist, möglichst sofort abzunehmen und - sofern er nicht umgehend wiederverwendet wird - an den dafür bestimmten Platz zu legen.
- 408.4821 Kap. 3 Luftbremskopf
- Ein Luftbremskopf muss verwendet werden, wenn der Rangierbegleiter den Fahrweg und die Signale beobachtet, und zwar
 - a) bei Rangierfahrten im Baugleis stets,
 - b) in anderen Fällen, wenn es in örtlichen Zusätzen angeordnet ist.
- CELEX 995 Kap.
- 4.2.2.6. Zugbremsung
 - 4.2.2.6.1 Mindestanforderungen an das Bremssystem
 - Alle Fahrzeuge im Zugverband müssen an ein durchgehendes automatisches Bremssystem nach der TSI ‚Fahrzeuge‘ angeschlossen sein. Das erste und das letzte Fahrzeug (einschließlich Triebfahrzeugen) im Zugverband müssen eine funktionstüchtige selbsttätige Bremse besitzen. Wenn ein Zugverband unbeabsichtigt in zwei Teile getrennt wird, müssen beide Zugteile selbsttätig durch Zwangsbremmung zum Stillstand gebracht werden.
 - 4.2.2.6.2 Bremsleistung und zulässige Höchstgeschwindigkeit
 - 1. Der Infrastrukturbetreiber muss dem Eisenbahnverkehrsunternehmen für jede Strecke die relevanten Streckenmerkmale mitteilen:
 - Signalabstände (Vorsignale - Hauptsignale, Bremsweglängen) und die darin enthaltenen Sicherheitsmargen
 - Neigungsverhältnisse
 - zulässige Höchstgeschwindigkeiten
 - Bedingungen für die Nutzung von Bremssystemen, die die Infrastruktur möglicherweise beeinträchtigen können, wie Magnetschienenbremsen, elektrische Bremsen und Wirbelstrombremsen.
 - 2. Zusätzlich kann der Infrastrukturbetreiber folgende Informationen bereitstellen:

- ii) bei Triebwagen, Triebzügen und festen Zugzusammensetzungen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h oder weniger die Verzögerung (wie unter Ziffer (i)) oder die Brems Hundertstel;
 - iii) bei anderen Zügen (variable Zugzusammensetzungen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h oder weniger): Brems Hundertstel.
 - Stellt der Infrastrukturbetreiber die vorstehenden Informationen bereit, so sind diese allen EVU zugänglich zu machen, die auf seinem Netz Züge zu betreiben beabsichtigen. Die zum Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser Verordnung für die bestehenden Strecken bereits verwendeten und zugelassenen Bremstabellen sind ebenfalls zur Verfügung zu stellen.
- 3. Während der Planungsphase hat das Eisenbahnverkehrsunternehmen das Bremsvermögen und die damit zusammenhängende Höchstgeschwindigkeit des Zuges anhand von Folgendem zu bestimmen:
 - der relevanten Streckenmerkmale gemäß obigem Punkt (1) oder, falls vorhanden, der vom Infrastrukturbetreiber bereitgestellten Informationen gemäß Punkt (2). Werden vom Infrastrukturbetreiber die Informationen unter Punkt (2) bereitgestellt, so muss das Eisenbahnverkehrsunternehmen das Bremsvermögen unter Verwendung derselben Informationen ausdrücken;
 - der fahrzeugbezogenen Toleranzen, die sich aus der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Bremssystems ergeben.
 - Darüber hinaus hat das Eisenbahnverkehrsunternehmen sicherzustellen, dass während des Betriebs jeder Zug mindestens die erforderliche Bremsleistung erreicht. Das Eisenbahnverkehrsunternehmen muss dazu entsprechende Vorschriften aufstellen, anwenden und diese im Rahmen seines Sicherheitsmanagementsystems verwalten.
 - Insbesondere hat das Eisenbahnverkehrsunternehmen Vorschriften aufzustellen, die anzuwenden sind, wenn ein Zug im Betrieb die erforderliche Bremsleistung nicht erreicht. In diesem Fall muss das Eisenbahnverkehrsunternehmen den Infrastrukturbetreiber umgehend benachrichtigen. Der Infrastrukturbetreiber kann daraufhin geeignete Maßnahmen ergreifen, um die Auswirkungen auf den Gesamtverkehr in seinem Netz zu reduzieren.
- 915.0101 Kap. 2 Bremsproberechtigte

- (1) Für das Bedienen und Prüfen der Bremsen im Betrieb ist eine Befähigung zum Bremsproberechtigen erforderlich. Einzelheiten sind durch das Unternehmen zu regeln.
- (2) Der bedienende Bremsproberechtigte bedient das Führerbremventil/Fahrbremsschalter eines Triebfahrzeuges, das Fernsteuerbediengerät (Sender) eines funkferngesteuerten Triebfahrzeuges oder die Bedieneinrichtungen der ortsfesten/mobilen Bremsprobeanlage.
- (3) Der prüfende Bremsproberechtigte prüft die Brems- oder Kontrolleinrichtungen am Fahrzeug. Dazu muss er ggf. Brems- oder Prüfeinrichtungen bedienen (z.B. Absperrhahn, Prüfknopf, Bremsstellungswechsel, Lastwechsel). Der prüfende Bremsproberechtigte stellt das ordnungsgemäße Arbeiten der Bremsen der Fahrzeuge durch Beobachten der Bremseinrichtungen oder der zugehörigen Bremsanzeigeeinrichtungen bzw. Führerraumanzeigen fest.
- (4) Die Aufgaben des bedienenden und prüfenden Bremsproberechtigten dürfen durch einen Bremsproberechtigten „Bremsproberechtigter am Zug“ allein wahrgenommen werden, wenn die Voraussetzungen dazu erfüllt sind.
- 408.4813, 2 Fahrbereitschaft feststellen:
 - b) Die Bremsen müssen gelöst sein.
 - f) Soweit erforderlich muss die Bremsprobe ausgeführt oder die besetzten Handbremsen auf ihre Wirksamkeit geprüft sein.
- Eine volle Bremsprobe muss ausgeführt werden:
 - a) am neu gebildeten Zug, frühestens 24 Stunden vor der Abfahrt, Ein Zug gilt als neu gebildet, wenn, - er aus Einzelwagen zusammengestellt wurde oder - der Zug durch Einstellen/Aussetzen von vor-/oder ungeprüften Wagen/Wagengruppen an mehr als zwei Stellen gekuppelt wurde.
 - b) wenn ein Zug länger als 24 Stunden abgestellt war,
 - c) am unverändert gebliebenen Zug, der mehrere Tage wiederverwendet wird, einmal täglich, im Regelfall vor der ersten Zugfahrt. Regelungen hierzu trifft die jeweilige Organisationseinheit des Eisenbahnverkehrsunternehmens, die für den Einsatz eines solchen Zuges zuständig ist.
 - d) bei Unregelmäßigkeiten gemäß Modul 915.0105 -> ungenügende Bremswirkung / Bremsen überladen (mehrere Lösezüge wurden gezogen)
 - e) vor Gefällestrecken gemäß Modul 915.0107 Abschnitt 2 Absatz 2 und Absatz 4 -> 16‰ über 3 km oder keine Betriebsbremsung vor Gefällestrecken möglich.

4.3 Basisszenario Sensorik beim Schieben

4.3.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Das Hafengebiet Überseehafen Bremerhaven bietet an vielen Stellen die Möglichkeit eines sinnvollen Richtungswechsels durch „einen kreisförmigen Aufbau“ der Verbindungswege, sodass Ziele von zwei Seiten angefahren werden können und an vielen Stellen die Möglichkeit besteht, durch Kopfmachen die Fahrtrichtung zu wechseln.

Viele Gleise enden mit Rampen oder Prellböcken/ Stumpfen Gleise, die ein Schieben erforderlich machen.

Für den Rangierbegleiter ist es bei Rangierfahrten, bei denen Wagengruppen gezogen werden, sicherer und komfortabler auf der Lok mitzufahren.

Für den Fall, dass vom Ziehen des Zuges auf das Schieben des Zuges gewechselt wird, muss der Rangierbegleiter die Lok an geeigneter Stelle verlassen und auf den letzten Wagen aufsteigen. Für den umgekehrten Fall, dass vom Schieben zum Ziehen gewechselt wird, ist abzuwägen, ob der Zeitverlust zur Lok zu laufen gerechtfertigt ist. Zwischen zwei schiebenden Fahrten können Wartezeiten mit einer nicht absehbaren Dauer entstehen.

Im Folgenden werden die anfallenden Tätigkeiten beschrieben, die während der Fahrt beim Schieben des Zuges entstehen.

Beim Schieben des Zuges (in Fahrtrichtung Wagen an erster Position, letzte Position Rangierlok) nimmt der Rangierbegleiter Überwachungsfunktionen des Fahrweges wahr. Der Rangierbegleiter ist gewissermaßen das Auge des Triebfahrzeugführers.

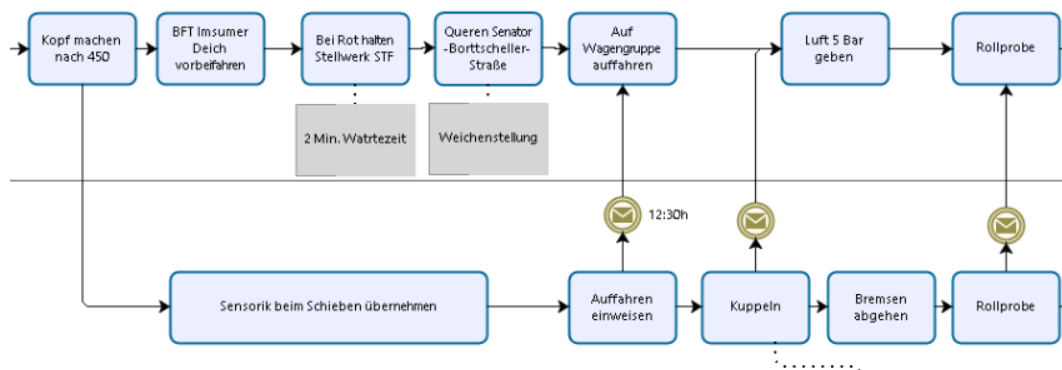


Foto: IVE 2018

Abbildung 16 Schieben eines Zuges

Der Rangierbegleiter gibt über Funk alle notwendigen Informationen an den Triebfahrzeugführer weiter:

- über verbleibende Abstände zur Zielwagengruppe (Wagenlänge, dann in Metern) bei der Zugzusammenstellung oder ein Hindernis oder Haltepunkt in vereinbarter Form
 - in 4, 3, 2, 1 und halber Wagenlänge und folgend
 - in 10, 8, 6, 4, 3, 2, 1 Meter(n)
- über die Stellung der Weichen
- über den Status der Signalzeichen
- über den Zustand der Tore (geschlossen, geöffnet, nicht vollständig geöffnet)
- mögliche Hindernisse im Gleisbett
- ...



Quelle: ISL, 2018

Abbildung 17 Sensorik beim Schieben aus BPMN Modell

Eine Teilautomatisierung durch eine Kamera am ersten Wagen ist nach Aussagen der Triebwagenführer wenig hilfreich. Dies ist z.Zt. darin begründet, dass der Triebwagenführer beim Auffahren und bei der vereinfachten Bremsprobe auf die akustischen Ansagen des Rangierbegleiters angewiesen ist. Der Triebwagenführer muss bei diesen Tätigkeiten die Instrumente auf der Lok im Blick haben und die Bedienelemente entsprechend handhaben.

Eine Sensorik für den Ersatz des Rangierbegleiters beim Schieben müsste alle weiteren Informationen wie Erkennung von Hindernissen, Stellung und Zustand der Weichen, Signale, vollständige Toröffnung usw. erkennen und vermitteln.

Bei Zuglängen bis zu 700 Metern ist die Möglichkeit einer Fernsteuerung durch den Triebwagenführer auf dem ersten Wagen auf Funktionalität und Sicherheit zu überprüfen. Auch die Zeitverzögerungen bei einem Wechsel zwischen Lok und erstem Wagen sind zu berücksichtigen, was gerade beim Kopfmachen im Weichenbereich nicht darstellbar ist.

Ein weiterer Sonderfall ist die Übernahme der Sensorik aus der Entfernung (vgl. hierzu auch 10 Prozessszenario BLG Rampen). Hierbei übernimmt der Rangierbegleiter die Sensorik während er gleichzeitig die Handweiche legt, den Individualverkehr per An-

dreaskreuz freigibt und die Straße durch den wieder anfahrenen Verkehr überqueren muss.

Algorithmen – Umsetzung im Ist-Zustand

1. Übernahme der Sensorik durch den Rangierbegleiter
2. Bei Handlungsbedarf
 - a. Auffahren auf ein Hindernis (z.B. Auffahren auf Wagengruppe, Prellbock usw.)
 - Mitteilung des Abstands zum Hindernis in 4, 3, 2, 1 und halber Wagenlänge und folgend in 10, 8, 6, 4, 3, 2, 1 Meter(n)
 - Mitteilung „Kontakt“, „Ziel erreicht“
 - b. Mitteilung Stellung der Weichen
 - Mitteilung „Weiche steht richtig“
 - Mitteilung „Weiche steht falsch“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Weiche steht richtig“
 - c. Mitteilung Status der Signalzeichen
 - Mitteilung „Signal erlaubt Weiterfahrt“
 - Mitteilung „Signal steht auf Stopp“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Signal erlaubt Weiterfahrt“
 - d. Mitteilung über den Zustand der Tore
 - Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Mitteilung „Tor geschlossen“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Mitteilung „Tor nicht vollständig geöffnet“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Triebwagenführer informiert Disponent „Tor nicht vollständig geöffnet“
 - Disponent informiert Verantwortlichen für das Tor, der den Fehler behebt
 - e. Mitteilung Hindernis im Gleisbett
 - Mitteilung „Hindernis im Gleisbett“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Hindernis beseitigt“

- Hindernis wird durch Rangierbegleiter oder externe Hilfe beseitigt
- Mitteilung „Hindernis beseitigt“

Grafische Umsetzung

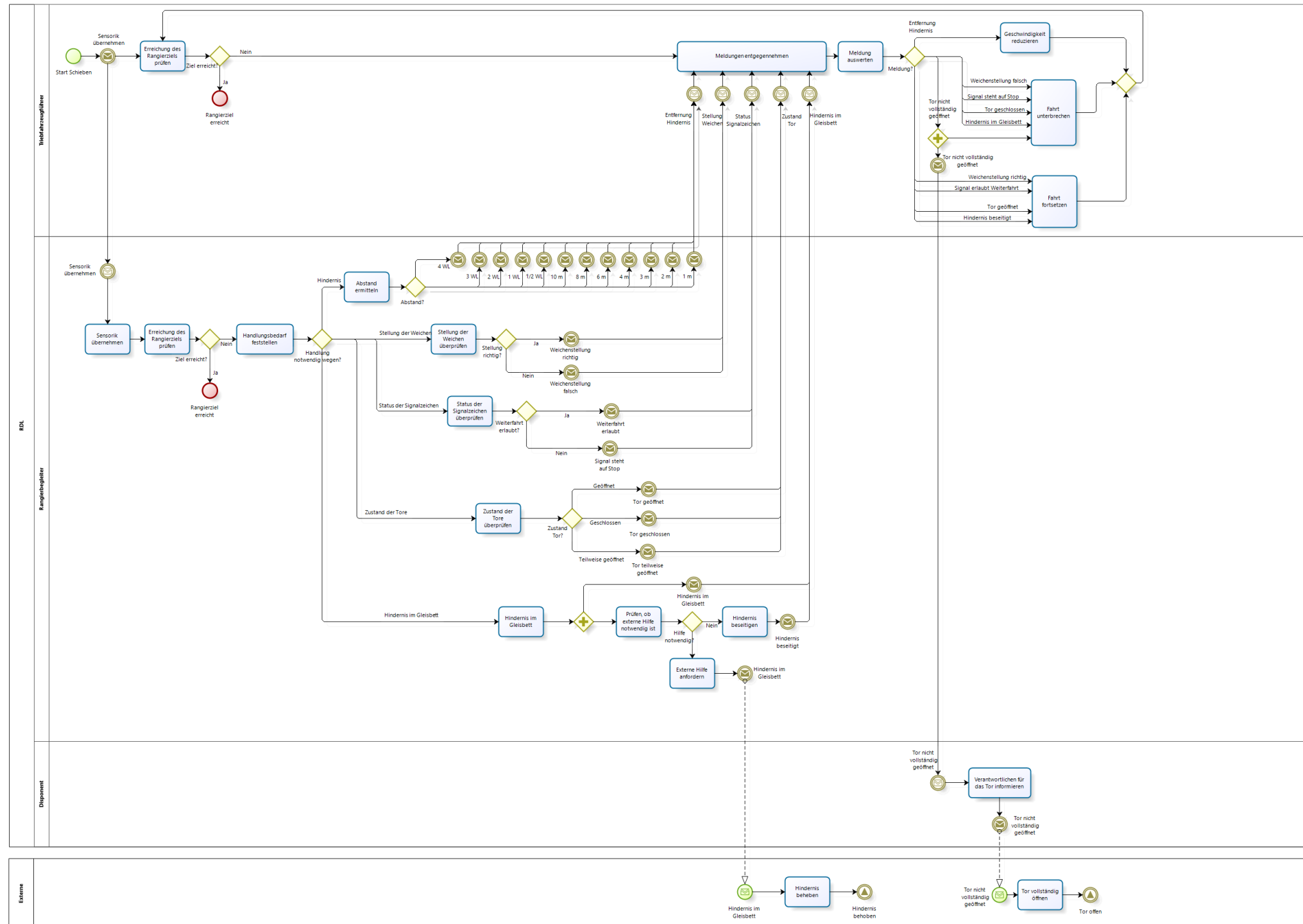


Abbildung 18 Sensorik beim Schieben

4.3.2 Technisches Konzept

Die für die Automatisierung erforderliche Sensortechnik ist verfügbar und es existieren bereits seit einigen Jahren Praxisbeispiele für fahrerlose Züge im Personennahverkehr. So betrieben 2012 bereits 25 Städte eine fahrerlose U-Bahn (Cappaert-Blondelle 2012). Eine Herausforderung besteht noch in der zuverlässigen Hinderniserkennung und damit der Garantie eines sicheren Betriebs außerhalb des geschützten Umfelds eines U-Bahn Tunnels, ist allerdings bereits heute technisch möglich (Fraszczyk et al. 2015, Moreti et al. 2013). Eine enorme Vereinfachung besteht hier durch die Vermeidung von Schiebevorgängen und die feste Wagenzusammenstellung, sodass die Sensorik am Triebwagen angebracht werden kann.



Quelle: Wikicommons

Abbildung 19 Eurobalisen zur Unterstützung der Positionserkennung auf der Strecke

Im öffentlichen Nahverkehr ist durch die Verwendung autonomer Systeme mit einer Kapazitätserhöhung von etwa 20% zu rechnen, da die Taktung durch Wegfall von Pausenzeiten sowie effizientere Brems- und Beschleunigungsvorgänge, erhöht wird. Die Kosten einer Hamburger Pilotstrecke (Stufe 2 – fahrerloser Betrieb) mit 23km Länge und vier umgerüsteten Fahrzeugen liegt bei rund 60 Mio. EUR⁹. Die Bahnen werden hier mit Funksignalen gesteuert und sind mit entsprechenden Laser-Sensoren (Lidar) ausgerüstet. Auf der Strecke wurden Eurobalisen angebracht.

4.3.2.1 Stufe 0: Rein manuell durchgeführter Vorgang

Beim Schieben des Zuges (in Fahrtrichtung Wagen an erster Position, letzte Position Rangierlok) nimmt der Rangierbegleiter Überwachungsfunktionen des Fahrweges wahr (Fahrt auf Sicht). Der Rangierbegleiter gibt über Funk alle notwendigen Informationen

⁹ https://www.focus.de/regional/hamburg/hamburg-autonome-zuege-so-laeuft-die-s-bahn-revolution-in-hamburg_id_9248011.html

an den Triebfahrzeugführer weiter. Bei Unterbrechung der Funkverbindung besteht Unfallgefahr.

4.3.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Das Konzept für einen halbautomatischen Betrieb beinhaltet den Ersatz der Aufgaben des Rangierbegleiters beim Schieben durch ein technisches System, eine Automatische Zugsicherung (ATP, Hansen et al. 2016). Das ATP-System übernimmt grundlegende Sicherheitsfunktionen, wie ein Abstandsassistent und das Reagieren auf Signale, Einhalten von Geschwindigkeitsbegrenzungen und die Vermeidung von Kollisionen (Damm & Kalmar 2017).



Quelle: salzi.at¹⁰

Abbildung 20 Testzug des Forschungsprojektes „autoBAHN“ mit Kameras, Radar und Lidar

Zur Umsetzung eines ATP-Systems ist die Umrüstung der Triebwagen erforderlich (Abbildung 20). Je nach gewünschten Innovationsgrad liegen die Kosten dafür zwischen 50.000 und 300.000 EUR je Triebwagen. Eingesetzt werden diese Systeme primär im Metro-Bereich, da die Anforderungen an die Sicherheit durch die seitlichen Begrenzungen von Tunnelsystemen deutlich vereinfacht werden (vgl. Damm & Kalmar 2017). Die Kosten je Sensor (z. B. VLS-128 von Velodyne) lägen bei etwa 10.000 EUR¹¹. Sie wären außerdem mit einem entsprechenden Gehäuse zu versehen, um sie

¹⁰ <https://www.salzi.at/2018/04/traunseebahn-soll-zur-autobahn-werden/>

¹¹ <https://arstechnica.com/cars/2018/05/why-bulky-spinning-lidar-sensors-might-be-around-for-another-decade/>

vor Witterung und Diebstahl zu schützen. Hinzu kämen schwer abzuschätzende Kosten für die Entwicklung der Steuerungssoftware.

Um einen sicheren Betrieb auch im Rangierbetrieb gewährleisten zu können, erfordert ein derartiges System die Installation von Sensortechnik. Diese muss beim Schieben die Strecke und nähere Umgebung vor dem ersten Wagen erfassen können, um potenzielle Hindernisse rechtzeitig zu erkennen. Dafür sind die im Folgenden beschriebenen Ansätze denkbar.

Umrüsten jedes Güterwagens

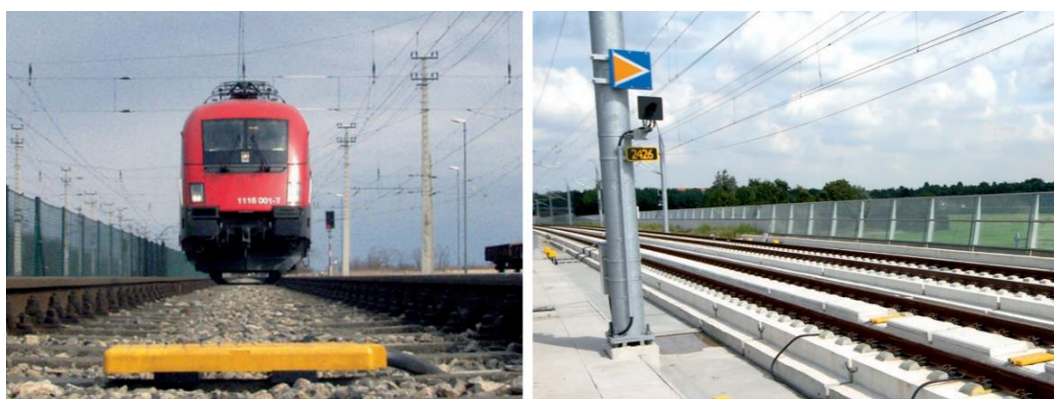
Die Umrüstung mit Sensortechnik ist für jeden eingesetzten Güterwagen erforderlich. Für diesen Ansatz müssten an den Stirnseiten jedes Güterwagens Sensoren angebracht werden, die die Strecke scannen und eventuelle Hindernisse an das ATP-System melden.

Sie wären außerdem mit einem entsprechenden Gehäuse zu versehen, um sie vor Witterung und Diebstahl zu schützen. Dafür ist die Elektrifizierung und Datenverbindung der Wagen erforderlich, was auch für eine automatisierte Bremsprobe eine wichtige Voraussetzung ist (Luther 2015).

Umrüsten der Strecke

Eine Möglichkeit zur Überwachung des Betriebs bietet die Umrüstung der Strecke mit ortsfesten Sensoren (Abbildung 21). Hierbei wären im Abstand von etwa 400m Sensoreinheiten anzubringen. Allerdings ist nicht gesichert, ob die Genauigkeit derartiger Anlagen auf dem aktuellen Stand der Technik für einen sicheren Betrieb im offenen Raum des Rangierbetriebs ausreicht.

Alternativ könnten Streckenabschnitte eingezäunt werden, sodass ein geschützter Raum entsteht, der mit Metro-Tunneln vergleichbar ist und Sensoren eingespart werden könnten. Ortsfeste Sensoren wären dann noch an Zugangspunkten, wie Weichen, Übergängen und Terminals erforderlich.



Quelle: Siemens ¹²

Abbildung 21 Sensoren des Zugbeeinflussungssystems Trainguard

¹² <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/de/rail-solutions/rail-automation/train-control-systems/trainguard-mappe-de.pdf>

- **Restrukturierung der Abläufe – Vermeiden von Schiebevorgängen**

Eine Option mit einer massiven strukturellen Veränderung wäre die Umrüstung der Terminals für eine vollständige Vermeidung von Schiebevorgängen. Dazu müssten weitere Weichen an die Endpositionen gebaut werden und eine zusätzliche Lösung für das Autoterminal gefunden werden. Die Sensorik müsste in diesem Fall nur jeweils an den Triebwagen angebracht werden (vgl. Abbildung 19). Dies ist jedoch zurzeit sowohl für die KV-Anlage bei NTB, als auch bei den Rampen der BLG nicht vorstellbar.

Die Kosten für derartige Umstrukturierungen sind nicht abschätzbar.

- **Einsatz mobiler Sensorik: Roboter im Gleisbett**

Eine Möglichkeit die Sensorik an den gewünschten Ort zu bekommen wäre ein Roboter, der vor dem Anfahren im Gleisbett unter den Zügen hindurchfährt und sich vor den ersten Wagen klemmt.

Ein derartiges System existiert derzeit noch nicht und wäre daher mit erheblichen Entwicklungskosten und technischem Risiko verbunden.

- **Einsatz mobiler Sensorik: Drohnenüberwachung**

Eine weitere mobile Sensorlösung wäre mit einem Drohnensystem gegeben, das selbstständig aufsteigt und die Strecke aus der Luft überwacht. Probleme bei der Nutzung dieser Technologie entstehen durch die maximal zulässigen Windgeschwindigkeiten beim Betrieb von Drohnen, die je nach Bauart nur bis etwa 20 km/h genutzt werden können.

Drohnen mit ausreichender Leistung sind auf dem Markt verfügbar (z. B. Dji Spreading Wings S1000+ Oktocopter). Allerdings wäre eine erhebliche Entwicklungsarbeit für die Steuerungssoftware zu leisten.

- **Einsatz mobiler Sensorik: Haftmodule mit Sensorik**

Eine Variante zur Verwendung mobiler Sensorik sind Module, die temporär beim Einfahren von Wagen an den erforderlichen Stellen angebracht werden und beim Ausfahren wieder entfernt werden. Dazu müssen zwangsläufig die durchgeführten Trennungen im Vorfeld bekannt sein.

Die Module müssten im Batteriebetrieb arbeiten und über eine kabellose Datenverbindung mit der entsprechenden Reichweite bis zum Triebwagen verfügen. Die Herausforderung läge hier im Anbringen der Module. Ein manueller Vorgang würde zusätzlichen Aufwand bedeuten und eine eindeutige Positionierung oder Kalibrierung erfordern. Ein automatisierter Vorgang würde eine entsprechende Struktur erfordern und wäre mit erheblichen Investitions- und Entwicklungskosten verbunden.

Anforderungen an das System

- Hinderniserkennung auf weite Entfernungen
- Hohe Sicherheitsanforderungen
- Wetter- und Witterungsbeständigkeit
- Eingriffsmöglichkeiten und Betrieb bei Systemversagen

Vorgänge

- a. Auffahren auf ein Hindernis (z.B. Auffahren auf Wagengruppe, Prellbock usw.)
 - Erkennung des Hindernisses durch ATP-System
 - Bremsvorgang durch Triebwagenführer
 - Mitteilung des Abstands zum Hindernis durch ATP-System in 4, 3, 2, 1 und halber Wagenlänge und folgend in 10, 8, 6, 4, 3, 2, 1 Meter(n) bis Mitteilung „Kontakt“, „Ziel erreicht“
- b. Mitteilung Stellung der Weichen durch ATP-System
 - Erkennung der Weichenstellung durch ATP-System
 - Mitteilung „Weiche steht richtig“
 - Mitteilung „Weiche steht falsch“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Weiche steht richtig“
- c. Mitteilung Status der Signalzeichen durch ATP-System
 - Erkennung des Signales durch ATP-System
 - Mitteilung „Signal erlaubt Weiterfahrt“
 - Mitteilung „Signal steht auf Stopp“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Signal erlaubt Weiterfahrt“
- d. Mitteilung über den Zustand der Tore durch ATP-System
 - Erkennung des Tores durch ATP-System
 - Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Mitteilung „Tor geschlossen“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Mitteilung „Tor nicht vollständig geöffnet“
 - Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Triebwagenführer informiert Disponent „Tor nicht vollständig geöffnet“
 - Disponent informiert Verantwortlichen für das Tor, der den Fehler behebt
- e. Mitteilung Hindernis im Gleisbett durch ATP-System
 - Erkennung des Hindernisses durch ATP-System
 - Mitteilung „Hindernis im Gleisbett“

- Triebwagenführer unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Hindernis beseitigt“
- Hindernis wird durch externe Hilfe beseitigt
- Mitteilung „Hindernis beseitigt“

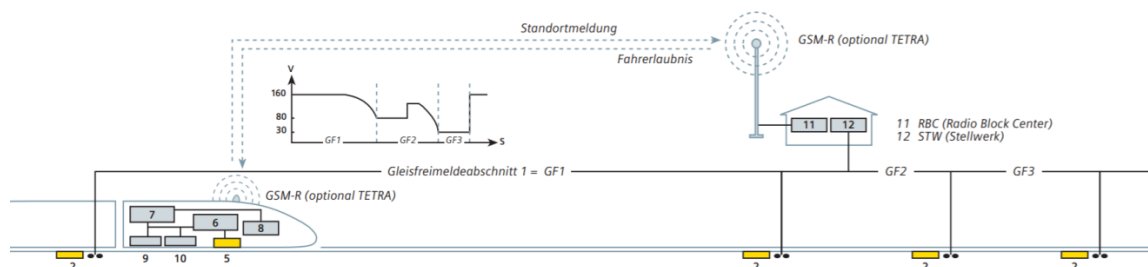
4.3.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Auf der Stufe für den fahrerlosen Betrieb wird die Funktion des Rangierbegleiters ebenfalls durch eine Automatische Zugsicherung (ATP) ersetzt. Zudem greift ein weiteres System für die Automatische Zugoperation (ATO) aktiv in den Betrieb ein und übernimmt die Funktion des Triebwagenführers während der Fahrt. Es regelt aktiv die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Streckengegebenheiten. Der Triebwagenführer legt die auszuführenden Fahrten in Art und Abfolge fest, hat ansonsten aber nur eine überwachende Funktion.

Ein ATO-System besteht aus einer streckenseitigen Komponente (die ebenfalls den Herausforderungen der Stufe 1 unterliegt) sowie einer fahrzeugseitigen Komponente, die das optimale Fahrprofil anhand der Daten über Infrastruktur, Strecke und Zielstellung berechnet (Tasler & Knollmann 2018).

Die erforderliche streckenseitige Infrastruktur und Sensorik entspricht im Wesentlichen der der Stufe 1 und die Kosten sind stark vom jeweiligen Ansatz abhängig.

Auf Fahrzeugseite sind die Kosten für die Hardware überschaubar. Benötigt werden ein redundantes Rechnersystem sowie eine Umrüstung der Triebwagen, so dass das ATO-System auf Antrieb und Bremsen zugreifen kann (Pescher et al. 2000).



Quelle: Siemens 2014

Abbildung 22 Konzept des Zugbeeinflussungssystems Trainguard auf ETCS Level 2

Für die Kommunikation zwischen Stellwerk und Triebwagen kann der Funkstandard GSM-R verwendet werden (Abbildung 22, Siemens 2014).

Der Großteil der Kosten entsteht voraussichtlich bei der Entwicklung und Integration der Steuerungssoftware. Verglichen mit Stufe 1 sind hier die Anforderungen an die Steuerung durch das ATO-System verschärft. Anbieter für Systeme der Stufe 2 bieten diese hauptsächlich für den Personennahverkehr an, wo diese Anforderungen beherrschbar sind. Hier sind ATO-Systeme bereits seit Längerem etabliert (Pescher et al.

2000). Demgegenüber gelten im Fern- oder Güterverkehr Rahmenbedingungen, die den Einsatz von ATO-Systemen erschweren (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2 Herausforderungen für Automatisierungstechnik im Vergleich mit dem Personennahverkehr¹³

Bereich	Nahverkehr	Fernverkehr	Rangierbetrieb
Fahrzeuge	Unternehmenseigene Fahrzeuge, begrenzte Anzahl verschiedener Fahrzeugtypen	Unterschiedliche Betreiber mit einer Vielzahl verschiedener Fahrzeugtypen	Unterschiedliche Betreiber mit einer Vielzahl verschiedener Fahrzeugtypen
Infrastruktur	Begrenztes Streckennetz, einfaches Layout	Existierende Infrastruktur, sehr komplex	Existierende Infrastruktur, sehr komplex
Umgebungsbedingungen	Geschütztes und zugangsbeschränktes Streckennetz	Öffentlich zugängliches Streckennetz	Öffentlich zugängliches Streckennetz
Betrieb	Reiner Personenverkehr	Mischverkehr von Hochgeschwindigkeits-, Regional- und Güterverkehr	Güterverkehr mit Rangierbetrieb
System	Proprietäre und hersteller-spezifische Lösungen, ein Hersteller für Signaltechnik (Strecke, Fahrzeug), integrierte ATP / ATO-Lösung	Mehrere Anbieter für Signaltechnik, interoperable und standardisierte Lösungen (z.B. ATO über ETCS), DAS und C-DAS	Mehrere Anbieter für Signaltechnik, interoperable und standardisierte Lösungen, teilweise noch ungelöste Herausforderungen (z. B. Sensorik beim Schieben)
Betreiber	Typischerweise ein Betreiber für Infrastruktur und Fahrzeuge	Mehrere Betreiber für Infrastruktur (Infrastrukturbetreiber) und Fahrzeuge (EVU)	Mehrere Betreiber für Infrastruktur (Infrastrukturbetreiber) und Fahrzeuge (EVU)

Aufgrund der verschärften Rahmenbedingungen sind für den Rangierbetrieb aktuell noch keine Lösungen der Stufen 2+3 etabliert. Eine technische Umsetzung ist mit den aktuellen technischen Mitteln möglich und in der Zukunft wahrscheinlich, jedoch besteht bedingt durch die Komplexität der Prozesse noch ein deutlicher Entwicklungsbedarf (Zweigel 2018).

Vorgänge

- a. Auffahren auf ein Hindernis (z.B. Auffahren auf Wagengruppe, Prellbock usw.)
 - Erkennung des Hindernisses durch ATP-System
 - Bremsvorgang durch ATO-System
 - Visuelle Kontrolle durch Triebwagenführer über Kamerasystem

¹³ Angelehnt an Tasler & Knollmann 2018

- b. Mitteilung Stellung der Weichen durch ATP-System
 - Erkennung der Weichenstellung durch ATP-System
 - Mitteilung „Weiche steht richtig“
 - Mitteilung „Weiche steht falsch“
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Weiche steht richtig“
 - Visuelle Kontrolle durch Triebwagenführer über Kamerasystem
- c. Mitteilung Status der Signalzeichen durch ATP-System
 - Erkennung des Signales durch ATP-System
 - Mitteilung „Signal erlaubt Weiterfahrt“
 - Mitteilung „Signal steht auf Stopp“
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Signal erlaubt Weiterfahrt“
 - Visuelle Kontrolle durch Triebwagenführer über Kamerasystem
- d. Mitteilung über den Zustand der Tore durch ATP-System
 - Erkennung des Tores durch ATP-System
 - Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Mitteilung „Tor geschlossen“
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Mitteilung „Tor nicht vollständig geöffnet“
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Tor geöffnet“
 - Visuelle Kontrolle durch Triebwagenführer über Kamerasystem
 - Triebwagenführer informiert Disponent „Tor nicht vollständig geöffnet“
 - Disponent informiert Verantwortlichen für das Tor, der den Fehler behebt
- e. Mitteilung Hindernis im Gleisbett durch ATP-System
 - Erkennung des Hindernisses durch ATP-System
 - Mitteilung „Hindernis im Gleisbett“
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis Mitteilung „Hindernis beseitigt“
 - Hindernis wird durch externe Hilfe beseitigt
 - Mitteilung „Hindernis beseitigt“
 - Visuelle Kontrolle durch Triebwagenführer über Kamerasystem

4.3.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Die Automatisierungsstufe beinhaltet die Automatisierungstechnik der vorangegangenen Stufen und wird ergänzt durch eine Automatische Zugsteuerung (ATC). Das ATC-System legt die durchzuführenden Fahrten fest und gewährleistet das Einhalten Zeit- und Routenplanung. Es ist erforderlich, um den Lokführer vollständig ersetzen zu können.

Die Herausforderungen sowie der Stand der Technik auf Stufe 3 entsprechen im Wesentlichen denen der Stufe 2. Eine Umsetzung ist technisch machbar und für den Personennahverkehr bereits stellenweise Stand der Technik. Für Rangierprozesse wird jedoch noch ein erhebliches Maß an technischer Entwicklung benötigt.



Quelle: IRT/Aachen

Abbildung 23 Versuchsträger des Projekts „Galileo Online: GO!“ während eines Live-Demonstration

Das Forschungsprojekt „Galileo Online: GO!“ hat ein robustes Ortungssystem mittels eines auf Bahnprozesse zugeschnittenen GPS/Galileo Empfängers entwickelt. Im Rahmen der Abschlussveranstaltung hat eine Rangierlok einen autonomen Rangierprozess mit mehreren Wagen und Weichenfahrten durchgeführt, allerdings ist diese Technologie noch nicht auf einem für den breiten Einsatz technischen Stand (Zweigelt 2018). So wurde beispielsweise ein Versuchsträger eingesetzt, der die erforderliche Sensorik beinhaltet und für den Schiebevorgang vor den Zug gestellt wurde.

Vorgänge

- a. Auffahren auf ein Hindernis (z.B. Auffahren auf Wagengruppe, Prellbock usw.)
 - Erkennung des Hindernisses durch ATP-System
 - Bremsvorgang durch ATO-System

- b. Erkennung der Stellung der Weichen
 - Erkennung der Weichenstellung durch ATP-System
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis zur Korrektur
- c. Erkennung von Signalzeichen
 - Erkennung des Signales durch ATP-System
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis zur Schaltung des Signals
- d. Erkennung des Zustands der Tore
 - Erkennung des Tores durch ATP-System
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis zur Toröffnung
 - ATC-System informiert Disponent „Tor nicht vollständig geöffnet“
 - Disponent informiert Verantwortlichen für das Tor, der den Fehler behebt
- e. Erkennung von Hindernissen im Gleisbett
 - Erkennung des Hindernisses durch ATP-System
 - ATO-System unterbricht die Fahrt bis zur Beseitigung des Hindernisses
 - Hindernis wird durch externe Hilfe beseitigt
 - ATC-System informiert Zentrale: „Hindernis im Gleisbett“

4.3.2.5 Fazit zur Realisierbarkeit der technischen Ansätze

Im Rahmen der Analyse wurde deutlich, dass die bereits für die 1. Automatisierungsstufe erforderliche Sensorik beim Schieben eine erhebliche Hürde darstellt.

Auf technischer Ebene bestehen im offenen System des Rangierverkehrs (vgl. Tabelle 2) bisher noch ungelöste Herausforderungen an die Sensorik. So bleibt das Bildverstehen autonomer Systeme auf absehbare Zeit begrenzt, was zu schwerwiegenden Fehleinschätzungen in Ausnahmefällen führen kann (Haist 2016). Ferner sind Beeinträchtigungen der Sensorik durch extreme Witterungsbedingungen wie starken Schneefall oder Starkregen auf dem aktuellen Stand der Technik nicht auszuschließen (Eckl-Dorna 2018), was sich negativ auf die Verlässlichkeit des Systems auswirken würde.

Aus wirtschaftlicher Perspektive ist die Installation der Sensorik eine Herausforderung, für die keine optimale Lösung ersichtlich ist (vgl. Abschnitt 4.3.2.2). Die beschriebenen Ansätze sind entweder mit erheblichen Kosten verbunden (Umrüsten der Strecke, Umrüsten jedes Güterwagens, Roboter im Gleisbett), organisatorisch nicht sinnvoll (Restrukturierung der Abläufe), erzeugen Mehrarbeit (Haftmodule) oder sind mit Einbußen bei der Verlässlichkeit verbunden (Drohnenüberwachung).

Durch die beschriebenen Herausforderungen ist die Automatisierung der Aufgaben des Rangierbegleiters beim Schieben auf absehbare Zeit nicht für den Rangierbetrieb zu

empfehlen. Stattdessen wäre es wirtschaftlicher und technisch leichter die Aufgaben des Triebwagenführers auf den Rangierbegleiter zu übertragen und diesen mittels einer Fernbedienung zum Steuern des Zuges zu befähigen.

4.3.3 Rechtliche Anforderungen

Nach § 45 Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) sind alle arbeitenden (fahrenden) Triebfahrzeuge mit Triebfahrzeugführern (Tf) zu besetzen. Im Falle von geschobenen Zügen ist das vordere Ende mit einem Betriebsbeamten oder Rangierbegleiter zu besetzen (Abweichungen möglich). Der Betriebsbeamte oder Rangierbegleiter muss über eine Verständigungsmöglichkeit zum Triebfahrzeugführer verfügen. Außerdem muss dieser Signalmittel zur Warnung von Wegennutzern (Kreuzungsbereiche) mitführen.

Aufgrund von Regeln der Module 408.4801 - 408.4851 dürfen Tätigkeiten des Weichenwärters oder Triebfahrzeugführers anderen Mitarbeitern übertragen werden oder von einem Rangierbegleiter oder Rangierer ständig verrichtet werden.

Nach der Richtlinie (Ril) 408.4811 rangiert in der Regel der Triebfahrzeugführer. In örtlichen Zusätzen oder in einer Betriebs- und Bauanweisung (Betra) dürfen Aufgaben des Triebfahrzeugführers einem Rangierbegleiter übertragen sein. Der Triebfahrzeugführer darf Aufgaben einem Rangierbegleiter übertragen.

Gemäß der Ril 408.4813 gilt, bevor Fahrzeuge im Allgemeinen bewegt werden dürfen, muss der Tf den Weichenwärter über Ziel, Zweck und Besonderheiten der Fahrzeugbewegung verständigen (Abweichungen möglich). Personen die sich an/auf Fahrzeugen befinden auf die aufgefahren wird (Heranfahen) sind zu verständigen (Zusätzliche Regeln können örtlich gegeben sein).

Außerdem sind beteiligte Rangierer über Ziel und Zweck der Fahrzeugbewegung und über Besonderheiten, die beim Durchführen der Fahrzeugbewegung zu beachten sind sowie andere Triebfahrzeugführer, die Fahrzeugbewegungen durchführen, wenn eine gegenseitige Gefährdung eintreten kann zu verständigen.

Der Rangierbegleiter muss diese Verständigungen vollständig durchführen, wenn ihm diese Aufgabe übertragen wurde.

Der Weichenwärter hat im Gegenzug den Triebfahrzeugführer folgende Informationen mitzuteilen: Besonderheiten der Strecke, Signalstörungen, Oberleitungsstörungen, besondere Fahrwege, Abschnitte mit verminderter Geschwindigkeit. Falls die Kommunikation vom Rangierbegleiter ausgegangen ist, ist auch dieser darüber in Kenntnis zu setzen.

Bei regelmäßig wiederkehrenden Fahrten muss eine Verständigung bei Besonderheiten oder Abweichungen der Regelmäßigkeit erfolgen.

Der Weichenwärter muss zum einen den benachbarten Weichenwärter verständigen, wenn eine Rangierfahrt über den eigenen Rangierbezirk hinaus durchgeführt werden soll und zum anderen den Schrankenwärter, wenn ein Bahnübergang befahren werden soll.

Ausnahmen bestehen für Baugleise, die in diesem Projekt nicht weiter betrachtet werden.

- EBO § 45
- Besetzen der Triebfahrzeuge und Züge:
 - (6) Das vorderste Fahrzeug geschobener Züge ist mit einem Betriebsbeamten zu besetzen. Hiervon darf bei kurzem Zurücksetzen abgewichen werden. Der Betriebsbeamte muss sich mit dem Triebfahrzeugführer verständigen können und Signalmittel zur Warnung der Wegebenutzer vor Bahnübergängen ohne technische Sicherung mitführen.
- 408.4811 Kap. 1
 - Triebfahrzeugführer, Rangierbegleiter: in der Regel rangiert der Triebfahrzeugführer. In örtlichen Zusätzen oder in einer Betra dürfen Aufgaben des Triebfahrzeugführers einem Rangierbegleiter übertragen sein. Der Triebfahrzeugführer darf Aufgaben einem Rangierbegleiter übertragen.
- Gemäß § 7c AEG ist eine Sicherheitsgenehmigung für Eisenbahninfrastrukturunternehmen erforderlich.
- Gemäß § 2 LEG ist eine Genehmigung für den Bau und Betrieb bei wesentlichen Erweiterungen oder Änderungen erforderlich.
- Risikobewertung für mögliche Szenarien in Bezug auf ProdHaftG
- Eine Bewertung von Risiken nach CSM-VO (EU) Nr. 402/2013
- Sicherheitsanforderungen sind gemäß DIN prEN 50 126 bzw. DIN prEN 50 129 und Security-Voraussetzungen (IT-Sicherheitsgesetz) gemäß IEC 62443-3-3 für die Entwicklung von neuen Systemen zu beachten.
- 408.4813 Kap. 1 Verständigen
 - (1) Es gilt Folgendes:
 - a) Verständigung durch Triebfahrzeugführer:
 - 1. Bevor Fahrzeuge bewegt werden, muss der Triebfahrzeugführer den Weichenwärter über Ziel, Zweck und Besonderheiten (z. B. Lü-Sendung, außergewöhnliche Länge, Kleinwagenfahrt, Fahrzeuge mit wirkender Wirbelstrombremse oder Fahrzeuge mit Gattungsbuchstaben DA, DAB bzw. DB) der Fahrzeugbewegung verständigen.

Wenn dem Triebfahrzeugführer Ziel oder Zweck der Fahrzeugbewegung nicht bekannt ist, muss er diese mit dem Weichenwärter vereinbaren.
 - 2. Der Triebfahrzeugführer muss den Weichenwärter nicht über Ziel und Zweck verständigen,

- wenn es sich um regelmäßig wiederkehrende Fahrten mit dem Triebfahrzeug eines Zuges (z. B. Vorziehen von Fahrzeugen zum Kuppeln von Zugteilen, Abstellen von Fahrzeugen, Fahrten von und zum Zug) handelt,
- wenn ein Triebfahrzeug zum Kuppeln oder Entkuppeln von Fahrzeugen aufdrücken muss oder nach dem Entkuppeln geringfügig vorziehen soll, damit die Fahrzeuge getrennt stehen,
- wo für das Beidrücken Förderanlagen oder von einem Ablaufrechner gesteuerte Lokomotiven verwendet werden,
- wo in Einfahrstumpfgleisen einzeln oder zu zwei- en fahrende Triebfahrzeuge (auch Einheiten, die aus Triebwagen, Triebköpfen, Steuerwagen oder Mittelwagen gebildet sind) eines angekommenen Zuges dem ausfahrenden Zug oder den als Rangierfahrt wegfahrenden Fahrzeugen ohne Zustimmung des Weichenwärters nachfahren dürfen,
- wo einzelne Wagen oder Wagengruppen beim Beladen oder Entladen ohne Zustimmung des Weichenwärters verschoben werden dürfen,
- wenn im Baugleis rangiert werden soll.
- b) Bevor der Triebfahrzeugführer Fahrzeuge in ein Gleis - außer in ein Baugleis einsetzt, muss er den Weichenwärter verständigen.
- d) Bevor Fahrzeuge bewegt werden, muss der Triebfahrzeugführer verständigen:
 - 1. beteiligte Rangierer über Ziel und Zweck der Fahrzeugbewegung und über Besonderheiten, die beim Durchführen der Fahrzeugbewegung zu beachten sind,
 - 2. andere Triebfahrzeugführer, die Fahrzeugbewegungen durchführen, wenn eine gegenseitige Gefährdung eintreten kann.
- e) Vor dem Bewegen von Fahrzeugen oder vor dem Heranfahren an Fahrzeuge muss der Triebfahrzeugführer Personen, die sich an oder in diesen Fahrzeugen befinden, verständigen. Es können zusätzliche Regeln gegeben sein.
- (2) Verständigung durch Rangierbegleiter:

- a) Der Rangierbegleiter muss die Verständigung nach Absatz (1) durchführen, wenn ihm diese Aufgaben übertragen worden sind.
- b) Wenn der Rangierbegleiter den Weichenwärter nach Absatz (1) a) verständigt, muss er den Triebfahrzeugführer über Ziel und Zweck der Fahrzeugbewegung und über Besonderheiten, die bei der Fahrzeugbewegung zu beachten sind, verständigen.
- (3) Verständigung durch Weichenwärter:
 - a) Der Weichenwärter muss dem Triebfahrzeugführer Besonderheiten (z.B. gestörte Bahnübergangssicherung, erloschenes Signal, abgeschaltete oder gestörte Oberleitung, besonderer Fahrweg, vorübergehend niedrigere Geschwindigkeit als 25 km/h) mitteilen, die beim Durchführen der Bewegung zu beachten sind. Er muss die Besonderheiten dem Rangierbegleiter mitteilen, wenn er ihn über Ziel und Zweck verständigt hat. Wenn eine Rangierfahrt in ein gesperrtes Gleis eingelassen werden soll, in dem der Triebfahrzeugführer Beschäftigte warnen muss, muss der Weichenwärter dies dem Triebfahrzeugführer mitteilen; hierbei muss er die Lage der Arbeitsstelle angeben.
 - b) Bei regelmäßig wiederkehrenden Fahrten mit dem Triebfahrzeug eines Zuges (z.B. Vorziehen von Fahrzeugen zum Kuppeln von Zugteilen, Abstellen von Fahrzeugen, Fahrten von und zum Zug) muss der Weichenwärter den Triebfahrzeugführer verständigen, wenn sich der Zweck der Fahrt geändert hat oder vom Ziel abgewichen werden soll.
 - c) Der Weichenwärter muss verständigen 1. den benachbarten Weichenwärter, wenn eine Rangierfahrt über den eigenen Rangierbezirk hinaus durchgeführt werden soll, 2. den Schrankenwärter, wenn ein Bahnübergang befahren werden soll.
 - d) Beim Rangieren im Baugleis muss der Weichenwärter keine Besonderheiten nach a) mitteilen und nicht nach b) oder c) verständigen. In der Betra können abweichende Regeln gegeben sein.
- 408.4802 Kap. 2 Tätigkeiten übertragen oder von anderen ständig verrichten
 - Aufgrund von Regeln der Module 408.4801 - 4851 dürfen Tätigkeiten des Weichenwärters oder Triebfahrzeugführers
 - anderen Mitarbeitern übertragen werden oder
 - ständig verrichtet werden vom Rangierbegleiter oder Rangierer.
- 408.4811 Kap. 1 Triebfahrzeugführer, Rangierbegleiter
 - In der Regel rangiert der Triebfahrzeugführer. In örtlichen Zusätzen oder in einer Betra dürfen Aufgaben des Triebfahrzeugführers einem Ran-

gierbegleiter übertragen sein. Der Triebfahrzeugführer darf Aufgaben einem Rangierbegleiter übertragen.

4.4 Basisszenario Handweiche

4.4.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Im Hafengebiet Überseehafen in Bremerhaven gibt es noch einige ortsgestellte Weichen, umgangssprachlich auch Handweichen genannt.

„Das Hebelgewicht von ortsgestellten Weichen mit Grundstellung hat einen weiß-schwarzen Farbanstrich. Die zusätzlich mit "W" gekennzeichneten Hebelgewichte dürfen nur mit Zustimmung des zuständigen Wärters umgestellt werden. In Grundstellung ist der schwarze Teil des Hebelgewichts dem Erdboden zugekehrt.“¹⁴

Diese Handweichen stehen einer Automatisierung in anderen Bereichen entgegen. Bei der Kombination von von Hand zu öffnenden Toren mit ortsgestellten Weichen sind im Fall einer Automatisierung beide Elemente zu berücksichtigen.



Foto: ISL

Abbildung 24 Tor der ABC Insel mit Handweiche BLG Logistics Group

Derzeit werden an den Standorten Planhafen und Weserport ortsgestellte Weichen geplant, die von Triebwagenführer und Rangierbegleiter per Fernbedienung gesteuert werden können. Hier wird auch die Möglichkeit einer Steuerung per App entlang einer definierten Strecke geprüft. Alternativ ist eine Bedienung ohne Verlassen des Zuges per Taster vor der Weiche angedacht.

¹⁴ Quelle: Sven Thater, Sven Schreiber; Signalbuch-Online, Kennzeichnung der Hebelgewichte von ortsgestellten Weichen; <http://www.tf-ausbildung.de/SignalbuchOnline/hebelgewichte.htm>; abgerufen am 15. Mai 2018

Algorithmen

Anfahrt der Rangierlok auf eine Handweiche.

- Prüfung der Weiche auf gewünschte Fahrtrichtung
 - Falls ja, Weiterfahrt
 - Falls nein, halten der Lok/Zug
 - Verlassen der Lok/Zug durch Rangierbegleiter
 - Umlegen der Weiche
 - Falls Lok vorne
 - Überfahrt der Lok/Zug
 - Melden „Weiche frei“ durch Rangierbegleiter
 - Halten des Zuges
 - Umlegen der Weiche zurück auf Grundstellung
 - Aufsteigen auf den Zug
 - Falls Lok hinten
 - Aufsteigen auf den Zug
 - Überfahrt der Lok/Zug
 - Halten des Zuges
 - Absteigen vom Zug
 - Umlegen der Weiche zurück auf Grundstellung
 - Aufsteigen auf Zug
- Weiterfahrt

4.4.2 Technisches Konzept

Generell kann zwischen ortsgestellten und ferngestellten Weichen unterschieden werden. Ferngestellte Weichen sind für die höheren Automatisierungsgrade erforderlich und werden üblicherweise von einem Stellwerk bedient. Ihre Lage wird durch das Stellwerk fortlaufend festgestellt und die entsprechenden Signale werden an die Strecke gesendet (Abbildung 25).



Quelle: Wikimedia Commons

Abbildung 25 Ortsgestellte Weiche mit Stellbock und Weichensignal (links), Übertragungsteile einer ferngestellten Weiche (rechts)

4.4.2.1 Stufe 0: Rein manuell durchgeführter Vorgang

Die einfachste Weichenart ist die Handweiche, die manuell durch den Rangierbegleiter oder Triebwagenführer gestellt wird.

Arbeitsschritte bei Anfahrt der Rangierlok auf eine Handweiche:

- Prüfung der Weiche auf gewünschte Fahrtrichtung durch Rangierbegleiter oder Triebwagenführer
 - Falls ja, Weiterfahrt
 - Falls nein, halten der Lok/Zug
 - Verlassen der Lok/Zug durch Rangierbegleiter
 - Umlegen der Weiche
 - Falls Lok vorne
 - Überfahrt der Lok/Zug
 - Melden „Weiche frei“ durch Rangierbegleiter
 - Halten des Zuges
 - Umlegen der Weiche zurück auf Grundstellung
 - Aufsteigen auf den Zug
 - Falls Lok hinten
 - Aufsteigen auf den Zug
 - Überfahrt der Lok/Zug
 - Halten des Zuges
 - Absteigen vom Zug

- Umlegen der Weiche zurück auf Grundstellung
- Aufsteigen auf Zug
- Weiterfahrt

4.4.2.2 Stufe 1: Halbautomatischer Betrieb

Elektrisch ortsgestellte Weiche

Das Stellen von Weichen ist ein Prozess, der mit vergleichsweise geringem Aufwand automatisiert werden kann. Zum Stellen der Weiche wird ein Stellmotor benötigt. Dieser ist bereits ab Stufe 1 erforderlich, damit eine elektrisch ortsgestellte Weiche (EOW) realisiert werden kann. Derartige Stellmotoren sind weit verbreitet und es gibt dafür zahlreiche Modelle und Anbieter.



Quelle: Siemens AG 2008

Abbildung 26 Stellmotor S 700 K von Siemens

Das Prinzip der EOW kann so umgesetzt werden, dass der Triebwagenführer die Weiche mittels einer Fernbedienung stellt. Dabei sollte der Signalempfänger so positioniert sein, dass dies auch beim Schieben eines längeren Zuges sicher funktioniert. Die Fernbedienung kann in ihrer Umsetzung so gestaltet sein, dass sie den aktuellen Zustand der Weiche ausgibt. Dies ist beispielsweise mittels einer App auf einem Tablet möglich. Fährt die Lok vorne, so muss die Sensorik der Automatischen Zugsicherung (ATP) oder ortsfeste Sensorik (z. B. Gleisfreimeldeanlage) ein Überfahren der Weiche melden können.

Arbeitsschritte bei Anfahrt der Rangierlok auf eine EOW:

- Prüfung der Weiche auf gewünschte Fahrtrichtung durch Triebwagenführer
 - Falls ja, Weiterfahrt
 - Falls nein,

- Änderung der Weichenstellung mittels Fernsteuerung durch Triebwagenführer
- Umlegen der Weiche durch Stellmotor
- Falls Lok vorne
 - Überfahrt der Lok/Zug
 - Melden „Weiche frei“ durch ATP-System
 - Änderung der Weichenstellung auf Grundstellung mittels Fernsteuerung durch Triebwagenführer
 - Umlegen der Weiche durch Stellmotor
- Falls Lok hinten
 - Überfahrt der Lok/Zug
 - Änderung der Weichenstellung auf Grundstellung mittels Fernsteuerung durch Triebwagenführer
 - Umlegen der Weiche durch Stellmotor
- Weiterfahrt

4.4.2.3 Stufe 2: Fahrerloser Betrieb

Ferngestellte Weiche

Auf der Automatisierungsstufe 2 werden die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers durch Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP) und Automatischen Zugoperation (ATO) übernommen. Ein Triebwagenführer fährt im Führerhaus mit, legt die durchzuführenden Prozesse fest, löst diese aus und hat ansonsten eine überwachende Funktion. Diese Automatisierungsstufe geht von einer aktiven Rolle des Stellwerks aus, mit dem der Triebwagenführer kommuniziert.

Arbeitsschritte bei Anfahrt der Rangierlok auf eine EOW:

- Triebwagenführer gibt Stellwerk gewünschte Fahrtroute durch
- Stellwerk prüft Gleisfreimeldeanlage und stellt Weichen gemäß Anforderung
- Stellwerk benachrichtigt Triebwagenführer über Signalanlage und gibt die Fahrt frei
- Prüfung der Signalanlage / Weichenstellung auf gewünschte Fahrtrichtung durch Triebwagenführer
 - Falls ja, Weiterfahrt mittels ATO-System
 - Falls nein, halten der Lok/Zug
 - Benachrichtigung des Stellwerks über Fehlstellung
 - Stellwerk prüft Gleisfreimeldeanlage und stellt Weichen gemäß Anforderung

- Stellwerk benachrichtigt Triebwagenführer über Signalanlage und gibt die Fahrt frei
- Weiterfahrt

4.4.2.4 Stufe 3: Unbemannter Betrieb

Autonom ferngestellte Weiche

Die Automatisierungsstufe 3 ist ein rein autonomer Betrieb, bei dem die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers vollständig durch die Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP), zur Automatischen Zugoperation (ATO) und zur Automatischen Zugsteuerung (ATC) übernommen werden. Eine zentrale Leitwarte übernimmt eine überwachende Funktion der Systeme und greift im Ausnahmefall regelnd ein.

Die Kommunikation zwischen Zug und Stellwerk wird durch die Automatische Zugsteuerung (ATC) abgewickelt.

Arbeitsschritte bei Anfahrt der Rangierlok auf eine EOW:

- Automatische Zugsteuerung (ATC) gibt Stellwerk gewünschte Fahrtroute durch
- Stellwerk prüft Gleisfreimeldeanlage und stellt Weichen gemäß Anforderung
- Stellwerk benachrichtigt Automatische Zugsteuerung (ATC) über Signalanlage und gibt die Fahrt frei
- Prüfung der Signalanlage / Weichenstellung auf gewünschte Fahrtrichtung durch Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Falls ja, Weiterfahrt mittels ATO-System
 - Falls nein, halten der Lok/Zug
 - Benachrichtigung des Stellwerks über Fehlstellung
 - Stellwerk prüft Gleisfreimeldeanlage und stellt Weichen gemäß Anforderung
 - Stellwerk benachrichtigt Automatische Zugsteuerung (ATC) über Signalanlage und gibt die Fahrt frei
- Weiterfahrt

4.4.3 Rechtliche Anforderungen

Das umstellen von Weichen im Hafengebiet obliegt je nach Bauart der Weiche dem Fahrdienstleiter (Fdl) oder Mitarbeitern (Rangierbegleitern, Weichenwärtern, Anderen) im Gleis. Elektrisch ortsgestellte Weichen werden durch einen Fdl mittels Einstellung einer Fahrstraße gestellt. Handweichen werden vor Ort umgestellt. Einige Weichen haben eine Grundstellung, die örtlich veröffentlicht werden muss. Das Umstellen von

Weichen unter Fahrzeugen ist untersagt und im Falle der Automatisierung technisch zu prüfen bzw. zu unterbinden.

- 408.4802 Kap. 2 Tätigkeiten übertragen oder von anderen ständig verrichten
- Aufgrund von Regeln der Module 408.4801 - 4851 dürfen Tätigkeiten des Weichenwärters oder Triebfahrzeugführers anderen Mitarbeitern übertragen werden oder ständig verrichtet werden vom Rangierbegleiter oder Rangierer.
- 408.0131 Grundstellung Weichen
 - 1 Grundstellung - Ist bei Gleisbildstellwerken für Weichen oder Gleissperren ausnahmsweise eine Grundstellung erforderlich, ist dies in den Örtlichen Richtlinien für Mitarbeiter auf Betriebsstellen bestimmt.
 - Weichen, für die eine Grundstellung bestimmt ist, sowie Gleissperren, Riegel, Sperrsignale, Gleissperrsignale (DV 301) oder Lichtsperrsignale (DV 301) müssen in Grundstellung stehen, wenn sie nicht in anderer Stellung gebraucht werden. Für Riegel können in den Örtlichen Richtlinien für Mitarbeiter auf Betriebsstellen Ausnahmen zugelassen sein, solange im Stellwerksbezirk nicht rangiert wird.
 - 2 Umstellverbot - Unter Fahrzeugen dürfen Sie Weichen oder Gleissperren nicht umstellen.
 - 3 Flachkreuzungen - für Flachkreuzungen müssen Sie die Bestimmungen für Weichen sinngemäß anwenden
- 408.4813 Kap. 1 Verständigen
 - (1) Es gilt Folgendes, a) Verständigung durch Triebfahrzeugführer:
 - 1. Bevor Fahrzeuge bewegt werden, muss der Triebfahrzeugführer den Weichenwärter über Ziel, Zweck und Besonderheiten informieren etc.
- RIL 482.8004 Elektrisch ortsgestellte Weichen bedienen

4.5 Basisszenario Container nicht im Zapfen

4.5.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Bei der Beladung von Containern auf Wagen müssen Container so gesetzt werden, dass alle vier Zapfen des Wagens vom Container getroffen werden. Die Prüfung auf ein ordnungsmäßiges Setzen des Containers erfolgt durch Mitarbeiter des Terminals und anschließend durch den Rangierbegleiter.

Verantwortlich für die Sicherheit der Ladung vor Fahrtantritt ist der Rangierdienstleister.



Quelle: ISL 2018

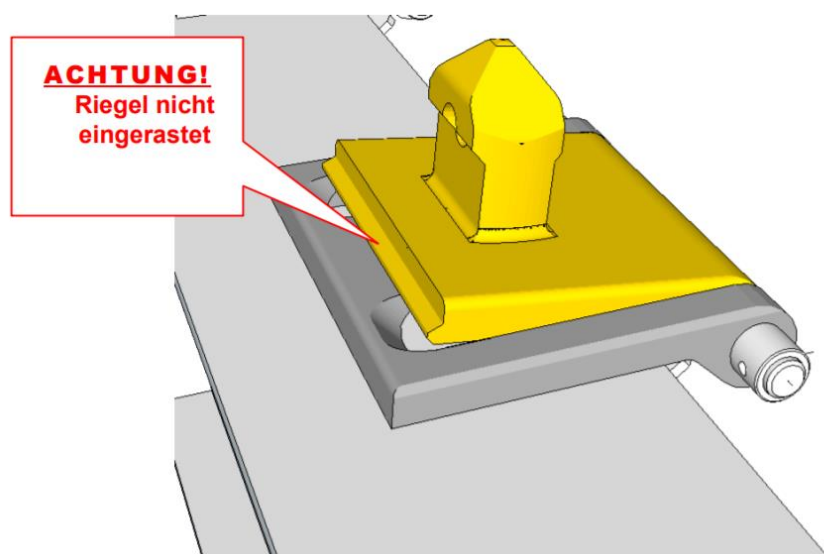
Abbildung 27 Container bündig auf Wagen

Wenn beide Prüfungen fehlschlagen, führt dies dazu, dass der Zug in „unsicherem“ Zustand der wagentechnischen Untersuchung (WTU), z.B. im Bf Speckenbüttel, zugeführt wird. Die Behebung des Fehlers ist zu diesem Zeitpunkt kosten- und zeitintensiv, da der Fehler an dieser Stelle nicht behoben werden kann und der betroffene Wagen zur Behebung des Fehlers aus dem Zug genommen und zu einer passenden Anlage rangiert werden muss. Alternativ kann der Ganzzug oder eine Wagengruppe zur Behebung des Fehlers umgefahren werden. Der Fehler wird grundsätzlich auf der Anlage behoben, die ihn auch verursacht hat.

- Meldung an das Terminal
- Behebung durch das Terminal
- Prüfung auf korrekte Verladung aller Container bei WTU
- Falls Container nicht im Zapfen
 - Meldung an den Rangierdienstleister
 - Meldung an das zuständige Terminal
 - Umfuhr des Waggons in das zuständige Terminal
 - Behebung durch das Terminal
 - Umfuhr des Waggons in das Ausgangsgleis
 - Weiterführung der WTU

4.5.2 Technisches Konzept

Die zur Sicherung von Containern verwendbaren Zapfen werden auch als Containerzapfen, Containerriegel oder Aufsetzzapfen bezeichnet. Diese sind üblicherweise klappbar und für jeden Container sollten nur jeweils vier Zapfen verwendet werden, da es sonst zu einem Verklemmen des Containers kommen kann, was beim Entladen ein Abheben und Entgleisen des Wagens zur Folge haben kann (ERR 2018).



Quelle: ERR 2018

Abbildung 29 Klappbarer Containerzapfen in Fehlstellung

Ein Containerzapfen kann sich entweder in Ruheposition, in Arbeitsposition oder in einer Fehlstellung befinden (vgl. Abbildung 29). Daraus ergeben sich folgende Funktionen, die eine automatisierte Fehlererkennung erfüllen muss:

- Erkennung von Spalten: Der Container ist nicht korrekt auf mindestens einem Containerzapfen positioniert, sodass ein Spalt zwischen Wagen und Container entsteht.
- Erkennung von Sicherungsfehlern: Der Container ist nicht mit genau vier Containerzapfen an seinen Ecken gesichert, weil:
 - Der Container an der falschen Stelle positioniert wurde
 - Sich die falschen Containerzapfen unter dem Container in Arbeitsposition befinden
 - Sich weniger als vier Containerzapfen unter dem Container in Arbeitsposition befinden
 - Sich mehr als vier Containerzapfen unter dem Container in Arbeitsposition befinden

Zur Umsetzung dieser Funktionen mittels Automatisierungstechnik werden Sensoren benötigt, für die sich zwei Varianten anbieten:

- **Variante 1 - Ortsfeste Sensoren am Terminal:** Sensoreinheiten in Reichweite der Verladestationen führen optische Messungen durch, die Spaltmaße sowie die Zustände der einzelnen Containerzapfen erkennen. Hier bietet sich eine Kombination aus Kamerasystem und Laser-Distanzmessung an, was mit ungefähr 2000 Euro je Sensoreinheit realisierbar sein sollte. Hinzu kommt der Aufwand für Software, Inbetriebnahme und Wartung der Geräte. Diese müssten in den einzelnen Blöcken und zwischen den Gleisen so positioniert werden, dass auch bei Mehrbelegung der Blöcke eine Erfassung möglich ist. Gleichzeitig sollten sie in ihrer Höhe so ausgelegt werden, dass die Gefahr einer Beschädigung im Betriebsablauf durch die Kranarbeiten minimiert wird.
- **Variante 2 - Sensoren an den Wagen:** Diese Variante setzt die Umrüstung der Wagen voraus. Benötigt werden:
 - Lagesensoren an den Containerzapfen,
 - Robuste Kontakt- oder Abstandssensoren, die den Abstand zwischen Container und Wagen messen können,
 - Eine Funkeinheit, um die Ergebnisse weiterzugeben, sowie
 - Die Elektrifizierung der Wagen.Hierdurch entstehen Hardwarekosten, die schätzungsweise zwischen 1000 und 2000 Euro liegen.
- **Variante 3 – Checkpoint am Ausgang:** Bezüglich der Infrastruktur wäre die günstigste Alternative ein Checkpoint in Form eines sensorbestückten Tores, das die Positionen der Containerzapfen bei Ausfahrt der Züge prüft. Allerdings müssten die Züge hier im Fehlerfall die Richtung ändern und erneut in den Terminalbereich einfahren.

Unabhängig von der gewählten Variante wird eine Schnittstelle benötigt, mittels derer die Ergebnisse auf Grundlage der sensorischen Messungen an das Terminal weitergegeben werden können. Während die Messungen bis zur Stufe 2 durch den Triebwagenführer ausgelesen werden können, muss diese Funktion bei Stufe 3 durch das ATC-System übernommen werden können.

4.5.2.1 Stufe 0 Rein manuell durchgeführter Vorgang

Arbeitsschritte:

- Sichtprüfung durch Mitarbeiter des Terminals sowie den Rangierbegleiter
- Benachrichtigung des Terminals durch Triebwagenführer oder Rangierbegleiter
- Behebung des Fehlers am Terminal
- Endkontrolle durch wagentechnische Untersuchung (WTU)

4.5.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Arbeitsschritte:

- Feststellung von Fehlern durch die angebrachte Sensorik
- Benachrichtigung des Triebwagenführers über Fehler
- Benachrichtigung des Terminals durch Triebwagenführer
- Überprüfung durch Mitarbeiter des Terminals sowie den Triebwagenführer
- Behebung von Fehlern am Terminal
- Endkontrolle durch wagentechnische Untersuchung (WTU)

4.5.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Arbeitsschritte:

- Feststellung von Fehlern durch die angebrachte Sensorik
- Ggf. Benachrichtigung des Triebwagenführers über Fehler
- Ggf. Benachrichtigung des Terminals durch Triebwagenführer
- Überprüfung durch Mitarbeiter des Terminals sowie den Triebwagenführer
- Behebung des Fehlers am Terminal
- Endkontrolle durch wagentechnische Untersuchung (WTU)

4.5.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Arbeitsschritte:

- Feststellung von Fehlern durch die angebrachte Sensorik
- Benachrichtigung des ATC-Systems über Fehler
- Benachrichtigung des Terminals durch ATC-System
- Überprüfung durch Mitarbeiter des Terminals
- Behebung des Fehlers am Terminal
- Endkontrolle durch wagentechnische Untersuchung (WTU)

4.5.3 Rechtliche Anforderungen

Bei der Übergabe der Fahrzeuge (Triebfahrzeug und Wagen) nach Umschlagbetrieb ist vor dem Bewegen (Rangierfahrt) durch einen Mitarbeiter die ordnungsgemäße Verladung und der transportsichere Sitz der Ware auf dem Waggon zu prüfen. Bei Unregelmäßigkeiten sind Maßnahmen zur Korrektur oder Gefahrenabwehr zu treffen.

Bei Rangierfahrten ist eine Prüfung kleineren Umfangs vorgeschrieben, als bei Vorbereitungen für Zugfahrten außerhalb des Hafenbereichs (freie Strecke). Hauptsächlich ist dieses die sogenannte Wagentechnische Untersuchung. Die Ril 936 bzw. als äquivalent die VDV-Schrift 758 beinhalten Vorgaben und Handlungsabfolgen dazu.

- OeRil, 3 Auftragsabwicklung
 - 3.1 Übergabe und Übernahme der Fahrzeuge: beim Zuführen/Abholen von Fahrzeugen zu/von der Ladestelle soll ein vom Umschlagbetrieb beauftragter Mitarbeiter zur Feststellung etwaiger Mängel an Fahrzeugen und Ladung an der Ladestelle erreichbar sein. Die Mängel sind dem Hafeninfrastukturdisponenten zu melden.
- Anweisung für Bedienung der Fa. Eurogate Gleisanschluss CT II:
 - 3 Auftragsabwicklung im Anschluss,
 - 3.1 Übergabe und Übernahme der Wagen.
 - Beim Zuführen/Abholen von Wagen an/von den Ladestellen soll ein vom Anschließer beauftragter Mitarbeiter zur Feststellung etwaiger Mängel an Fahrzeugen und Ladung an der Ladestelle erreichbar sein.
- Ril 408.4811: Wenn an Fahrzeugen oder Ladungen Unregelmäßigkeiten festgestellt werden, festgestellt oder solche Unregelmäßigkeiten gemeldet werden, müssen Maßnahmen bei Gefahr getroffen werden. Nach dem Anhalten muss der Triebfahrzeugführer die Unregelmäßigkeit dem Weichenwärter mitteilen. Der Triebfahrzeugführer muss – auch wenn er eine Unregelmäßigkeit selbst festgestellt hat – die Fahrzeuge nach der Unregelmäßigkeit absuchen und dem Weichenwärter die zu treffenden Maßnahmen mitteilen.
- Prüfen der Güterwagen und Ladeeinheiten nach Ril 936.9600

- Äquivalent ist die VDV 758
- Ausbildungs- und Handlungsgrundlage Wagenprüfer und Wagenmeister
- Stichwort Wagentechnische Untersuchung (WTU)

4.6 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich

4.6.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Innerhalb des Hafengebietes Überseehafen Bremerhaven gibt es verschiedene Sicherheitsbereiche die nach dem International Ship and Port Facility Security Code (ISPS Code) abgesichert werden müssen. Diese Bereiche werden in Abstimmung mit dem Hafenkaptän nach Bremischen Hafensicherheitsgesetz (BremHaSiG) eingerichtet und haben jeweils einen eigenen PFSO (Port Facility Security Officer/ Beauftragter für die Gefahrenabwehr in Hafenanlagen).

Dies gilt auch für die in Rang-E betrachteten Terminals. Jedes Terminal definiert dazu eigene Verfahrensweisen zum Betreten des eigenen ISPS Bereiches. Daraus ergeben sich auch unterschiedliche Verfahren bei der Ein- und Ausfahrt der Züge beim Rangieren.

Besonders sensible Bereiche stellen die Tore dar, die in direktem Kontakt mit dem Individualverkehr stehen. Die Bandbreite reicht dabei von der Handöffnung der Tore durch Sicherheitsdienste mit Schlüssel bis zu automatischer Toröffnung mit Videoüberwachung.

Die Zugänge per Bahn zu den Containerterminals CTI, CTII, CTIII und CT IV werden mit automatisch zu bedienenden Toren realisiert. Die Tore werden vom Stellwerk per Video überwacht und zum Öffnen und Schließen fernbedient.

Beim den Autoterminals werden die Tore per Hand durch das Sicherheitsunternehmen ELCO bedient.

Ansätze zur Automatisierung

Erster Schritt ist die Umstellung aller handbedienten Tore auf automatische Bedienung per Fernsteuerung und Videoüberwachung.

Ein zweiter Schritt beinhaltet die automatische Überwachung der Annäherung des Zuges an das Tor mit automatischer Toröffnung bzw. Schließung.

Ein weiterer Schritt ist die automatische Übermittlung der Fahrtfreigabe bei geöffnetem Tor an den Zug.

Algorithmen

Die Handbedienung der Tore im Bereich BLG Logistics (BLG) ist im 10 Basisszenario BLG Rampen beschrieben.

Im Folgenden wird der Algorithmus für die Containerterminals beschrieben:

1. Beantragung und Freigabe der Fahrtstrecke (zum Terminal bzw. heraus)

2. Fahrt des Zuges und Überwachung der Position durch die Fahrdienstleitung
3. Bei Annäherung an das Tor Öffnung durch die Fahrdienstleitung und Stellung Signal auf „Freie Fahrt“
4. Videoüberwachte Durchfahrt durch das Tor
5. Schließung des Tores durch die Fahrdienstleitung

4.6.2 Technisches Konzept

Ausgehend von einem manuellen Vorgang, bei dem ein Mitarbeiter die Berechtigung des Triebwagenführers kontrolliert und das Tor per Hand bedient, sind die folgenden technischen Automatisierungen denkbar.

- **Automatisierung des Toröffners:** Mittels einer Fernbedienung kann der Mitarbeiter nach Kontrolle oder Durchfahrt den Toröffner betätigen, sodass sich dieses öffnet oder schließt. Je nach Ausführung liegen die Kosten für ein motorisiertes Tor mit Fernbedienung zwischen 5000 und 15000 Euro¹⁵.
- **Zentralisierung des Kontrollprozesses:** Aus einer Leitstelle kann ein Mitarbeiter an mehreren Toren kontrollieren. Erforderliche Komponenten sind Kamerasysteme, um unbefugten Zugriff zu erfassen und jeweils eine Lichtschranke, um sicherzustellen, dass der Zug das Tor passiert hat.
- **Automatisierung des Anforderungsprozesses:** Wird auch der Zug autonom betrieben, sollte auch die Anforderung der Toröffnung autonom erfolgen. Dazu gibt es verschiedene Ansätze:
 - **Autonome Zugidentifizierung durch ortsfestes System:** Mittels streckennaher Sensoren können Züge erfasst und identifiziert werden, sodass die Berechtigung zur Durchfahrt frühzeitig geprüft werden kann. Im Idealfall erfolgt die Toröffnung hinreichend schnell und mit ausreichendem Sicherheitsabstand sodass Bremsvorgänge vermieden werden können. Die Identifikation kann über RFID-Tags oder Bildverarbeitung erfolgen¹⁶.
 - **Autonome Anfrage durch Automatische Zugsteuerung (ATC):** Wird der Zug über ein ATC-System betrieben, so kann ein Datenaustausch hergestellt werden, indem das ATC-System die Freigabe autonom anfordert und ein Kontrollsystem das Tor öffnet und dem ATC-System die Freigabe zur Weiterfahrt erteilt. Dafür ist auch ein Bildverarbeitungssystem erforderlich, das sicherstellt, dass nur der Zug das Tor passiert.

¹⁵ https://industrietore-shop.de/industrie_schiebetor_6m_breite,2,7.mhtml

¹⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=KDWfjCJOuAc>

4.6.3 Rechtliche Anforderungen

Der Rahmen für die Umsetzung der Anforderungen gemäß ISPS Code ist im Bremischen Hafensicherheitsgesetz (BremHaSiG) geregelt. Der ISPS Code (International Ship and Port Facility Security Code) aus dem Jahr 2002 dient der Sicherung der Supply Chain und ist eine Ergänzung der International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) von 1974.

Verantwortlichkeiten, Risikobewertungen, Beauftragte und Gefahrenstufen werden im Bremischen Hafensicherheitsgesetz (BremHaSiG) definiert. Im automatisierten Betrieb sind vor allem die Zufahrten (Tore) bei Durchfahrten zu bedienen und zu überwachen, um Unbefugten keinen Zutritt zu gewähren.

"Bremische Hafensicherheitsgesetz vom 30. April 2007 (Brem.GBl. 2007, 307), zuletzt Inhaltsübersicht geändert, § 13 neu gefasst durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. April 2015 (Brem.GBl. S. 269)". Darin heißt es u.a.:

- § 9 Verantwortlichkeiten
 - o (1) Die Verantwortlichkeiten des ISPS-Code werden von den zuständigen Behörden wahrgenommen.
 - o (2) Verantwortlich für Maßnahmen, die der ISPS-Code Hafenanlagen zuordnet, ist der Betreiber einer Hafenanlage. Betreiber einer Hafenanlage im Sinne dieses Gesetzes sind der Eigentümer oder die Nutzungsberechtigten der Hafenanlage.
- § 10 Risikobewertung für die Hafenanlage
 - o (1) Die Risikobewertung für die Hafenanlage gemäß Abschnitt A/15 des ISPS-Code und deren regelmäßige Überprüfungen werden von der zuständigen Behörde durchgeführt.
- § 12 Beauftragter für die Gefahrenabwehr in der Hafenanlage
 - o (1) Der Betreiber einer Hafenanlage hat der zuständigen Behörde einen Beauftragten zur Gefahrenabwehr in der Hafenanlage zu benennen und einzusetzen, der insbesondere die Aufgaben gemäß Abschnitt A/17.2 des ISPS-Code wahrzunehmen hat, Der Beauftragte für Gefahrenabwehr muss die Anforderungen von Abschnitt A/18.1 des ISPS-Code erfüllen sowie zuverlässig im Sinne von § 16 sein.
- Der ISPS Code stellt ein internationales Rahmenwerk dar, um Sicherheitsbedrohungen zu erkennen und einzuschätzen und ergreift präventive Maßnahmen.
- ISPS-Code Teil A 16 sowie Teil B 16.3 und 16.8 (Mindeststandards für den Plan zur Gefahrenabwehr in der Hafenanlage), 18.5 und 18.6 (Häufigkeit von Schulungen und Übungen zur Gefahrenabwehr in Hafenanlagen sowie für die Beauftragten für die Gefahrenabwehr in der Hafenanlage) sind bei der Erstellung des Plans zur Gefahrenabwehr zu beachten, da diese gem. Verordnung (EG) Nr. 725/2004 verbindlich sind.
- Für die Gefahrenabwehr ist ein Port Facility Security Officer/ Beauftragter für die Gefahrenabwehr in Hafenanlagen (PFSO) zu benennen. Die Gefahrenstufe wird von der Hansestadt Bremischen Hafenamt für jedes Unternehmen festgelegt. Dabei werden drei Gefahrenstufen unterschieden:

- Gefahrenstufe 1: Die Stufe, bei der zu jederzeit ein Mindestmaß an zweckmäßigen Schutzmaßnahmen zur Gefahrenabwehr aufrechtzuerhalten ist (Regelbetrieb)
 - Gefahrenstufe 2: Die Stufe, bei der auf Grund des erhöhten Risikos eines sicherheitsrelevanten Ereignisses für einen bestimmten Zeitraum zusätzliche zweckmäßige Schutzmaßnahmen zur Gefahrenabwehr aufrechtzuerhalten sind
 - Gefahrenstufe 3: Die Stufe, bei der für einen begrenzten Zeitraum weitere spezielle Schutzmaßnahmen zur Gefahrenabwehr aufrechtzuerhalten sind, diese Stufe gilt, wenn ein sicherheitsrelevantes Ereignis wahrscheinlich ist oder unmittelbar bevorsteht, auch wenn das genaue Ziel unter Umständen nicht bekannt ist.
- Eintritt in den ISPS Bereich (bei „Toröffnung beauftragen“)
 - Bremisches Hafensicherheitsgesetz (BremHaSiG), § 3 Zuständige Behörde
 - (1) Zuständig für die Risikobewertungen nach §§ 5 und 10 sind die Polizei Bremen und die Ortspolizei-behörde der Stadt Bremerhaven jeweils in ihrem örtlichen Zuständigkeitsbereich nach § 70 Abs. 2 und § 74 Abs. 2 des Bremischen Polizeigesetzes.
 - (2) Im Übrigen ist der Senator für Wirtschaft und Häfen zuständige Behörde für die Gefahrenabwehr im Hafen. Er kann Aufgaben und Befugnisse auf das Hansestadt Bremische Hafenamt – Hafenkapitän – übertragen.
 - OeRil Bremerhaven CT 2/3
 - 1.9 Einfriedung und Tore
 - Die bremischen Ladegleise liegen innerhalb der eingezäunten Flächen des Umschlagbetriebes.
 - Die Gleistore werden elektrisch betrieben und sind in der Grundstellung und bei Betriebsruhe immer geschlossen zu halten.

4.7 Basisszenario Querung Individualverkehr

4.7.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Ein Sonderfall: "Querung Individualverkehr" mit Schaltung Andreaskreuz, anschließender "Handweiche" und „Einfahrt in einen ISPS Bereich" wird im 10 Prozessszenario BLG Rampen detailliert dargestellt.

Grundsätzlich ist zwischen Querungen mit Schrankenbetrieb und unbeschränkten Querungen zu unterscheiden.

Unbeschränkte Bahnübergänge.

Diese Anlagen sind mit Andreaskreuz und Blinklicht gesichert und werden bei Bedarf von Hand vom Triebwagenführer oder Rangierbegleiter geschaltet.



Foto ISL 2018

Abbildung 30 Unbeschränkter Bahnübergang mit Andreaskreuz Franziusstraße



Foto ISL 2018

Abbildung 31 Schaltkasten mit Schlüssel für Lichtzeichenanlage am BÜ Franziusstraße

Bahnübergänge mit Schrankenbetrieb



Foto ISL 2018

Abbildung 32 Beschränkter Bahnübergang An der Nordschleuse



Foto ISL 2018

Abbildung 33 Beschränkter Bahnübergang Senator-Borttscheller-Straße

Stufen der Optimierung und Automatisierung

Erster Schritt der Optimierung für die Schaltung von Andreaskreuzen ist eine Bedienbarkeit ohne die Lok verlassen zu müssen.

Eine Automatisierung unter Beibehaltung von Andreaskreuzen erscheint nicht sinnvoll, da die Funktion und Reaktion des Individualverkehrs vom Rangierbegleiter visuell bewertet werden muss. Für eine Automatisierung der Abläufe ist daher auf beschränkte Bahnübergänge umzustellen.

Algorithmen

Querung Individualverkehr mit Andreaskreuz

1. Zug stoppen und verlassen
2. Blinklicht am Andreaskreuz schalten
3. Stillstand Individualverkehr feststellen und Zugfahrt freigeben
4. Zug überquert Straße
5. Blinklicht am Andreaskreuz ausschalten
6. Straße zu Fuß zum Zug queren
7. Auf Zug aufsteigen und Fahrt fortsetzen

Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage

Der Triebwagenführer hat die Freigabe für eine Strecke bekommen. Die Fahrt wird von der Fahrdienstleitung überwacht und die Funktion der Schranken in folgender Weise ausgelöst.

1. Bei Näherung des Zuges die Schranke schließen (Fahrdienstleitung)
2. Feststellen Schranke geschlossen (Fahrdienstleitung)
3. Signal Freigabe der Querung (Fahrdienstleitung)
4. Zug überquert Straße (Triebwagenführer)
5. Schranke öffnen (Fahrdienstleitung)

Nach Abschluss der Prozessaufnahme wurde mit Umbauarbeiten an Überwegungen begonnen. Hierbei wurden Schrankenanlagen installiert, die Überwegungen mit Andreaskreuzen ablösen und vom Zug ausgeschaltet werden sollen. Es ist zurzeit in der Diskussion, ob die Schaltung per Taster, Fernbedienung oder App erfolgen wird.

Grafische Umsetzung - Querung Individualverkehr mit Andreaskreuz

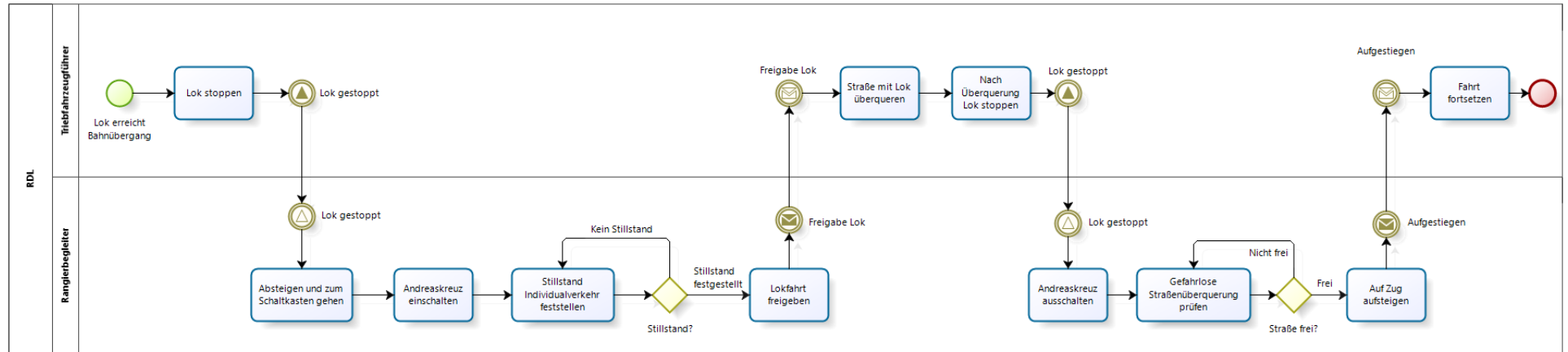


Abbildung 34 Querung Individualverkehr mit Andreaskreuz

Grafische Umsetzung - Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage

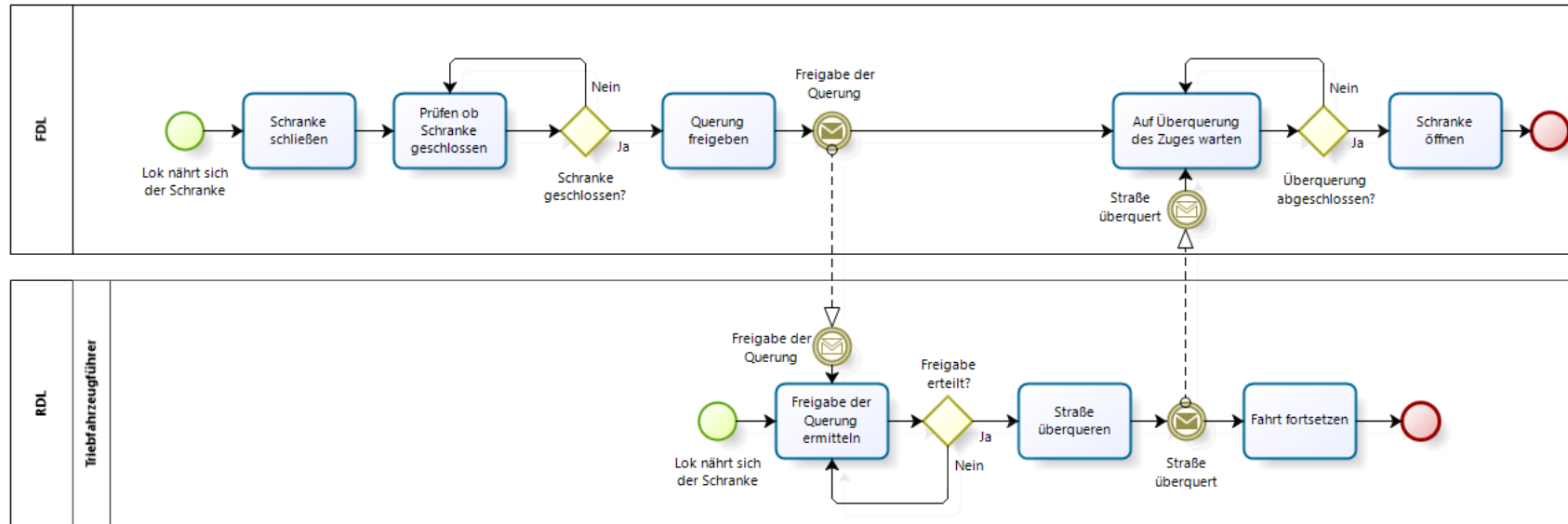


Abbildung 35 Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage

4.7.2 Technisches Konzept

Für die technische Sicherung von Bahnübergängen werden üblicherweise Lichtzeichen, Blinklichter oder (Halb-) Schranken sowie akustische Warneinrichtungen eingesetzt. Bei der Bedienung und dem entsprechendem Automatisierungsgrad kann zwischen wärterbedienten Anlagen und zugbedienten Anlagen unterschieden werden.

Wärterbediente Anlagen (Stufe 0) werden manuell geschaltet und erfordern das Anhalten des Zuges. Zugbediente Anlagen werden üblicherweise über Induktionsschleifen im Gleis oder Achszählern ein- und ausgeschaltet. Letztere können zudem in lokführerüberwachte (Stufe 1) und fernüberwachte Anlagen (Stufe 2-3) unterteilt werden.

Automatisierung in der technischen Sicherung von Bahnübergängen entspricht dem Stand der Technik und wird, abhängig von der Frequentierung der Übergänge, weitläufig eingesetzt.



Quelle: xplored.de

Abbildung 36 Bahnübergang mit lokführerüberwachter Anlage

Um einen möglichst sicheren Betrieb zu gewährleisten wird, wie in Abschnitt 0 beschrieben, bei der Automatisierung von beschränkten Bahnübergängen ausgegangen.

4.7.2.1 Stufe 0 Rein manuell durchgeführter Vorgang

Die Automatisierungsstufe 0 beschreibt einen manuellen Vorgang. Die Aufgaben werden hier durch Triebwagenführer und Fahrdienstleiter wahrgenommen. Es handelt sich dabei um eine wärterbediente Anlage, die analog zur traditionellen Zugbeobachtung zunehmend automatisiert wird (vgl. Schöbel 2005).

Arbeitsschritte bei der Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage

Der Triebwagenführer hat die Freigabe für eine Strecke bekommen. Die Fahrt wird von der Fahrdienstleitung überwacht und die Funktion der Schranken in folgender Weise ausgelöst.

1. Bei Näherung des Zuges die Schranke schließen (Fahrdienstleitung)

2. Feststellen Schranke geschlossen (Fahrdienstleitung)
3. Signal Freigabe der Querung (Fahrdienstleitung)
4. Lok überquert Straße (Triebwagenführer)
5. Schranke öffnen (Fahrdienstleitung)

4.7.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Die Automatisierungsstufe 1 beschreibt einen halbautomatischen Vorgang. Da für den Rangierbegleiter bei einem BÜ mit Schrankenanlage keine Aufgaben anfallen, werden an dieser Stelle die Aufgaben der Fahrdienstleitung automatisiert. Es handelt sich daher um eine zugbediente, Überwachungssignal-Anlage oder auch lokführerüberwachte Anlage.

Arbeitsschritte bei der Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage

Der Triebwagenführer hat die Freigabe für eine Strecke bekommen. Die Fahrt wird durch den Triebwagenführer überwacht und die Funktion der Schranken in folgender Weise ausgelöst.

1. Bei Näherung des Zuges die Schranke schließen (Einschaltkontakte, Induktionsschleifen oder Achszähler)
2. Feststellung Schranke geschlossen und Signalschaltung (streckenseitige Sensorik und Automatisierungstechnik)
3. Feststellung des Freigabesignals für die Querung (Triebwagenführer)
4. Lok überquert Straße (Triebwagenführer)
5. Bei Verlassen des Zuges Freigabesignal ausschalten und Schranke öffnen (Ausschaltkontakte, Induktionsschleifen oder Achszähler)

4.7.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Auf der Automatisierungsstufe 2 werden die Aufgaben des Triebwagenführers durch Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP) und Automatischen Zugoperation (ATO) übernommen. Ein Triebwagenführer fährt im Führerhaus mit, legt die durchzuführenden Prozesse fest, löst diese aus und hat ansonsten eine überwachende Funktion. Eingesetzt wird eine zugbediente, fernüberwachte Anlage.

Arbeitsschritte bei der Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage

Der Triebwagenführer hat die Freigabe für eine Strecke bekommen. Die Fahrt wird durch das ATO-System durchgeführt und durch den Triebwagenführer überwacht. Die Funktion der Schranken wird in folgender Weise ausgelöst.

1. Bei Näherung des Zuges die Schranke schließen (Einschaltkontakte, Induktionsschleifen oder Achszähler)

2. Feststellung Schranke geschlossen (streckenseitige Sensorik und Automatisierungstechnik, Stellwerk)
3. Bei Störung: Stellwerk benachrichtigt Triebwagenführer, Zug stoppt. Sonst:
4. Lok überquert Straße (ATO-System)
5. Schranke öffnen bei Verlassen des Zuges (Ausschaltkontakte, Induktionsschleifen oder Achszähler)

4.7.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Die Automatisierungsstufe 3 ist ein rein autonomer Betrieb, bei dem die Aufgaben des Triebwagenführers vollständig durch die Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP), zur Automatischen Zugoperation (ATO) und zur Automatische Zugsteuerung (ATC) übernommen werden. Eine zentrale Leitwarte übernimmt eine überwachende Funktion der Systeme und greift im Ausnahmefall regelnd ein. Eingesetzt wird ebenfalls eine zugbediente, fernüberwachte Anlage. Da auf dem Zug in dieser Stufe kein Triebwagenführer vorhanden ist, muss im Störfall eine Kommunikation zwischen Stellwerk und ATC-System stattfinden.

Arbeitsschritte bei der Querung Individualverkehr mit Schrankenanlage

Das ATC-System hat die Freigabe für eine Strecke bekommen. Die Fahrt wird durch das ATO-System durchgeführt. Die Funktion der Schranken wird in folgender Weise ausgelöst.

1. Bei Näherung des Zuges die Schranke schließen (Einschaltkontakte, Induktionsschleifen oder Achszähler)
2. Feststellen Schranke geschlossen (streckenseitige Sensorik und Automatisierungstechnik, Stellwerk)
3. Bei Störung: Stellwerk benachrichtigt ATC-System, Zug stoppt. Sonst:
4. Lok überquert Straße (ATO-System)
5. Schranke öffnen bei Verlassen des Zuges (Ausschaltkontakte, Induktionsschleifen oder Achszähler)

4.7.3 Rechtliche Anforderungen

Sowohl die Richtlinie (Ril) 408, als auch die örtlichen Zusätze (OeRil) geben dem Schienenverkehr einen Vorrangstatus bzw. eine allgemeine Vorfahrt an Bahnübergängen oder Kreuzungsbereichen.

Außerdem ist für dieses Basisszenario Querung Individualverkehr (IV) die Richtlinie (RiL) 815 – Bahnübergänge planen und Instandhalten – zu beachten. Der Vorrang vom Schienenverkehr wird durch ein Andreaskreuz gekennzeichnet. Sollte der Bahnübergang (BÜ) oder Kreuzungsbereich nicht weiter gesichert sein, müssen Sicherungspos-

ten oder hörbare Signale der Eisenbahnfahrzeuge auf die Gefahr aufmerksam machen.

Die OeRil fügt diesem Abschnitt hinzu, dass aufgrund der eingeschränkten Sicht der Fahrzeugführer der verkehrenden Portalhubwagen (Van-Carrier, VC) ist jedoch seitens der Triebfahrzeugführer (Tf) bei allen Rangierfahrten erhöhte Vorsicht erforderlich. Die Automatisierungstechnik muss auch hier Entscheidungsmöglichkeiten haben, um kritische Situationen oder Zusammenstöße vorzeitig abzuwenden.

- Ril 815 - Bahnübergänge planen und Instandhalten:
 - o Der Vorrang des Eisenbahnverkehrs vor dem Straßenverkehr an BÜ ist durch Andreaskreuze nach § 11 Abs. 3 und Anlage 5 Bild 1 EBO zu kennzeichnen.
 - o Eine Sicherung von BÜ durch Posten ersetzt nach § 11 Abs. 11 EBO jede andere Sicherungsart Die Straßenverkehrsteilnehmer haben den Anweisungen des Postens Folge zu leisten (§ 19 Abs. 2 Nr. 4 StVO).
 - o Nicht technisch gesicherte BÜ dürfen gesichert werden durch die Übersicht auf die Bahnstrecke und/oder hörbare Signale der Eisenbahnfahrzeuge (Pfeiftafel BÜ 4).
 - o Ril 815: BÜ sind nach § 11 Abs. 6 EBO technisch zu sichern, soweit keine andere Sicherung zugelassen ist. Als technische Sicherung sollen Blinklichter und Blinklichter mit Halbschranken nicht mehr verwendet werden (§ 11 Abs. 6 EBO)
- Anweisung für die Bedienung CT 2/3, 1.4 Bahnübergänge:
 - o In der Ladestelle sind innerbetriebliche Übergänge des angrenzenden Umschlagbetriebs ohne technische Sicherung. Schienenfahrzeuge haben in allen Kreuzungsbereichen Vorrang.
- Betriebsstellenhandbuch Bremerhaven Seehafen Bkf+Stf
 - o Bestimmte Bahnübergänge sind mit einem Monitor ausgerüstet. Diese sind bei den Stw angeordnet.
- 408.4816 1 (3): Die nichttechnisch gesicherten BÜ mit öffentlichen Straßen werden durch Mitarbeiter im Rangierdienst gesichert (Postensicherung).
- 408.0421 1 (1): Bahnübergangsposten die im Bf Bremerhaven Seehafen eingesetzt werden, sind durch den Fdl über den Zugverkehr durch Einzelruf zu benachrichtigen.
- 408.4816 2 (2), Sichern von Übergängen, die dem Verkehr innerhalb der Bahnhöfe dienen: Diese Übergänge werden nicht besonders gesichert, Berechtigte sichern sich selbst. Ausnahme:
 - o Der Übergang im Südkopf (Bft. Kaiserhafen) zwischen den Weichen 81 und 120 ist einseitig mit einem Schrankenbaum ausgestattet und verschlossen und darf nur von Berechtigten genutzt werden.
 - o Das Öffnen und Schließen erfolgt in eigener Verantwortung. Rangierfahrten sind mit dem Hinweis „Schranke offen“ zu verständigen

- Verkehrssicherheit an Bahnübergängen (Fachausschuss StVO)
 - o Allgemein, Besondere Belange, Erkennbarkeit/Sicht, Straßenausstattung
- OeRil Bremerhaven 1.7 Bahnübergänge
 - o In der Ladestelle sind innerbetriebliche Übergänge des angrenzenden Umschlagbetriebes ohne technische Sicherung. Schienenfahrzeuge haben in allen Kreuzungsbereichen Vorrang. Aufgrund der eingeschränkten Sicht der Fahrzeugführer der auf dem Terminalgelände verkehrenden Portalhubwagen(Van-Carrier) ist jedoch seitens der Triebfahrzeugführer (Tf) bei allen Rangierfahrten erhöhte Vorsicht erforderlich.

4.8 Prozessszenario Blockabfertigung Van Carrier

4.8.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Die Anlage für den kombinierten Verkehr (KV Anlage) bei Eurogate ist so aufgebaut, dass die Van Carrier (VC) die Container direkt von den Wagen aufnehmen und absetzen. Dazu müssen die Wagen von den VC überfahren werden. Für die Optimierung der Fahrwege der VC wird der Zug in bis zu 6 Blöcken aufgeteilt. In einem Block sind 6 Gleise; pro Gleis passen durchschnittlich fünf Wagen in den Block. Zwischen den Blöcken befinden sich Fahrwege der VC. Während des Rangierens ist das Befahren der Bereiche um das betroffene Gleis für VC untersagt. Dies gilt sowohl für benachbarte Gleise als auch für die Querung der Gleisanlage an diesem Block. Hier entsteht ein Konflikt zwischen Effizienz und Sicherheit, der bei der Blockabfertigung häufig zu Lasten der Sicherheit geht.

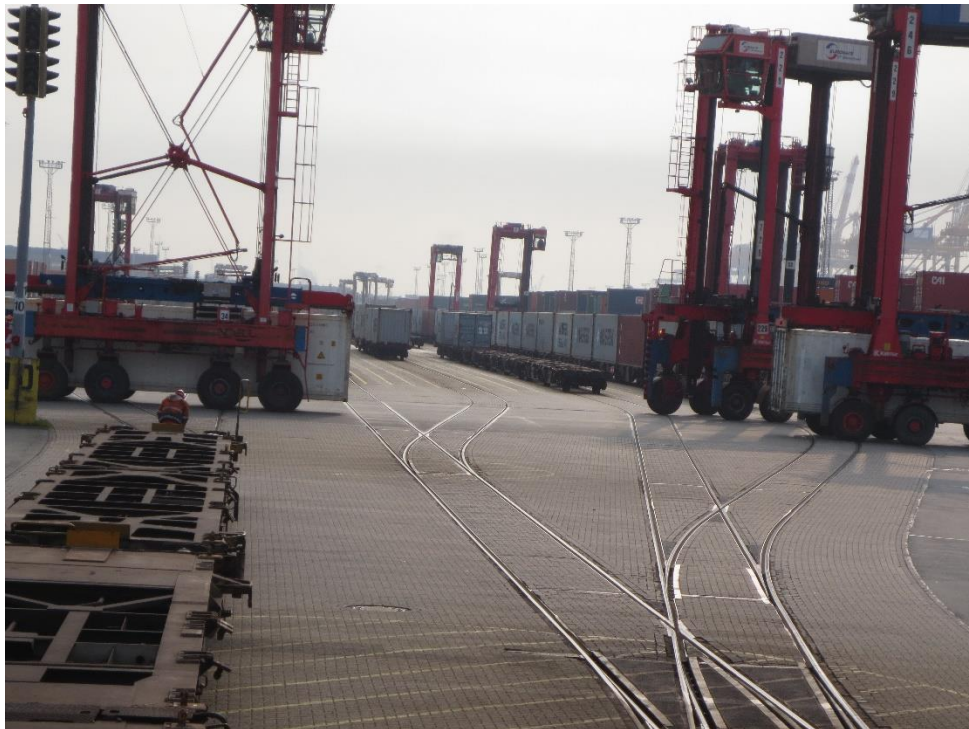
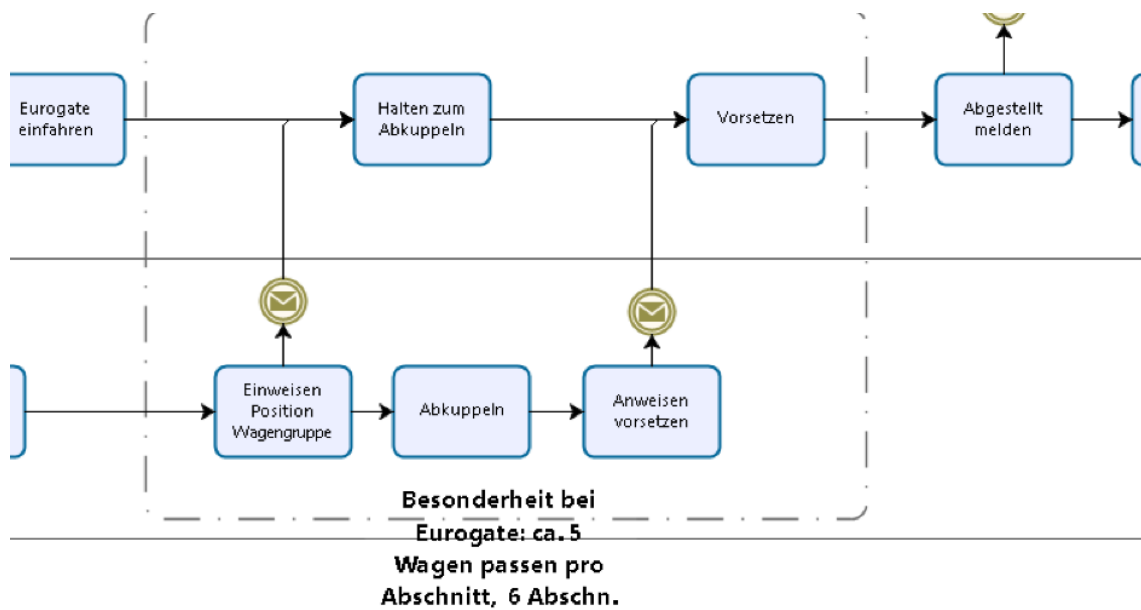


Foto: IVE 2018

Abbildung 37 KV Anlage Blockabfertigung mit VC EUROGATE

Der Rangierbegleiter muss sicherstellen, dass die Fahrwege der VC nicht blockiert werden, auch wenn sich die Wagengruppe entspannt oder beim be- und entladen ein Wagen bewegt wird.

Der Rangierbegleiter trifft die Entscheidung, ob die abgestellte Wagengruppe mit Hemmschuhen gesichert werden muss. Dabei ist der Maßstab die Anzahl der Wagen in der Wagengruppe mit gefüllten Hilfsluftbehältern und die geschätzte Verweildauer im Block.



Quelle: ISL 2018

Abbildung 38 Darstellung der Gestellung in der Blockabfertigung aus dem BPMN Modell

Beim Zusammenführen der Wagengruppen aus den Blöcken ist jeweils die Einweisung beim Auffahren (03 Basisszenario Sensorik beim Schieben), das Kuppeln (01 Basisszenario Kuppeln) und die vereinfachte Bremsprobe (02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) durchzuführen (bis zu 6 mal).

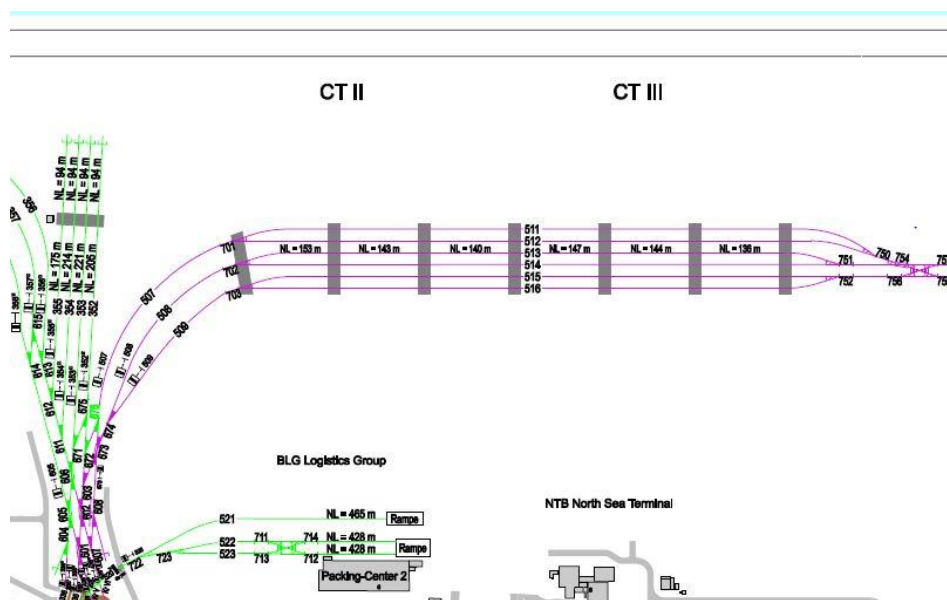


Abbildung 39 Gleisanlagen im Bereich der Hafeneisenbahn Bremerhaven

Eine Elektrifizierung der KV Anlage ist aus den oben genannten Gründen nicht möglich. Hier sind alternative Antriebstechniken (siehe 11 Alternative Antriebstechniken) ein möglicher Lösungsansatz.

Weiterhin gibt es Überlegungen, die Umschlagsanlage zu einer KV-Anlage für Ganzzüge mit Krananlage umzubauen (siehe 09 Prozessszenario Abfertigung Ganzzug mit Krananlage).

Algorithmen Umsetzung im Ist-Zustand

Für die Ent- und Beladung der Container werden Wagengruppen gestellt und nach fertiger Beladung wieder abgezogen. Für die Rangiertätigkeiten sind grundsätzlich die folgenden Schritte notwendig:

- Gestellung der Wagengruppen
- Abziehen der Wagengruppen

Gestellung der Wagengruppen

1. Einfahren in das Gleis zur Abstellung der Wagengruppen
2. Einweisung der Position des letzten Wagens durch Rangierbegleiter im ersten freien Abstellblock
3. Rangierbegleiter geht zum Ende des Blocks
4. Beurteilen, an welcher Stelle der Zug aufgetrennt werden muss
5. Auftrennen des Zuges
6. Bei Bedarf Hemmschuhe setzen
7. Mitteilung an Triebwagenführer zum Vorsetzen
8. Sind alle Wagen abgestellt?
 - Nein: Weiter mit 2.
 - Ja: Ausfahrt aus dem Gleis

Abziehen der Wagengruppen

1. Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen
2. Auffahren auf die erste Wagengruppe
3. Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln)
4. Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) und gleichzeitig
5. Vereinfachte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
6. Sind alle Wagen angekuppelt?

- Nein: Weiter mit 2.
- Ja: Ausfahrt aus dem Gleis

Grafische Umsetzung

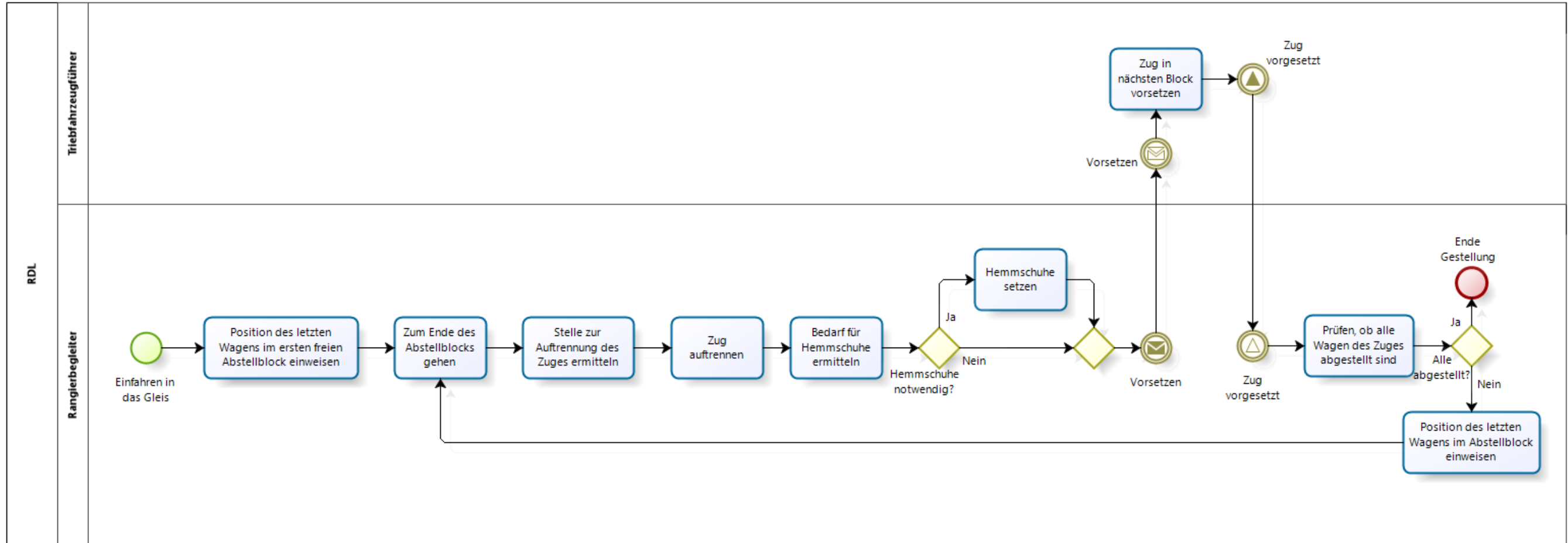


Abbildung 40 Gestellung der Wagengruppen in KV Anlage mit Blockabfertigung Van Carrier

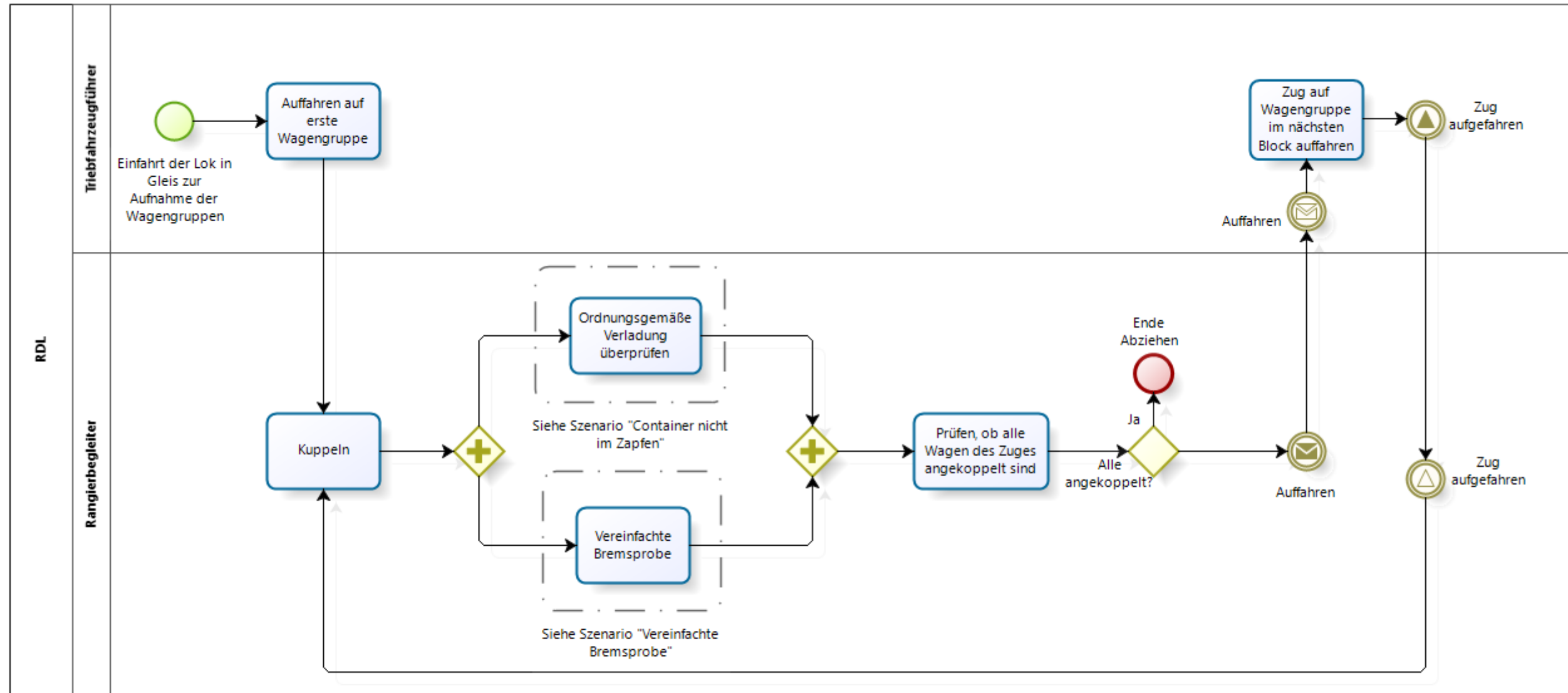


Abbildung 41 Abziehen der Wagengruppen aus KV Anlage mit Blockabfertigung Van Carrier

4.8.2 Technisches Konzept

Die Automatisierung dieses Prozessszenarios beruht auf Technologien, die in den folgenden Basisszenarien beschrieben werden:

- 01 Basisszenario Kuppeln
- 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe
- 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben
- 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen

4.8.2.1 Stufe 0 Rein manuell durchgeführter Vorgang

Die Automatisierungsstufe 0 beschreibt den Vorgang im Status quo. Die Aufgaben werden hier durch den Triebwagenführer und den Rangierbegleiter wahrgenommen.

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen:

1. Einfahren in das Gleis zur Abstellung der Wagengruppen durch Triebwagenführer
2. Einweisung der Position des letzten Wagens im ersten freien Abstellblock durch Rangierbegleiter
3. Rangierbegleiter geht zum Ende des Blocks
4. Beurteilung, an welcher Stelle der Zug aufgetrennt werden muss durch Rangierbegleiter
5. Auftrennen des Zuges durch Rangierbegleiter
6. Bei Bedarf Hemmschuhe setzen durch Rangierbegleiter
7. Mitteilung von Rangierbegleiter an Triebwagenführer zum Vorsetzen
8. Sind alle Wagen abgestellt?
 - a. Nein: Weiter mit 2.
 - b. Ja: Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

1. Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch Triebwagenführer
2. Auffahren auf die erste Wagengruppe durch Triebwagenführer unter Mithilfe des Rangierbegleiter
3. Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) durch Rangierbegleiter
4. Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 07 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Rangierbegleiter und gleichzeitig

5. Vereinfachte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
6. Sind alle Wagen angekuppelt?
 - a. Nein: Weiter mit 2.
 - b. Ja: Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

4.8.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Auf der Automatisierungsstufe 1 werden die Aufgaben des Rangierbegleiters durch ein System zur Automatischen Zugsicherung (ATP) übernommen, das den Triebwagenführer unterstützt. Die eingesetzten Technologien umfassen:

Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt den Triebwagenführer beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).

Ein automatisches Kuppelsystem (z. B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe 01 Basisszenario Kuppeln).

Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)

Sensortechnik zur Ladungskontrolle der Container (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen:

1. Einfahren in das Gleis zur Abstellung der Wagengruppen durch Triebwagenführer
2. Einweisung der Position des letzten Wagens im ersten freien Abstellblock durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
3. Beurteilung, an welcher Stelle der Zug aufgetrennt werden muss durch Triebwagenführer
4. Automatisches Auftrennen des Zuges, ausgelöst durch Triebwagenführer
5. Sind alle Wagen abgestellt?
 - a. Nein: Weiter mit 2.
 - b. Ja: Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

1. Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch Triebwagenführer
2. Auffahren auf die erste Wagengruppe durch Triebwagenführer unter Mithilfe der Automatische Zugsicherung (ATP)

3. Automatisches Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln), ausgelöst durch Triebwagenführer
4. Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Sensorik
5. Automatisierte Durchführung einer vereinfachten Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
6. Sind alle Wagen angekuppelt?
 - a. Nein: Weiter mit 2.
 - b. Ja: Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

4.8.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Auf der Automatisierungsstufe 2 werden die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers durch Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP) und Automatischen Zugoperation (ATO) übernommen. Ein Triebwagenführer fährt im Führerhaus mit, legt die durchzuführenden Prozesse fest, löst diese aus und hat ansonsten eine überwachende Funktion. Die eingesetzten Technologien umfassen:

Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt die Automatische Zugoperation (ATO) beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).

Die Automatische Zugoperation (ATO), die das optimale Fahrprofil anhand der Daten über Infrastruktur, Strecke und Zielstellung berechnet, aktiv in den Betrieb eingreift und die Funktionen des Triebwagenführers übernimmt. Es regelt aktiv die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufgaben und Streckengegebenheiten.

Ein automatisches Kuppelsystem (z.B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe 01 Basisszenario Kuppeln).

Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)

Sensortechnik zur Ladungskontrolle der Container (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen:

1. Einfahren in das Gleis zur Abstellung der Wagengruppen durch ATO-System
2. Einweisung der Position des letzten Wagens im ersten freien Abstellblock durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
3. Beurteilung, an welcher Stelle der Zug aufgetrennt werden muss durch Triebwagenführer
4. Auftrennen des Zuges durch ATO-System

5. Sind alle Wagen abgestellt?
 - a. Nein: Triebwagenführer löst Schritt 2 aus.
 - b. Ja: Triebwagenführer bestimmt Ausfahrt aus dem Gleis, Ausführung durch ATO-System

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

1. Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch ATO-System
2. Auffahren auf die erste Wagengruppe durch ATO-System unter Mithilfe der Automatische Zugsicherung (ATP)
3. Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) durch ATO-System
4. Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Sensorik
5. Automatisierte Durchführung einer vereinfachten Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
6. Sind alle Wagen angekuppelt?
 - a. Nein: Triebwagenführer löst Schritt 2 aus.
 - b. Ja: Triebwagenführer bestimmt Ausfahrt aus dem Gleis, Ausführung durch ATO-System

4.8.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Die Automatisierungsstufe 3 ist ein rein autonomer Betrieb, bei dem die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers vollständig durch die Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP), zur Automatischen Zugoperation (ATO) und zur Automatische Zugsteuerung (ATC) übernommen werden. Eine zentrale Leitwarte übernimmt eine überwachende Funktion der Systeme und greift im Ausnahmefall regelnd ein. Die eingesetzten Technologien umfassen:

Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt die Automatische Zugoperation (ATO) beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).

Die Automatische Zugoperation (ATO), die das optimale Fahrprofil anhand der Daten über Infrastruktur, Strecke und Zielstellung berechnet, aktiv in den Betrieb eingreift und die Funktionen des Triebwagenführers übernimmt. Es regelt aktiv die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufgaben und Streckengegebenheiten.

Die Automatische Zugsteuerung (ATC), die die durchzuführenden Prozesse anhand der Planung und eines Aufgabenprofils bestimmt sowie die Route plant.

Ein automatisches Kuppelsystem (z. B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe 01 Basisszenario Kuppeln), das außerdem ein sicheres Abkuppeln gewährleistet und die Notwendigkeit von Hemmschuhen eliminiert.

Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)

Sensortechnik zur Ladungskontrolle der Container (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen:

1. Einfahren in das Gleis zur Abstellung der Wagengruppen durch ATO-System
2. Einweisung der Position des letzten Wagens im ersten freien Abstellblock durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
3. Beurteilung, an welcher Stelle der Zug aufgetrennt werden muss durch Automatische Zugsteuerung (ATC)
4. Auftrennen des Zuges durch ATO-System
5. Sind alle Wagen abgestellt?
 - a. Nein: ATC-System löst Schritt 2 aus.
 - b. Ja: ATC-System löst Ausfahrt aus dem Gleis aus, Ausführung durch ATO-System

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

1. Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch ATO-System
2. Auffahren auf die erste Wagengruppe durch ATO-System unter Mithilfe der Automatische Zugsicherung (ATP)
3. Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) durch ATO-System
4. Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Sensorik
5. Automatisierte Durchführung einer vereinfachten Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
6. Sind alle Wagen angekuppelt?
 - c. Nein: ATC-System löst Schritt 2 aus.
 - d. Ja: ATC-System löst Ausfahrt aus dem Gleis aus, Ausführung durch ATO-System

4.8.3 Rechtliche Anforderungen

Sowohl die Richtlinie (Ril) 408 als auch die in Bremerhaven vorhandene örtliche Ergänzung (OeRil) schreiben einen generellen Vorrang von Schienenfahrzeugen in Kreuzungsbereichen vor. Außerdem wird festgehalten, dass eine erhöhte Vorsicht und gegebenenfalls auch Rücksicht seitens des Tf und Rangierbegleiters in Bezug auf Fah-

rende Portalhubwagen (Van-Carrier, VC) gegeben ist. Im Weiteren sollen bei Rangierarbeiten die optischen und akustischen Warnanlagen eingeschaltet sein.

- OeRil, 1.12 Verladeeinrichtungen: es sind keine ortsfesten Verladeeinrichtungen vorhanden. Die Be- und Entladung der Fahrzeuge erfolgt durch Van-Carrier. (CT 2/3)
- Van-Carrier im selben Betriebsfeld wie Eisenbahn.
- Trennung der Verkehrsträger nach Bereichen, Bereiche des autonomen Fahrens freihalten → Hindernisfreiheit
- Betriebsvorschrift Bahn in diesem Abschnitt zur Teilung
- Betriebsvorschrift der Van-Carrier
- „Vorfahrtsregelung“ CT 2/3
- Kommunikation Van-Carrier – Rangierabteilung (van to train communication)?
- 1.7 Bahnübergänge (OeRil Bremerhaven)
 - o In der Ladestelle sind innerbetriebliche Übergänge des angrenzenden Umschlagbetriebes ohne technische Sicherung.
 - o Schienenfahrzeuge haben in allen Kreuzungsbereichen Vorrang.
 - o Aufgrund der eingeschränkten Sicht der Fahrzeugführer der auf dem Terminalgelände verkehrenden Portalhubwagen (Van-Carrier) ist jedoch seitens der Triebfahrzeugführer (Tf) bei allen Rangierfahrten erhöhte Vorsicht erforderlich.
- 1.8 Sonstige betriebliche Einrichtungen der Umschlaganlage
 - o Während der Rangierarbeiten innerhalb des Containerterminals 2/ 3 ist eine optische/akustische Warnanlage eingeschaltet, die alle Beteiligten innerhalb des Umschlagbetriebes auf Rangierarbeiten aufmerksam macht. Die Anlage wird im Auftrag der bremischen Hafenbahn von Mitarbeitern von DB Netze (Fdl) bedient und vom Hafenbahnstellwerk Stf aus geschaltet (Bedienung siehe Anhang 14 zu den ÖRil). Bei Ausfall der Anlage verständigt der Fdl Stf den Umschlagbetrieb, der dann alle weiteren Beteiligten verständigt.

4.9 Prozessszenario Abfertigung Ganzzug mit Krananlage

4.9.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Die Anlage für den kombinierten Verkehr (KV Anlage) bei NTB ist so aufgebaut, dass ein Ganzzug in die Anlage geschoben werden kann. Die Container werden mittels einer Krananlage (mit drei Kränen) aufgenommen und für den Weitertransport mit VC (Van Carrier) auf Übergabepätzen abgesetzt.

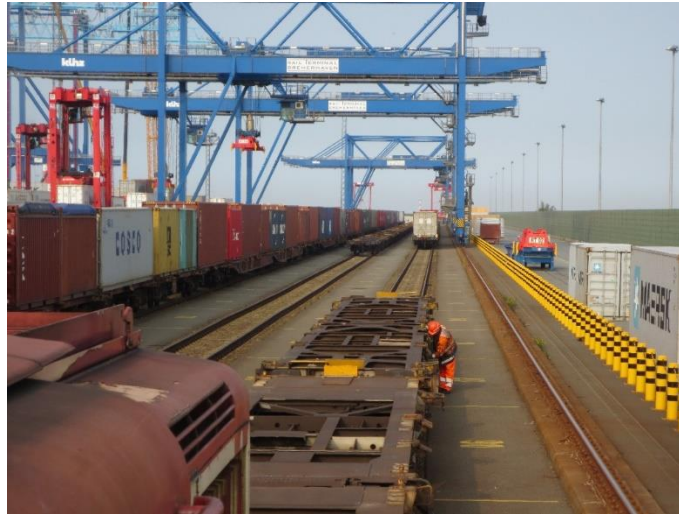
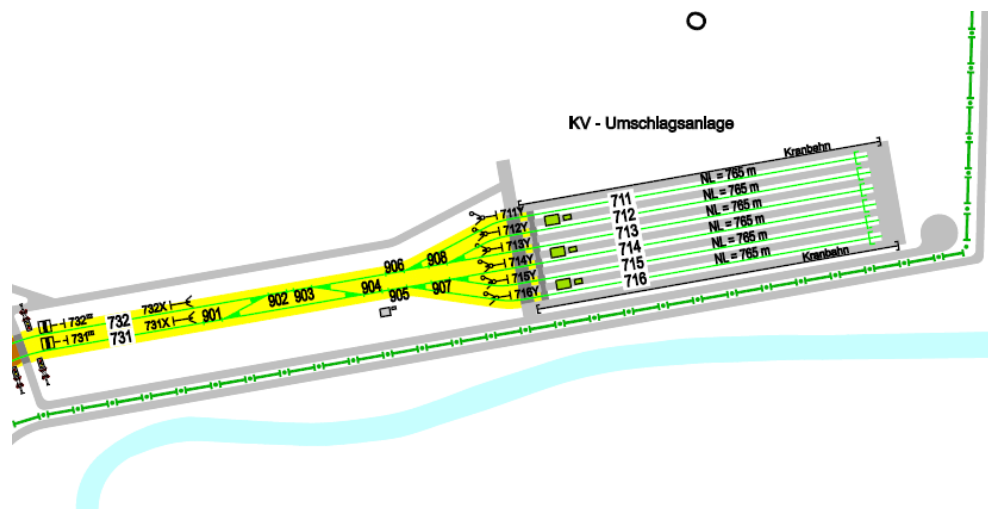


Foto: IVE 2018

Abbildung 42 KV Anlage Ganzzuganlage mit Kranabfertigung NTB

Beim Beladen werden die Container von einem Kran von den Übergabeböden aufgenommen und auf dem passenden vorgegebenen Wagen abgesetzt.



Quelle: bremenports, aktualisierte Ausgabe zum 25.11.2017

Abbildung 43 KV Anlage für Ganzzüge NTB

Ein Vorteil gegenüber der Blockabstellung besteht darin, dass eine mehrfache Bremsprobe und ein mehrfaches Kuppeln wegfallen.

Die Elektrifizierung reicht bis an die Umschlagsanlage, so dass auch die EVU die Anlage selbst anfahren können. Dies wurde in der Vergangenheit getestet, wobei sich der Aufenthalt im Terminal von durchschnittlich sechs auf 10 bis 11 Stunden verlängert hat. Der längere Aufenthalt auf dem Terminal ist darin begründet, dass EVU die WTU bereits auf dem Terminal durchführen müssen, da der Zug von dem EVU, im Gegensatz zu einem Rangierdienstleister, nicht ohne WTU bewegt werden darf.



Foto: IVE 2018

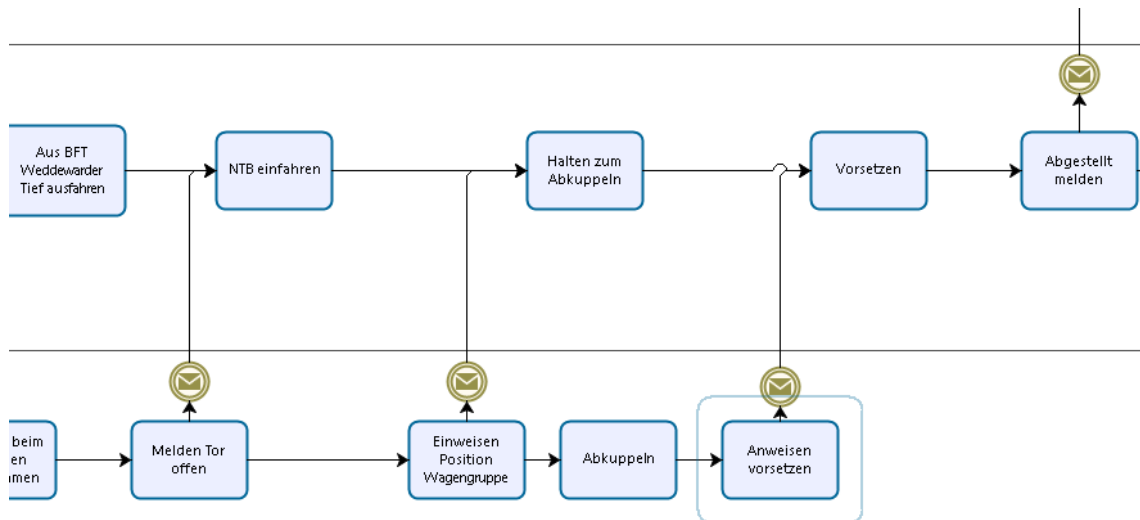
Abbildung 44 Einfahrt in KV Anlage NTB

Würde die EVU für Rangierfahrten von der Ausfahrt bis zur Vorstellgruppe zugelassen werden, könnte die WTU in der Vorstellgruppe durchgeführt werden. Dafür müsste sich die EVU bis zur Durchführung der WTU an die Vorschriften für Rangierfahrten halten.

Bauartbedingt kann es z.Zt. bei einigen Loktypen vorkommen, dass der erste Wagen schlecht oder gar nicht be- und entladen werden kann. Dies bedingt, dass der erste Wagen in diesen Fällen leer bleibt.

Es besteht Klärungsbedarf hinsichtlich der Zugbesetzungen während des Aufenthalts im Sicherheitsbereich gemäß dem International Ship and Port Facility Security Code (ISPS Code): Es ist zu klären, wie der Aufenthalt des Triebwagenführers während des Aufenthalts im ISPS Bereich zu gestalten ist. Ebenfalls ist zu klären, wie sich dies mit dem Rangierbegleiter verhält, sofern ein Rangierbegleiter die Sensorik beim Schieben übernehmen muss. Hier wäre als Stufe 1 der Automatisierung die Fernsteuerung des Zuges vom ersten Wagen aus zu prüfen. Während des 6-stündigen Aufenthaltes in der KV Anlage besteht die einzige Tätigkeit des Rangierbegleiter aus der Überprüfung der Sicherung der Ladung.

Die Überprüfung der Sicherung der Ladung vor Ausfahrt aus der KV Anlage geschieht zuerst durch Mitarbeiter des Terminals. Danach durch den Rangierbegleiter, da der Rangierdienstleister die Verantwortung bei Fahrtantritt übernimmt (vgl. auch 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen; Möglichkeiten der Automatisierung werden im dortigen Szenario beschrieben, da sie für alle KV Anlagen gelten).



Quelle: ISL 2018

Abbildung 45 Gestellung des Zuges in der KV Anlage Ganzzug aus dem BPMN Modell

Algorithmen Umsetzung im Ist-Zustand

Für die Ent- und Beladung der Container werden Ganzzüge oder Wagengruppen gestellt und nach fertiger Beladung wieder abgezogen. Für die Rangiertätigkeiten sind grundsätzlich die folgenden Schritte notwendig:

- Gestellung der Wagengruppen
- Abziehen der Wagengruppen

Gestellung der Wagengruppen

- Schieben der Wagengruppen in das Gleis zur Abstellung, so dass alle Containerplätze von Kranen erreicht werden können
- Abtrennen der Lok
- Ausfahrt aus dem Gleis

Abziehen der Wagengruppen

- Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen
- Auffahren auf die Wagengruppe
- Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) und gleichzeitig Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)
- Vereinfachte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
- Ausfahrt aus dem Gleis

Grafische Umsetzung

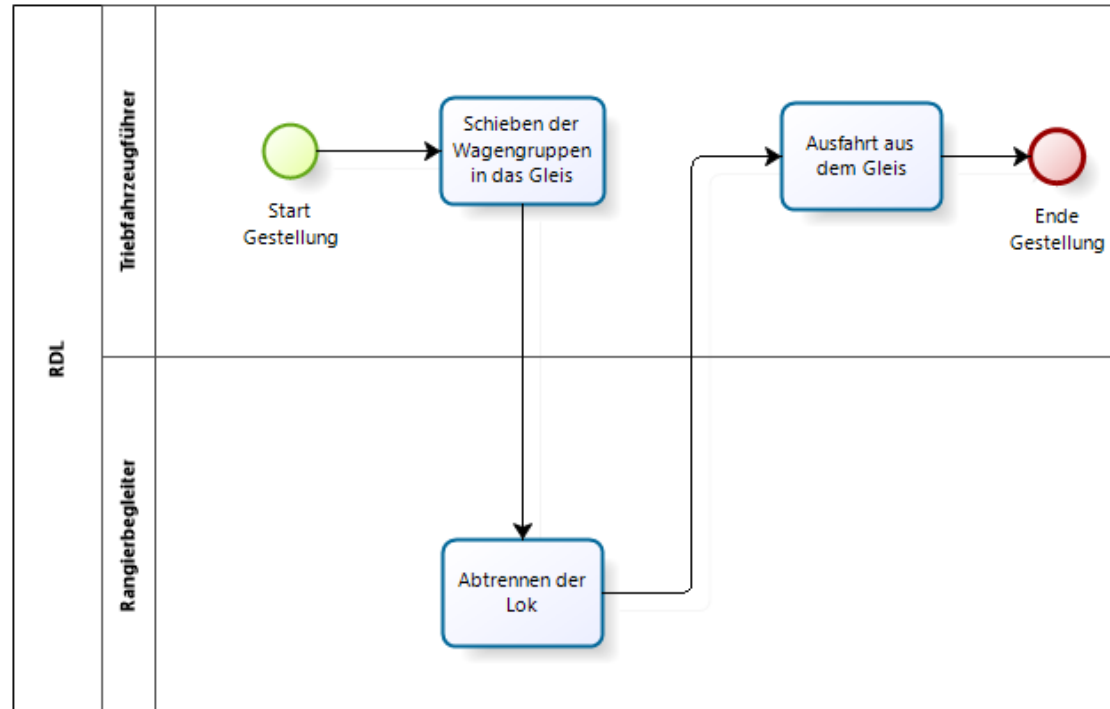


Abbildung 46 Gestellung in KV Anlage Ganzzug mit Krananlage

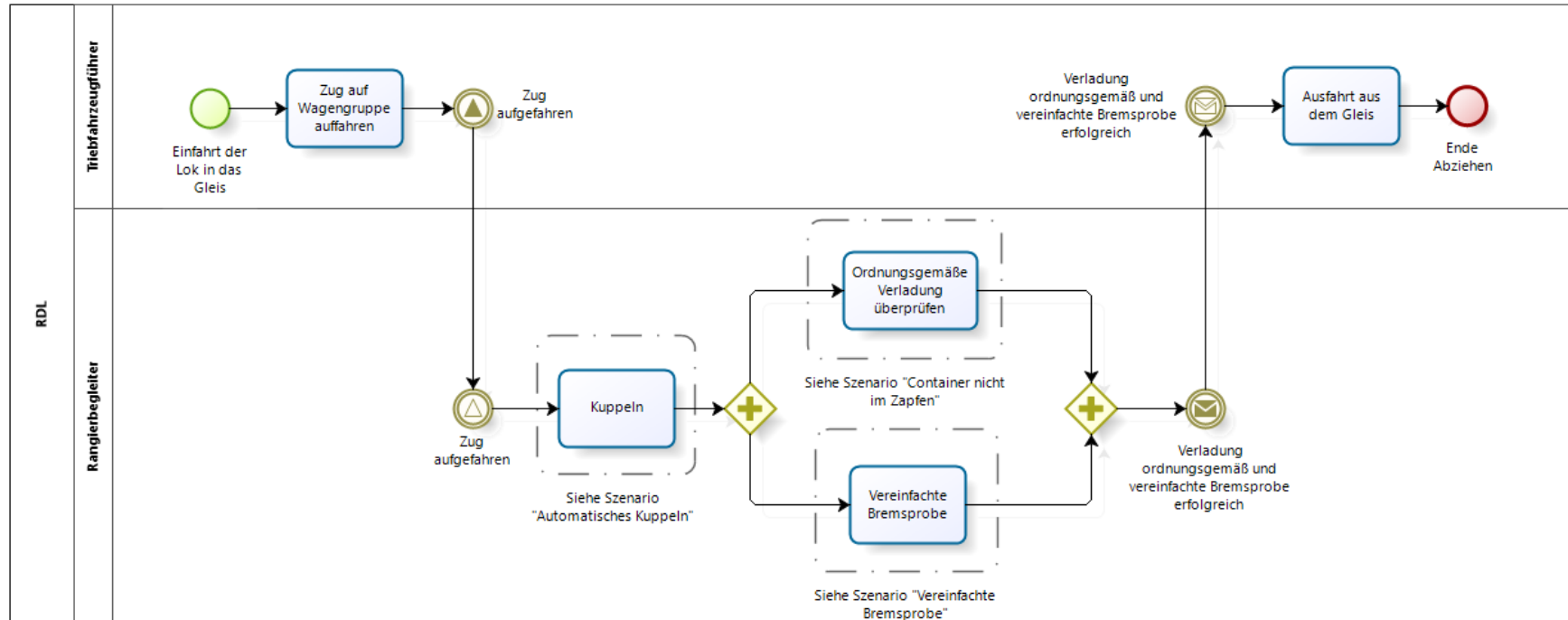


Abbildung 47 Abziehen aus KV Anlage Ganzzug mit Krananlage

4.9.2 Technisches Konzept

Die Automatisierung dieses Szenarios beruht auf Technologien, die in anderen Szenarien beschrieben sind. Diese sind:

- 01 Basisszenario Kuppeln
- 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe
- 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben
- 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen

4.9.2.1 Stufe 0 Rein manuell durchgeführter Vorgang

Die Automatisierungsstufe 0 beschreibt den Vorgang im Status quo. Die Aufgaben werden hier durch den Triebwagenführer und den Rangierbegleiter wahrgenommen.

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen

- Schieben der Wagengruppen in das Gleis zur Abstellung, so dass alle Containerplätze von Kranen erreicht werden können durch Triebwagenführer mit Unterstützung durch Rangierbegleiter
- Abtrennen der Lok durch Rangierbegleiter
- Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

- Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch Triebwagenführer
- Auffahren auf die Wagengruppe durch Triebwagenführer mit Unterstützung durch Rangierbegleiter
- Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) durch Rangierbegleiter und gleichzeitig
- Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Rangierbegleiter
- Vereinfachte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) durch Triebwagenführer und Rangierbegleiter
- Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

4.9.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Auf der Automatisierungsstufe 1 werden die Aufgaben des Rangierbegleiters durch ein System zur Automatischen Zugsicherung (ATP) übernommen, das den Triebwagenführer unterstützt. Die eingesetzten Technologien umfassen:

- Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist, Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt den Triebwagenführer beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).
- Ein automatisches Kuppelsystem (z.B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe 01 Basisszenario Kuppeln).
- Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
- Sensortechnik zur Ladungskontrolle der Container (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen

- Schieben der Wagengruppen durch Triebwagenführer mit Unterstützung durch die Automatische Zugsicherung (ATP) zur Abstellung in das Gleis, so dass alle Containerplätze von Kranen erreicht werden können
- Abtrennen der Lok durch Triebwagenführer
- Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

- Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch Triebwagenführer
- Auffahren auf die Wagengruppe durch Triebwagenführer mit Unterstützung durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
- Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) durch Triebwagenführer
- Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Sensorik
- Auslösung einer automatisierten vereinfachten Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) durch Triebwagenführer
- Ausfahrt aus dem Gleis durch Triebwagenführer

4.9.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Auf der Automatisierungsstufe 2 werden die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers durch Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP) und Automatischen Zugoperation (ATO) übernommen. Ein Triebwagenführer fährt im Führerhaus mit, legt die durchzuführenden Prozesse fest, löst diese aus und hat ansonsten eine überwachende Funktion. Die eingesetzten Technologien umfassen:

- Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist, Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt die Automatische Zugoperation (ATO) beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).

- Die Automatische Zugoperation (ATO), die das optimale Fahrprofil anhand der Daten über Infrastruktur, Strecke und Zielstellung berechnet, aktiv in den Betrieb eingreift und die Funktionen des Triebwagenführers übernimmt. Es regelt aktiv die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufgaben und Streckengegebenheiten.
- Ein automatisches Kuppelsystem (z.B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe 01 Basisszenario Kuppeln).
- Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario vereinfachte Bremsprobe)
- Sensortechnik zur Ladungskontrolle der Container (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen

- Schieben der Wagengruppen in das Gleis zur Abstellung, so dass alle Containerplätze von Kranen erreicht werden können durch ATO-System mit Unterstützung durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
- Auftrennen der Lok durch Triebwagenführer
- Triebwagenführer legt neuen Zielort fest
- Ausfahrt aus dem Gleis durch ATO-System

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

- Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch ATO-System
- Auffahren auf die Wagengruppe durch ATO-System mit Unterstützung durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
- Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) durch Triebwagenführer
- Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Sensorik
- Auslösung einer automatisierten vereinfachten Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) durch Triebwagenführer
- Triebwagenführer legt neuen Zielort fest
- Ausfahrt aus dem Gleis durch ATO-System

4.9.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Die Automatisierungsstufe 3 ist ein rein autonomer Betrieb, bei dem die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers vollständig durch die Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP), zur Automatischen Zugoperation (ATO) und zur Automatische Zugsteuerung (ATC) übernommen werden. Eine zentrale Leitwarte übernimmt eine überwachende Funktion der Systeme und greift im Ausnahmefall regelnd ein. Die eingesetzten Technologien umfassen:

- Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt die Automatische Zugoperation (ATO) beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).
- Die Automatische Zugoperation (ATO), die das optimale Fahrprofil anhand der Daten über Infrastruktur, Strecke und Zielstellung berechnet, aktiv in den Betrieb eingreift und die Funktionen des Triebwagenführers übernimmt. Es regelt aktiv die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufgaben und Streckengegebenheiten.
- Die Automatische Zugsteuerung (ATC), die die durchzuführenden Prozesse anhand der Planung und eines Aufgabenprofils bestimmt sowie die Route plant.
- Ein automatisches Kuppelsystem (z. B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe 01 Basisszenario Kuppeln).
- Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
- Sensortechnik zur Ladungskontrolle der Container (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)

Arbeitsschritte zur Gestellung der Wagengruppen

- Schieben der Wagengruppen in das Gleis zur Abstellung, so dass alle Containerplätze von Kranen erreicht werden können durch ATO-System mit Unterstützung durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
- Beurteilung, an welcher Stelle der Zug aufgetrennt werden muss durch Automatische Zugsteuerung (ATC)
- Auftrennen des Zuges durch ATO-System
- ATC-System legt neuen Zielort fest
- Ausfahrt aus dem Gleis durch ATO-System

Arbeitsschritte zum Abziehen der Wagengruppen

- Einfahrt der Lok in das Gleis zur Aufnahme der Wagengruppen durch ATO-System
- Auffahren auf die Wagengruppe durch ATO-System mit Unterstützung durch die Automatische Zugsicherung (ATP)
- Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln) durch ATO-System und gleichzeitig
- Prüfung auf ordnungsgemäße Verladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen) durch Sensorik
- Auslösung einer automatisierten vereinfachten Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) durch ATC-System

- ATC-System legt neuen Zielort fest
- Ausfahrt aus dem Gleis durch ATO-System

4.9.3 Rechtliche Anforderungen

Beim Zusammentreffen von Rangierfahrten und anderen Fahrzeugen des Hafenbetriebs ist die Vorfahrt in der Richtlinie (Ril) 408 klar geregelt. Die örtlichen Zusätze zur Richtlinie (OeRil) unterstreichen die Allgemeine Vorfahrt/den Vorrang der Schienenfahrzeuge in Kreuzungsbereichen gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern und Van Carriern. Hinzukommend sind nach Unfallverhütungsvorschrift Kranbereiche und dessen Bewegungslinien durch Maßnahmen als Gefahrenbereich zu kennzeichnen. Im automatisierten Betrieb könnten ähnliche Maßnahmen für die Infrastruktur/Gleiskörper gelten (sinnvoll sein).

Unklar ist in diesem Zusammenhang die Vorrangregelung zwischen Krananlagen und Zügen bzw. ob diese einen Kreuzungspunkt besitzen.

- „Vorfahrtsregelung“
 - Je nach Hafengebiet steht in der OeRil für Bremerhaven „Schienenfahrzeuge haben an allen Überwegen/auf allen Kreuzungsbereichen Vorrang“
- Unfallverhütungsvorschrift Hafendarbeit (DGUV, 2001)
- Container-Krane
 - §23. Der Unternehmer hat beim Einsatz von Container-Kranen, bei denen die Fahrbewegung leitliniengeführt ist, dafür zu sorgen, dass einem Betreten der Fahrbahnen durch feste Absperrungen entgegengewirkt wird, in Bereichen, in denen Querverkehr stattfindet, höchstens mit Schrittgeschwindigkeit gefahren wird und die Fahrbahnen über ihre ganze Länge deutlich erkennbar und dauerhaft als Gefahrenbereich gekennzeichnet sind.
 - Zu §23 Nr. 1: Feste Absperrungen sind Zäune oder mindestens 1 m hohe Umwehungen.

4.10 Prozessszenario BLG Rampen

4.10.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Die Verladung der Pkw erfolgt an Rampen. In der Auftragserstellung erfolgt die Zuordnung von Aufträgen zu Laderampen nach Herstellern. Hierzu werden im Vorfeld entsprechende Slotzeiten an der Rampe beantragt und von der BLG vergeben.

Verspätete Zugankünfte in Bremerhaven sind die Regel. Es wird operativ versucht, die Verspätungen aufzufangen („Verpünktlichung“).

Tabelle 3 Gleiszuteilung nach Herstellern

Gleis	Gleiszuteilung nach Herstellern
321/322	BMW; Mini
298/299	Mercedes Benz
WP23-24	BMW; Porsche; VW
WP25-26	BMW; Porsche; VW
WP1-2	Hyundai; KIA; VW
PH1-2	Hyundai; KIA; VW; Porsche

Quelle: BLG Logistics; 01.06.2015; Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen – Allgemeiner Teil

Tabelle 4 Nutzlänge der Gleise

Gleis	Nutzlänge	Ort
321/322	310 m	BMW-Umschlag
298/299	408 m	Mercedes-Umschlag
WP23-24	705 m	Weserport
WP25-26	702 m	Weserport
WP1-2	370 m	Weserport
PH1-2	329 m	Planhafen

Quelle: BLG Logistics; 01.06.2015; Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen – Allgemeiner Teil

Mit Hilfe der Wagenliste wird die Fahrtrichtung der Pkw auf dem Zug ermittelt und die Wagengruppen gemäß der ermittelten Rangieraufträge zu den entsprechenden Gleisen der Rampen gefahren.

Die Rampen werden entsprechend ihrer zugeordneten Hersteller sowohl für den Import als auch für den Export genutzt.

Die Gestellung erfolgt an den Gleisen gemäß der vergebenen Slots:

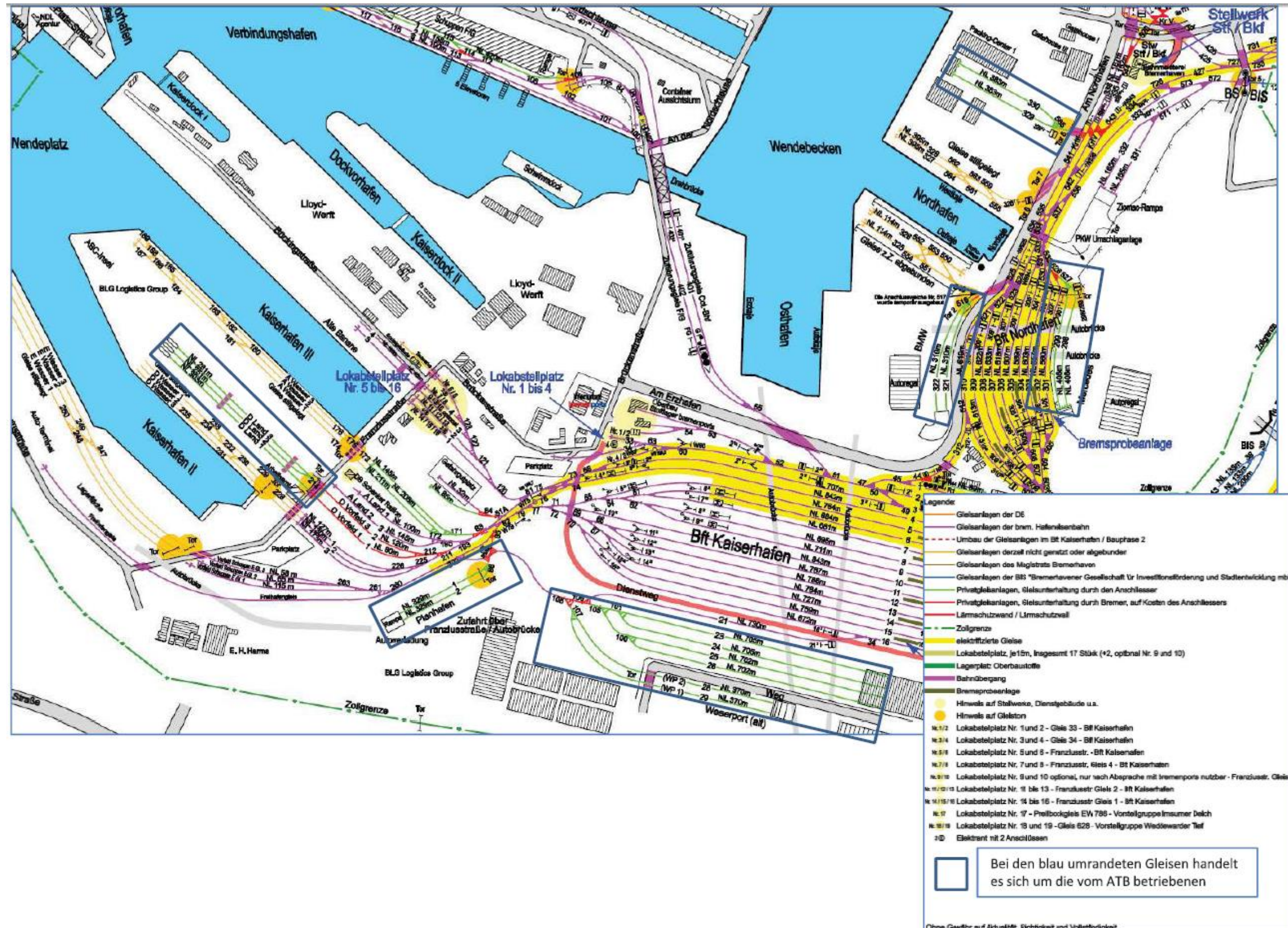
- In WP23-26: ein Slot = ein Zug
- 321/322: ein Slot 1/3 Zug
- Restliche Gleise: ein Slot = ½ Zug

- Alle Waggontypen können in jeder Anlage bearbeitet werden

Die Beauftragung des RDL erfolgt 30min vor Slotbeginn/ -ende durch den Disponenten der BLG. Es wird gleisweise zeitversetzt gestellt, um eine kontinuierliche Abarbeitung zu ermöglichen.

Die Toröffnung von Hand durch Mitarbeiter der Sicherheitsfirma ELKO ist einer historischen Entwicklung geschuldet. Sie ist nicht Bedingung einer ISPS Anforderung und könnte einer automatisierten Lösung weichen. Bisher gab es keinen betriebswirtschaftlichen Ansatz für eine Veränderung.

Die folgende Karte bietet eine Übersicht über alle Umschlagsrampen (blau umrandet) auf dem Gelände der BLG. Rang-E betrachtet davon die Pkw-Verkehre Bremerhaven, die in der oberen Tabelle dargestellt sind.



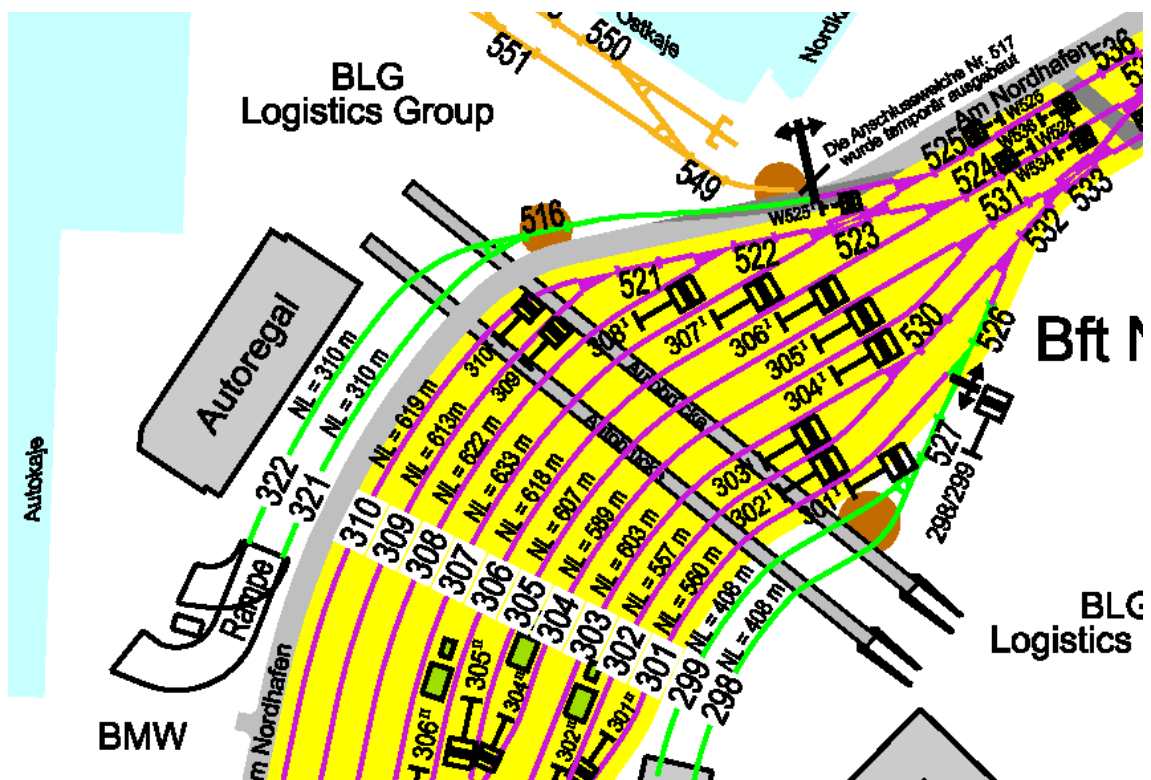
Quelle: bremenports, aktualisierte Ausgabe zum 25.11.2017

Abbildung 48 Gleisplan Bereich Kaiserhafen

Im Folgenden wird der Ablauf beispielhaft an der Rampe 321/322 für den Umschlag des Herstellers BMW vertieft.

Beispiel BMW Rampe 321/322

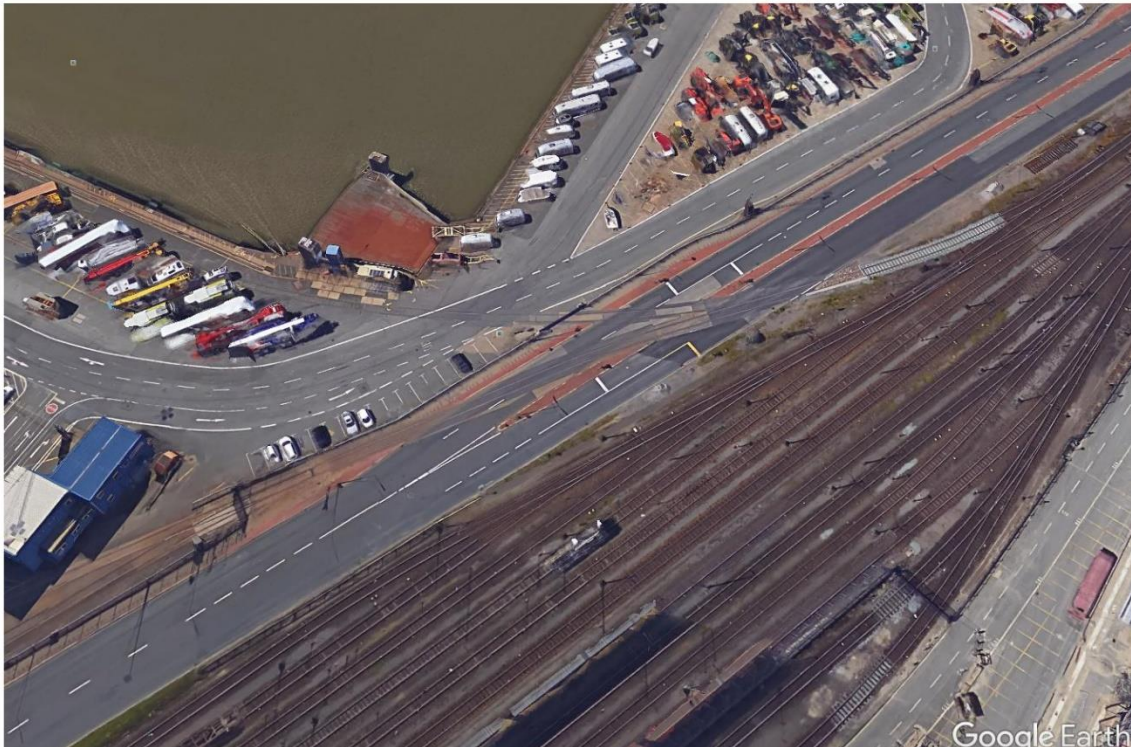
In der folgenden Beschreibung werden der Rangierauftrag und die Basisszenarien 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben, 04 Basisszenario Handweiche, 06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich und 07 Basisszenario Querung Individualverkehr anhand eines konkreten Auftrags mit den Besonderheiten bei der Ausführung mit dem direkten Kontakt zum Individualverkehr dargestellt. Der Auftrag für den Rangierdienstleister lautet „Abziehen von 15 Wagen an der BMW Rampe der BLG von Gleis 322 zur Zugzusammenstellung in Gleis 307“. Dabei sind das Kuppeln und eine Bremsprobe erforderlich und die Basisszenarien 01 Basisszenario Kuppeln und 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe ebenfalls in diesem Prozessszenario BLG Rampen enthalten.



Quelle: bremenports, aktualisierte Ausgabe zum 25.11.2017

Abbildung 49 Gleisanlagen im Bereich der Hafeneisenbahn Bremerhaven

Hierbei verfolgt die BLG eine Strategie zur Optimierung der Arbeitsabläufe. Die Gleise 322 und 321 an der Rampe können mit 310 Metern Länge keine Ganzzüge aufnehmen. Die BLG bevorzugt eine zeitversetzte Gestellung der Wagengruppen, um die personalintensive Be- und Entladung durch die Fahrer unterbrechungsfrei ausführen zu können.



Quelle: © Google Earth, 2018

Abbildung 50 BMW Rampe

4.10.1.1 Auftragserteilung und -abwicklung

Im Rahmen der Beauftragung einer Zugabfertigung durch die EVU wird ein Rangierauftrag vom Rangierdienstleister an die Besetzung einer Lok erteilt, 15 Wagen vom Gleis 322 abzuziehen und zur Zugzusammenstellung zum Gleis 307 zu fahren.

Im Folgenden wird ergänzend zu den Basisszenarien 07 Basisszenario Querung Individualverkehr, 04 Basisszenario Handweiche und 06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich der Istzustand für diesen Sonderfall beschrieben.

1. Nach Freigabe der Fahrt für die Rangierlok zum Gleis 322 und Fahrtbeginn beantragt der Triebwagenführer bei der BLG die Toröffnung zur Einfahrt in das ISPS Gebiet der BLG.
2. Ein Mitarbeiter der Sicherheitsfirma elko wird mit der Toröffnung beauftragt, begibt sich zum Tor und öffnet das Tor.
3. Nach Ankunft der Lok an der Weiche W525 und erfolgter Toröffnung verlässt der Rangierbegleiter die Lok und quert die Straße Am Nordhafen zu Fuß, um durch das geöffnete Tor das BLG Gelände zu betreten.
4. Kurz vor dem Tor befindet sich die Handweiche 516, die der Rangierbegleiter zur Einfahrt in das Gleis 322 entsprechend umlegt.

5. Danach kann er das Tor zu Fuß passieren und die Schaltanlage des Andreaskreuzes bedienen, um den Verkehr auf der Straße Am Nordhafen zu stoppen.
6. Nach der Nachricht des Rangierbegleiters per Funk, dass die Kreuzung frei ist und der Freigabe der Weiche W525, quert die Lok die Straße und fährt auf die Wagen in Gleis 322 auf.
7. Der Rangierbegleiter gibt mit Schaltung des Andreaskreuzes den Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wieder frei.
8. Nach Kuppeln, Bremsprobe und Freigabe der Strecke nach Gleis 307 durch den Fahrdienstleiter stoppt der Rangierbegleiter den Verkehr mit Hilfe des Andreaskreuzes erneut.



Foto: ISL 2018

Abbildung 51 Ausfahrt durch das Tor BLG



Foto ISL 2018

Abbildung 52 Schaltanlage für das Andreaskreuz auf dem BLG Gelände

9. Nachdem der Zug die Straße gequert hat und in das Gleis 525 eingefahren ist, muss der Rangierbegleiter dem Triebwagenführer "Weiche frei" melden, sobald der letzte Wagen die Weiche W525 passiert hat.
10. Danach gibt er den Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wieder frei und legt die Handweiche 516 in Grundstellung.
11. Das Tor wird von elko geschlossen.
12. Während der Rangierbegleiter die Straße Am Nordhafen überquert, übernimmt er die Sensorik des Zuges und meldet anhand des Signals, das der Triebwagenführer aus seiner Position nicht sehen kann, die Freigabe der Weiche W525.
13. Der Fahrdienstleiter gibt nach Stellung der automatischen Weiche W525 die Einfahrt in Gleis 307 frei.
14. Der Triebwagenführer beginnt mit der Einfahrt des Zuges im Schritttempo in das Gleis 307 und der Rangierbegleiter überwacht die Einfahrt des Zuges, indem er auf den ersten Wagen aufsteigt und die Abstellung koordiniert (siehe 01 Basisszenario Kuppeln).

4.10.1.2 Ansätze für eine Automatisierung

Während der Prozessaufnahmen wurden von den Beteiligten einige Hinweise für Möglichkeiten der Optimierung und Automatisierung genannt.

Gestellung Halbzüge statt Drittelzüge

- Verlängerung der Gleise 321/322, um zumindest Halbzüge gestellen zu können. Hierzu wird eine Verlagerung der Überwegung diskutiert. Eine Verlängerung der Gleise durch Versetzen der Rampe wäre unwirtschaftlich.

Automatische Weichen

- Automatisierung der Weiche. Auslösung durch den Triebwagenführer mit Hilfe eines Tasters, der von der Lok aus erreichbar ist. Alternativ ist eine Auslösung aller erforderlichen Weichenstellungen für eine bereits vorher freigegebene Strecke mit Hilfe einer App möglich.

Toröffnung

- Fernbedienung der Toröffnung: Die Toröffnung wird durch den Triebwagenführer mit Hilfe eines Tasters, der von der Lok aus erreichbar ist, ausgelöst. Alternativ ist eine Toröffnung für eine bereits freigegebene Strecke mit Hilfe einer App möglich.
- Automatische Toröffnung bei Zufahrt des Zuges

Andreaskreuz

- Fernbedienung des Andreaskreuzes: Die Auslösung des Blinklichtes erfolgt durch den Triebwagenführer mit Hilfe eines Tasters, der von der Lok aus erreichbar ist. Alternativ ist eine Auslösung des Blinklichtes für eine bereits vorher freigegebene Strecke mit Hilfe einer App möglich.
- Automatische Schaltung des Andreaskreuzes
- Automatische Bedienung und Überwachung einer Schrankenanlage

Meldung "Weiche frei"

- Sensorik und automatische Meldung an Triebwagenführer "Weiche frei", d.h. dass die überfahrene Weiche W525 wieder frei ist.

4.10.1.3 Algorithmen

Abziehen aus dem Terminal

Der verbale Algorithmus ist in 4.10.1.1 Auftragserteilung und -abwicklung beschrieben.

4.10.1.4 Gestellen auf dem Terminal

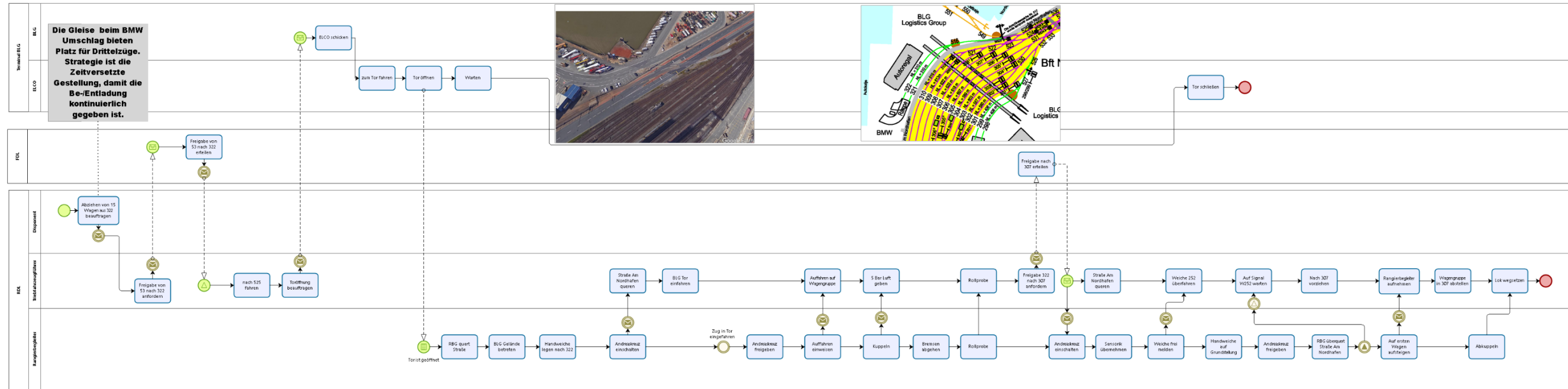
Der verbale Algorithmus ist in Kapitel 4.10.1.1 Auftragserteilung und -abwicklung beschrieben mit Abweichungen in den Schritten:

8. Statt Kuppeln wird getrennt und die Bremsprobe entfällt

12. Der Triebwagenführer kann ggf. selbst beurteilen, ob die Weiche frei ist

14. Die Abstellung einer Wagengruppe entfällt, falls vorher alle Wagen abgestellt worden sind.

4.10.1.5 Grafische Umsetzung



Powered by
bizagi
Workflow

Quelle: ISL 2018

Abbildung 53 Prozessmodell BMW Rampe

4.10.2 Technisches Konzept

Die Anforderungen und Möglichkeiten der Automatisierung in diesem Prozessszenario BLG Rampen sind entsprechend den dabei ausgeführten Tätigkeiten, die jeweils in den folgenden Basisszenarien beschrieben werden:

- 01 Basisszenario 4 Automatisches Kuppeln
- 02 Basisszenario 5 Vereinfachte Bremsprobe
- 03 Basisszenario 3 Sensorik beim Schieben
- 04 Basisszenario 10 Handweiche
- 06 Basisszenario 9 Eintritt in den ISPS Bereich
- 07 Basisszenario 11 Querung Individualverkehr

Im Folgenden werden die eingesetzten Technologien anhand der Schritte des im Prozessmodell enthaltenen Prozesses in den verschiedenen Automatisierungsstufen beschrieben.

4.10.2.1 Stufe 0 Rein manuell durchgeführter Vorgang

Die Automatisierungsstufe 0 beschreibt den Vorgang im Status quo. Die Aufgaben werden hier durch den Triebwagenführer und den Rangierbegleiter wahrgenommen.

Arbeitsschritte:

- Triebfahrzeugführer fordert die Freigabe von 53 nach 322 an.
- Nach Freigabe der Fahrt für die Rangierlok zum Gleis 322 und Fahrtbeginn beantragt der Triebfahrzeugführer bei der BLG die Toröffnung zur Einfahrt in das ISPS Gebiet der BLG.
- Ein Mitarbeiter der Sicherheitsfirma elko wird mit der Toröffnung beauftragt, begibt sich zum Tor und öffnet das Tor.
- Nach Ankunft der Lok an der Weiche W525 und erfolgter Toröffnung verlässt der Rangierbegleiter die Lok und quert die Straße Am Nordhafen zu Fuß, um durch das geöffnete Tor das BLG Gelände zu betreten.
- Kurz vor dem Tor befindet sich die Handweiche 516, die der Rangierbegleiter zur Einfahrt in das Gleis 322 entsprechend umlegt.
- Danach kann er das Tor zu Fuß passieren und die Schaltanlage des Andreaskreuzes bedienen, um den Verkehr auf der Straße Am Nordhafen zu stoppen.
- Nach der Nachricht des Rangierbegleiters per Funk, dass die Kreuzung frei ist und der Freigabe der Weiche W525, quert die Lok die Straße und fährt auf die Wagen in Gleis 322 auf.

- Der Rangierbegleiter gibt mit Schaltung des Andreaskreuzes den Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wieder frei.
- Nach Kuppeln, Bremsprobe und Freigabe der Strecke nach Gleis 307 durch den Fahrdienstleiter stoppt der Rangierbegleiter den Verkehr mit Hilfe des Andreaskreuzes erneut.
- Nachdem der Zug die Straße gequert hat und in das Gleis 525 eingefahren ist, muss der Rangierbegleiter dem Triebwagenführer "Weiche frei" melden, sobald der letzte Wagen die Weiche W525 passiert hat.
- Danach gibt er den Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wieder frei und legt die Handweiche 516 in Grundstellung.
- Das Tor wird von elko geschlossen.
- Während der Rangierbegleiter die Straße Am Nordhafen überquert, übernimmt er die Sensorik des Zuges und meldet anhand des Signals, das der Triebwagenführer aus seiner Position nicht sehen kann, die Freigabe der Weiche W525.
- Der Fahrdienstleiter gibt nach Stellung der automatischen Weiche W525 die Einfahrt in Gleis 307 frei.
- Der Triebwagenführer beginnt mit der Einfahrt des Zuges im Schritttempo in das Gleis 307 und der Rangierbegleiter überwacht die Einfahrt des Zuges, indem er auf den ersten Wagen aufsteigt und die Abstellung koordiniert (siehe 01 Basisszenario Kuppeln).

4.10.2.2 Stufe 1 Halbautomatischer Betrieb

Auf der Automatisierungsstufe 1 werden die Aufgaben des Rangierbegleiters durch ein System zur Automatischen Zugsicherung (ATP) übernommen, das den Triebwagenführer unterstützt. Die eingesetzten Technologien umfassen:

- Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist, Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt den Triebwagenführer beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).
- Ein automatisches Kuppelsystem (z.B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe auch 01 Basisszenario Kuppeln).
- Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
- Automatisierung des Toröffners (siehe 06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich)
- Zugbediente Überwachungssignal-Anlage am Bahnübergang (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr)

Arbeitsschritte:

- Triebfahrzeugführer fordert die Freigabe von 53 nach 322 an.
- Nach Freigabe der Fahrt für die Rangierlok zum Gleis 322 und Fahrtbeginn beantragt der Triebfahrzeugführer bei der BLG die Einfahrt in das ISPS Gebiet der BLG.
- Der Triebfahrzeugführer öffnet das Tor mittels Fernsteuerung (siehe 06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich).
- Die elektrisch ortsgestellte Weiche (vormals Handweiche 516) wird vom Triebfahrzeugführer zur Einfahrt in das Gleis 322 entsprechend mittels Fernsteuerung umlegt (siehe 04 Basisszenario Handweiche).
- Nach Überfahren der Einschaltkontakte senken sich die Schranken des Bahnübergangs und der Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wird gestoppt (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Nach Feststellung des Freigabesignals für BÜ und Weiche durch Triebfahrzeugführer, quert die Lok die Straße (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr) und fährt auf die Wagen in Gleis 322 auf.
- Bei Verlassen des Zuges wird das Freigabesignal ausgeschaltet und die Schranke geöffnet.
- Nach Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln), Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) und Freigabe der Strecke nach Gleis 307 beginnt der Triebfahrzeugführer die Fahrt
- Nach Überfahren der Einschaltkontakte senken sich die Schranken des Bahnübergangs und der Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wird erneut gestoppt (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Nach Feststellung des Freigabesignals für BÜ und Weiche durch Triebfahrzeugführer quert die Lok die Straße (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Bei Verlassen des Zuges wird das Freigabesignal ausgeschaltet und die Schranke geöffnet.
- Nachdem der Zug die Straße gequert hat und in das Gleis 525 eingefahren ist, melden streckenseitige Kontakte und die Automatische Zug-sicherung (ATP) das Überqueren der Weiche, sobald der letzte Wagen die Weiche W525 passiert hat.
- Danach bringt der Triebfahrzeugführer die Weiche (vormals Handweiche 516) durch Fernsteuerung in Grundstellung.
- Das Tor wird durch den Triebfahrzeugführer per Fernsteuerung geschlossen.
- Die Sensorik des Zuges beim Schieben meldet die Freigabe der Weiche W525.

- Der Fahrdienstleiter gibt nach Stellung der automatischen Weiche W525 die Einfahrt in Gleis 307 frei.
- Der Triebwagenführer beginnt mit der Einfahrt des Zuges im Schritttempo in das Gleis 307 und wird durch die Automatische Zugsicherung (ATP) unterstützt (siehe 01 Basisszenario Kuppeln).

4.10.2.3 Stufe 2 Fahrerloser Betrieb

Auf der Automatisierungsstufe 2 werden die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers durch Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP) und Automatischen Zugoperation (ATO) übernommen. Ein Triebwagenführer fährt im Führerhaus mit, legt die durchzuführenden Prozesse fest, löst diese aus und hat ansonsten eine überwachende Funktion. Die eingesetzten Technologien umfassen:

- Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist, Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt die Automatische Zugoperation (ATO) beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).
- Die Automatische Zugoperation (ATO), die das optimale Fahrprofil anhand der Daten über Infrastruktur, Strecke und Zielstellung berechnet, aktiv in den Betrieb eingreift und die Funktionen des Triebwagenführers übernimmt. Es regelt aktiv die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufgaben und Streckengegebenheiten.
- Ein automatisches Kuppelsystem (z.B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe auch 01 Basisszenario Kuppeln).
- Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
- Sensortechnik zur Ladungskontrolle der Container (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen)
- Automatisierung des Toröffners (siehe 06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich)
- Zugbediente, fernüberwachte Anlage am Bahnübergang (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr)

Arbeitsschritte:

- Triebfahrzeugführer fordert die Freigabe von 53 nach 322 an.
- Nach Freigabe der Fahrt für die Rangierlok zum Gleis 322 und Fahrtbeginn beantragt der Triebfahrzeugführer bei der BLG die Einfahrt in das ISPS Gebiet der BLG.
- Nach Erkennung und Identifikation des Zuges durch streckenseitige Sensoren wird das Tor automatisiert geöffnet (06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich).

- Die ferngestellte Weiche (vormals Handweiche 516) wird vom Stellwerk zur Einfahrt in das Gleis 322 umlegt (siehe 10 Basisszenario Handweiche).
- Nach Überfahren der Einschaltkontakte senken sich die Schranken des Bahnübergangs und der Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wird gestoppt (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Falls der Triebfahrzeugführer nicht benachrichtigt wird, quert die Lok die Straße (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr) und fährt auf die Wagen in Gleis 322 auf.
- Bei Verlassen des Zuges wird das Freigabesignal ausgeschaltet und die Schranke geöffnet.
- Nach Kuppeln (siehe 01 Basisszenario Kuppeln), Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) und Freigabe der Strecke nach Gleis 307 startet der Triebfahrzeugführer die Fahrt.
- Nach Überfahren der Einschaltkontakte senken sich die Schranken des Bahnübergangs und der Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wird erneut gestoppt (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Falls der Triebfahrzeugführer nicht benachrichtigt wird, quert die Lok die Straße (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Bei Verlassen des Zuges wird das Freigabesignal ausgeschaltet und die Schranke geöffnet.
- Nachdem der Zug die Straße gequert hat und in das Gleis 525 eingefahren ist, melden streckenseitige Kontakte und die Automatische Zugsicherung (ATP) das Überqueren der Weiche, sobald der letzte Wagen die Weiche W525 passiert hat.
- Das Stellwerk stellt die Weiche (vormals Handweiche 516) in Grundstellung.
- Das Tor wird nach Überfahren streckenseitiger Kontakte automatisch geschlossen.
- Die Sensorik des Zuges meldet die Freigabe der Weiche W525.
- Der Fahrdienstleiter gibt nach Stellung der automatischen Weiche W525 die Einfahrt in Gleis 307 frei.
- Der Triebwagenführer löst die Einfahrt des Zuges in das Gleis 307 aus. Dies wird durch das ATO-System durchgeführt und wird durch die Automatische Zugsicherung (ATP) unterstützt (siehe 01 Basisszenario Kuppeln).

4.10.2.4 Stufe 3 Unbemannter Betrieb

Die Automatisierungsstufe 3 ist ein rein autonomer Betrieb, bei dem die Aufgaben des Rangierbegleiters und des Triebwagenführers vollständig durch die Systeme zur Automatischen Zugsicherung (ATP), zur Automatischen Zugoperation (ATO) und zur Automatischen Zugsteuerung (ATC) übernommen werden. Eine zentrale Leitwarte übernimmt eine überwachende Funktion der Systeme und greift im Ausnahmefall regelnd ein. Die eingesetzten Technologien umfassen:

- Die Automatische Zugsicherung (ATP) ist ein System, das in der Lage ist Abstände zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Es unterstützt die Automatische Zugoperation (ATO) beim Ein- und Ausfahren (siehe 03 Basisszenario Sensorik beim Schieben).
- Die Automatische Zugoperation (ATO), die das optimale Fahrprofil anhand der Daten über Infrastruktur, Strecke und Zielstellung berechnet, aktiv in den Betrieb eingreift und die Funktionen des Triebwagenführers übernimmt. Es regelt aktiv die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufgaben und Streckengegebenheiten.
- Die Automatische Zugsteuerung (ATC), die die durchzuführenden Prozesse anhand der Planung und eines Aufgabenprofils bestimmt sowie die Route plant.
- Ein automatisches Kuppelsystem (z. B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, siehe auch 01 Basisszenario Kuppeln), das außerdem ein sicheres Abkuppeln gewährleistet und die Notwendigkeit von Hemmschuhen eliminiert.
- Sensortechnik für die automatisierte Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe)
- Zugbediente, fernüberwachte Anlage am Bahnübergang (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr)

Arbeitsschritte:

- ATC-System fordert die Freigabe von 53 nach 322 an.
- Nach Freigabe der Fahrt für die Rangierlok zum Gleis 322 und Fahrtbeginn beantragt das ATC-System bei der BLG die Einfahrt in das ISPS Gebiet der BLG.
- Nach Erkennung und Identifikation des Zuges durch streckenseitige Sensoren wird das Tor automatisiert geöffnet (siehe 06 Basisszenario Eintritt in den ISPS Bereich).
- Die ferngestellte Weiche (vormals Handweiche 516) wird vom Stellwerk zur Einfahrt in das Gleis 322 umlegt (siehe 05 Basisszenario Handweiche).

- Nach Überfahren der Einschaltkontakte senken sich die Schranken des Bahnübergangs und der Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wird gestoppt (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Falls das ATC-System nicht benachrichtigt wird, quert die Lok die Straße (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr) und fährt auf die Wagen in Gleis 322 auf.
- Bei Verlassen des Zuges wird das Freigabesignal ausgeschaltet und die Schranke geöffnet.
- Nach Kuppeln (Siehe 01 Basisszenario Kuppeln), Bremsprobe (siehe 02 Basisszenario Vereinfachte Bremsprobe) und Freigabe der Strecke nach Gleis 307 startet das ATC-System die Fahrt.
- Nach Überfahren der Einschaltkontakte senken sich die Schranken des Bahnübergangs und der Verkehr auf der Straße Am Nordhafen wird erneut gestoppt (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Falls das ATC-System nicht benachrichtigt wird, quert die Lok die Straße (siehe 07 Basisszenario Querung Individualverkehr).
- Bei Verlassen des Zuges wird das Freigabesignal ausgeschaltet und die Schranke geöffnet.
- Nachdem der Zug die Straße gequert hat und in das Gleis 525 eingefahren ist, melden streckenseitige Kontakte und die Automatische Zugsicherung (ATP) das Überqueren der Weiche, sobald der letzte Wagen die Weiche W525 passiert hat.
- Das Stellwerk stellt die Weiche (vormals Handweiche 516) in Grundstellung.
- Das Tor wird nach Überfahren streckenseitiger Kontakte automatisch geschlossen.
- Die Sensorik des Zuges meldet die Freigabe der Weiche W525.
- Der Fahrdienstleiter gibt nach Stellung der automatischen Weiche W525 die Einfahrt in Gleis 307 frei.
- Das ATC-System löst die Einfahrt des Zuges in das Gleis 307 aus. Dies wird durch das ATO-System durchgeführt und wird durch die Automatische Zugsicherung (ATP) unterstützt (siehe 01 Basisszenario Kuppeln).

4.10.3 Rechtliche Anforderungen


Die in diesem Szenario beschriebenen BLG Rampen sind mit den Richtlinien des Bahnbetriebs (Ril) betrachtet sogenannte Stumpfgleise. In diesem Fall begrenzt durch eine Bahnsteigartige Rampe, um die Autoverladung zu ermöglichen (Autozug). Die Ril 408 befasst sich im Abschnitt 408.1451 unter dem Punkt „Einfahrt in Stumpfgleise sowie im Abschnitt 408.0451 „Züge fahren – Geschwindigkeit im Einfahrgleis beschrän-

ken, Einfahrt begrenzen“ mit den Abläufen. In der Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) sind Stumpfgleise in §39 behandelt. „Wenn der Einfahrtsweg in einem Stumpfgleis oder besetzten Gleis endet, muss die Sicherheit durch betriebliche Anweisungen oder technische Einrichtungen gewährleistet sein [...]“.

Die Geschwindigkeit ist in der Regel für Stumpfgleise auf maximal 30 km/h begrenzt. Das Betriebsstellenhandbuch für Bremerhaven erlaubt die Einfahrt in solche Rampen- bzw. Stumpfgleise mit einer maximalen Geschwindigkeit beim Rangieren im gesamten ausgepflasterten Bereich der Ladestelle 10 km/h. Die gesamte Bedienungsfahrt vorsichtig durchzuführen. (Betriebsstellenbuch) Die Einfahrt muss durch den Fdl und durch in Regelwerk beschriebene Signale angekündigt werden. Die Stumpfgleise und besonders kurze Stumpfgleise (Einfahrt mit 20 km/h) sind in den örtlichen Richtlinien ausgewiesen.

RIL 408.1451 Einfahrt in Stumpfgleise Abschnitt 11, 51 & 52

- 11
- Allgemeines
- EBO § 39 Absatz 4 schreibt für die Einfahrt eines Zuges in ein Stumpfgleis oder in ein besetztes Gleis folgendes vor:
 - o wenn der Einfahrtsweg in einem Stumpfgleis oder besetzten Gleis endet, muss die Sicherheit durch betriebliche Anweisungen oder technische Einrichtungen gewährleistet sein.“ Dieses Modul regelt, welche „betriebliche Anweisungen“ das Betriebsstellenbuch geben muss.
- 51
- Einfahrt in Stumpfgleise und besonders kurze Stumpfgleise
- Gemäß Modul 408.0451 Abschnitt 2 sind Stumpfgleise und besonders kurze Stumpfgleise sowie die für die Zulassung einer Zugfahrt in diese Gleise geltenden Regeln im Betriebsstellenbuch genannt. Für die Erstellung des Betriebsstellenbuches gelten folgende Regeln:
 - o Der Fahrdienstleiter darf die Fahrt eines Zuges in ein Stumpfgleis in folgenden Fällen zulassen:
 - a) Der Zug fährt in ein Stumpfgleis - ausgenommen in ein besonders kurzes Stumpfgleis - in einen Kopfbahnhof ein.
 - b) Der Zug fährt mit Fahrtstellung eines Hauptsignals in ein Stumpfgleis - ausgenommen in ein besonders kurzes Stumpfgleis - in einen Bahnhof mit Stumpfgleisen und durchgehenden Gleisen ein und ein Signal Zs 3 zeigt die zulässige Geschwindigkeit von 30 km/h - an (Modul 301.0301 Abschnitt 5 Absatz (5), Satz 1). Der Fahrdienstleiter darf die Einfahrt zulassen, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:
 - Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug planmäßig in das Stumpfgleis einfährt. Die zutreffenden Züge sind im Fahrplan für Zugmeldestellen anzuge-

ben. Dies ist zulässig, wenn im Fahrplan des Zuges das Zeichen „“ dargestellt wird.

- Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug am Hauptsignal angehalten hat.
 - Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug am vor dem Hauptsignal liegenden gewöhnlichen Halteplatz angehalten hat. Dies ist zulässig, wo hinter dem gewöhnlichen Halteplatz kein Vorsignal bzw. Vorsignalwiederholer vorhanden ist (Feststellung der Zustimmung zur Abfahrt durch unmittelbare Sicht auf das Hauptsignal oder durch Fahrtanzeiger).
 - Der Fahrdienstleiter muss den Triebfahrzeugführer fernmündlich verständigt haben, dass er mit 30 km/h einfahren muss.
 - Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug am „Halt erwarten“ zeigenden Vorsignal vorbeigefahren ist. Dies ist zulässig, wo kein Vorsignalwiederholer vorhanden ist und der Fahrdienstleiter die Feststellung durch Hinsehen oder Auswerten der Besetztanzeige treffen kann (Beispiele vgl. Abschnitt 32 c), 5. Anstrich).
 - Eine allein stehende Vorsignaltafel kennzeichnet den Bremsweg der Strecke vor dem Hauptsignal, mit dem der Fahrdienstleiter die Einfahrt des Zuges zulässt (Modul 301.1401 Abschnitt 2 Absatz (6) a)).
 - Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug bereits in der rückliegenden Zugstraße mit 30 km/h fährt. Dies ist zulässig, wo dem Zug bereits am Startsignal der rückliegenden Zugstraße ein Signal Zs 3 mit Kennziffer 3 gezeigt wurde.
- c) Der Fahrdienstleiter schreibt dem Triebfahrzeugführer bei Einfahrt mit besonderem Auftrag in ein Stumpfgleis nach b) die zulässige Geschwindigkeit von 30 km/h durch Befehl 12 - Grund Nr. 4 - vor. Er muss Befehl 12 am Hauptsignal bzw. am davor liegenden gewöhnlichen Halteplatz unmittelbar vor Zulassen der Zugfahrt übermitteln. Wenn ein Zug vom Gegengleis in ein Stumpfgleis einfährt und kein Hauptsignal vorhanden ist, muss der Fahrdienstleiter den Befehl 12 übermitteln, bevor er die Einfahrt des Zuges in Höhe des Einfahrsignals zulässt. Die Einfahrt darf in diesem Fall nicht mit Befehl 6 zugelassen werden (Verbot im Betriebsstellenbuch zu Modul 408.0463 Abschnitt 11 Absatz (1) c)). d) Der Zug fährt mit Fahrtstellung eines Hauptsignals in ein Stumpfgleis - ausgenommen in ein besonders kurzes

Stumpfgleis - in einen Bahnhof mit Stumpfgleisen und durchgehenden Gleisen ein und Signale Zs 3v und Zs 3 zeigen die zulässige Geschwindigkeit von 30 km/h an (Modul 301.0301 Abschnitt 5 Absatz (5), Satz 1 u. Modul 408.0301 Abschnitt 6).

- e) Der Fahrdienstleiter schreibt dem Triebfahrzeugführer bei Einfahrt mit besonderem Auftrag in ein Stumpfgleis nach d) die zulässige Geschwindigkeit von 30 km/h durch Befehl 1 2 - Grund Nr. 4 - vor. Er muss Befehl 12 am Hauptsignal bzw. am davor liegenden gewöhnlichen Halteplatz unmittelbar vor Zulassen der Zugfahrt übermitteln. Wenn ein Zug vom Gegengleis in ein Stumpfgleis einfährt und kein Hauptsignal vorhanden ist, muss der Fahrdienstleiter den Befehl 12 übermitteln, bevor er die Einfahrt des Zuges in Höhe des Einfahrsignals zulässt. Die Einfahrt darf in diesem Fall nicht mit Befehl 6 zugelassen werden (Verbot im Betriebsstellenbuch zu Modul 408.0463 Abschnitt 11 Absatz (1) c)).
- f) Der Zug fährt mit Fahrtstellung eines Hauptsignals in ein besonders kurzes Stumpfgleis ein und ein Signal Zs 3 zeigt die zulässige Geschwindigkeit von 20 km/h an (Modul 301.0301 Abschnitt 5 Absatz (5), Satz 2). Der Fahrdienstleiter darf die Einfahrt zulassen, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:
 - Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug am Hauptsignal angehalten hat.
 - Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug am vor dem Hauptsignal liegenden gewöhnlichen Halteplatz angehalten hat. Dies ist zulässig, wo hinter dem gewöhnlichen Halteplatz kein Vorsignal bzw. Vorsignalwiederholer vorhanden ist (Feststellung der Zustimmung zur Abfahrt durch unmittelbare Sicht auf das Hauptsignal oder durch Fahrtanzeiger).
 - Der Fahrdienstleiter muss den Triebfahrzeugführer fernmündlich verständigt haben, dass er mit 20 km/h einfahren muss.
 - Der Fahrdienstleiter muss festgestellt haben, dass der Zug am „Halt erwarten“ zeigenden Vorsignal vorbeigefahren ist. Dies ist zulässig, wo kein Vorsignalwiederholer vorhanden ist und der Fahrdienstleiter die Feststellung durch Hinsehen oder Auswerten der Besetztanzeige treffen kann (Beispiele vgl. Abschnitt 32 c), 5. Anstrich).
 - Eine allein stehende Vorsignaltafel kennzeichnet den Bremsweg der Strecke vor dem Hauptsignal, mit dem der Fahrdienstleiter die Einfahrt des Zuges zulässt (Modul 301.1401 Abschnitt 2 Absatz (6) a)).

- g) Der Fahrdienstleiter schreibt dem Triebfahrzeugführer bei Einfahrt mit besonderem Auftrag in ein besonders kurzes Stumpfgleis nach f) die zulässige Geschwindigkeit von 20 km/h durch Befehl 12 - Grund Nr. 5 - vor. Er muss Befehl 12 am Hauptsignal bzw. am davor liegenden gewöhnlichen Halteplatz unmittelbar vor Zulassen der Zugfahrt übermitteln. Wenn ein Zug vom Gegengleis in ein besonders kurzes Stumpfgleis einfährt und kein Hauptsignal vorhanden ist, muss der Fahrdienstleiter den Befehl 12 übermitteln, bevor er die Einfahrt des Zuges in Höhe des Einfahrsignals zulässt. Die Einfahrt darf in diesem Fall nicht mit Befehl 6 zugelassen werden (Verbot im Betriebsstellenbuch zu Modul 408.0463 Abschnitt 11 Absatz (1) c)).
- h) Der Zug fährt mit Fahrtstellung eines Hauptsignals in ein besonders kurzes Stumpfgleis ein und Signal Zs 3v und Zs 3 zeigen die zulässige Geschwindigkeit von 20 km/h an (Modul 301.0301 Abschnitt 5 Absatz (5), Satz 2).
- i) Der Fahrdienstleiter schreibt dem Triebfahrzeugführer bei Einfahrt mit besonderem Auftrag in ein besonders kurzes Stumpfgleis nach h) die zulässige Geschwindigkeit von 20 km/h durch Befehl 12 - Grund Nr. 5 - vor. Er muss Befehl 12 am Hauptsignal bzw. am davor liegenden gewöhnlichen Halteplatz unmittelbar vor Zulassen der Zugfahrt übermitteln. Wenn ein Zug vom Gegengleis in ein besonders kurzes Stumpfgleis einfährt und kein Hauptsignal vorhanden ist, muss der Fahrdienstleiter den Befehl 12 übermitteln, bevor er die Einfahrt des Zuges in Höhe des Einfahrsignals zulässt. Die Einfahrt darf in diesem Fall nicht mit Befehl 6 zugelassen werden (Verbot im Betriebsstellenbuch zu Modul 408.0463 Abschnitt 11 Absatz (1) c)).
- j) Der Zug fährt mit Fahrtstellung eines Hauptsignals in ein Stumpfgleis - ausgenommen in ein besonders kurzes Stumpfgleis - in einen Bahnhof mit Stumpfgleisen und durchgehenden Gleisen ein und ein Signal Zs 13 kündigt die Einfahrt in das Stumpfgleis an (Modul 301.0301 Abschnitt 13 Absatz (3), 1. Anstrich).
- k) Der Fahrdienstleiter erteilt dem Triebfahrzeugführer bei Einfahrt mit besonderem Auftrag in ein Stumpfgleis nach j) Befehl 14.2 mit dem Wortlaut „Sie fahren in ein Stumpfgleis.“ Er muss Befehl 14.2 am Hauptsignal bzw. am davor liegenden gewöhnlichen Halteplatz unmittelbar vor Zulassen der Zugfahrt übermitteln. Wenn ein Zug vom Gegengleis in ein Stumpfgleis einfährt und kein Hauptsignal vorhanden ist, muss der Fahrdienstleiter den Befehl 14.2 übermitteln, bevor er die Einfahrt des Zuges in Höhe des Einfahrsignals zulässt. Die Einfahrt darf in diesem Fall

nicht mit Befehl 6 zugelassen werden (Verbot im Betriebsstellenbuch zu Modul 408.0463 Abschnitt 11 Absatz (1) c)).

- l) Der Zug fährt mit Fahrtstellung eines Hauptsignals in ein besonders kurzes Stumpfgleis ein und ein Signal Zs 13 kündigt die Einfahrt in das besonders kurzes Stumpfgleis an (Modul 301.0301 Abschnitt 13 Absatz (3), 3. Anstrich).
- m) Der Fahrdienstleiter erteilt dem Triebfahrzeugführer bei Einfahrt mit besonderem Auftrag in ein besonders kurzes Stumpfgleis nach l) Befehl 14.2 mit dem Wortlaut „Sie fahren in ein besonders kurzes Stumpfgleis“. Er muss Befehl 14.2 am Hauptsignal bzw. am davor liegenden gewöhnlichen Halteplatz unmittelbar vor Zulassen der Zugfahrt übermitteln. Wenn ein Zug vom Gegengleis in ein Gleis mit verkürztem Einfahrtsweg einfährt und kein Hauptsignal vorhanden ist, muss der Fahrdienstleiter den Befehl 14.2 übermitteln, bevor er die Einfahrt des Zuges in Höhe des Einfahrtssignals zulässt. Die Einfahrt darf in diesem Fall nicht mit Befehl 6 zugelassen werden (Verbot im Betriebsstellenbuch zu Modul 408.0463 Abschnitt 11 Absatz (1) c)).
- Im Betriebsstellenbuch müssen Stumpfgleise und besonders kurze Stumpfgleise genannt sowie die jeweils zutreffenden Regeln aus a) – m) vorgegeben werden. Wenn b) oder f) zutrifft, muss der zutreffende Anstrich bzw. müssen die zutreffenden Anstriche vorgegeben werden. Gleise, für welche die gleichen Regeln gelten, dürfen zusammengefasst werden
- Hinweis: Folgende Kombinationen sind möglich: a), b) + c), d) + e), f) + g), h) + i), j) + k), l) + m).
- 52
 - Befehl 12 oder 14 durch Signal Zs 7 ersetzen
 - Im Betriebsstellenbuch darf zugelassen werden, dass der Fahrdienstleiter einen Befehl 12 oder 14 gemäß Abschnitt 51 c), e), g), i), k) oder m) durch ein Signal Zs 7 ersetzen darf.
- Vorausgehender Text mit dauerhaftem Bezug zur RIL 408.0451:
- 1 Geschwindigkeit im Einfahrtgleis beschränken
 - (1) Sie dürfen die Fahrt eines Zuges in ein Gleis mit Frühhalt oder in ein Stumpfgleis zulassen, wenn
 - a) die Einfahrt durch Signal Zs 6 (DV 301) angekündigt wird,
 - b) die zulässige Geschwindigkeit von 30 km/h - bei einem besonders kurzen Stumpfgleis von 20 km/h - durch Signal Zs 3v und Signal Zs 3 angezeigt wird,

- c) der Zug planmäßig in ein Gleis mit Frühhalt oder in ein Stumpfgleis – ausgenommen in ein besonders kurzes Stumpfgleis - einfährt,
- d) der Zug außerplanmäßig in ein Stumpfgleis oder planmäßig oder außerplanmäßig in ein besonders kurzes Stumpfgleis einfährt und die zulässige Geschwindigkeit von 30 km/h - bei einem besonders kurzen Stumpfgleis von 20km/h - durch Signal Zs 3 am Hauptsignal angezeigt wird und Sie den Zug am Hauptsignal anhalten und dann einlassen oder
- e) Sie dem Triebfahrzeugführer bei Einfahrt in ein
 - Gleis mit Frühhalt Befehl 10 mit dem Wortlaut „Sie fahren in ein Gleis mit Frühhalt“ erteilt,
 - Stumpfgleis die zulässige Geschwindigkeit von 30 km/h - bei einem besonders kurzen Stumpfgleis von 20 km/h - durch Befehl 9 vorgeschrieben

haben. Sie müssen Befehl 9 bzw. Befehl 10 am Hauptsignal unmittelbar vor Zulassen der Zugfahrt übermitteln. Stumpfgleise und Gleise mit Frühhalt sind in den Örtlichen Richtlinien genannt; dabei ist auf besonders kurze Stumpfgleise hingewiesen.

- (2)
- a) Die zulässige Geschwindigkeit beträgt bei Fahrten in ein Gleis,
 - 1. das zum Teil besetzt oder aus anderen Gründen nur teilweise befahrbar ist, 20 km/h,
 - 2. dessen Durchrutschweg besetzt, aus anderen Gründen nur teilweise befahrbar oder nicht ausreichend ist, 30 km/h oder
 - 3. auf dessen Durchrutschweg nach Modul 408.0231 Abschnitt 1 c verzichtet wird und der Zug im Bahnhof halten soll, 30 km/h.
- b) Sie dürfen die Fahrt eines Zuges in ein Gleis nach a) zulassen, wenn
 - 1. die zulässige Geschwindigkeit
 - durch Signal Zs 3v und Signal Zs 3 angezeigt wird oder
 - nur durch Signal Zs 3 am Hauptsignal angezeigt wird und Sie den Zug am Hauptsignal anhalten und dann erst einlassen,
 - 2. Sie die zulässige Geschwindigkeit durch Befehl 9 vorgeschrieben haben, soweit nicht aus anderen Gründen der Zug nur mit höchstens der zulässigen Geschwindigkeit fahren darf. Sie müssen den Befehl auf dem letzten rückgelegenen Bahnhof oder vor Zulassen der Zugfahrt in das betroffene Gleis übermitteln.

- 2 Einfahrtsweg begrenzen

- a) Soll ein Zug in ein Gleis einfahren, das nicht durch ein Hauptsignal, Sperrsignal, Gleissperrsignal (DV 301) - ausgenommen das einer Gleissperre - oder Lichtsperrsignal (DV 301) begrenzt oder das nicht in seiner ganzen Länge befahrbar ist, müssen Sie den Zug in der Regel am Ende des Einfahrwegs durch ein Schutzsignal (DS 301) oder Schutzhaltsignal (DV 301) anhalten.
- b) Wenn Sie den Zug ausnahmsweise nicht durch ein Schutzsignal (DS 301) oder Schutzhaltsignal (DV 301) am Ende des Einfahrwegs anhalten können, weil z. B. ein Mitarbeiter zum Erteilen des Schutzsignals oder Schutzhaltsignals nicht zur Verfügung steht, dürfen Sie die Zugfahrt zulassen, wenn es in den Örtlichen Richtlinien zugelassen ist, und Sie dem Triebfahrzeugführer im Befehl 10 den Halteplatz vorgeschrieben haben.
- c) Sie brauchen die Maßnahmen nach a) oder b) nicht zu treffen, wenn die Bedingungen für die Ausfahrt des Zuges beim Zulassen der Zugfahrt erfüllt sind.

Ergänzungen in den örtlichen Zusätzen zur Richtlinie 408.48 (Betriebsstellenbuch Bremerhaven-Seehafen)

408.4814 3 (1) b) Niedrigere Geschwindigkeit

Abweichende Geschwindigkeiten beim Rangieren

- in ausgepflasterten Gleisen und Ladestellen = 10 km/h
- im Gleis 312 (bedingt durch BÜ-Sicherung) = 10 km/h
- auf der Drehbrücke Gleise 401/402 = 5 km/h

Bahntor BÜ Senator-Bortscheller Straße

- von Ls 335/336^{II} bis Ls 335/335^{III} und GRi = 15 km/h
- von Ls 425/426^{II} bis Ls 425/426^{III} und GRi = 15 km/h
- von Ls 335^{II} bis Ls 520 und GRi = 15 km/h

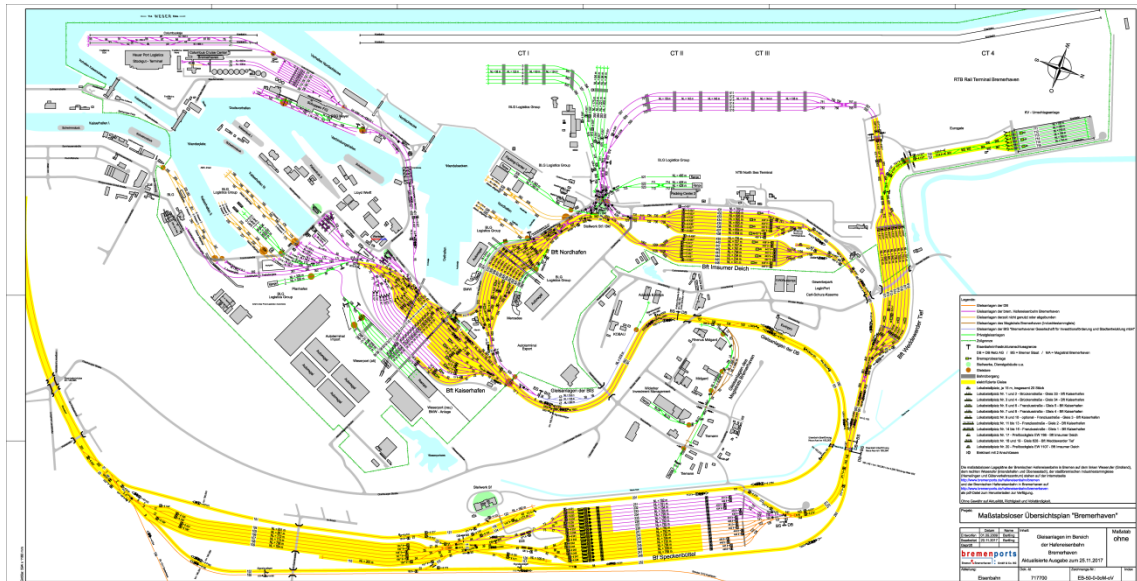
Bahntor CT III und CT IV

- von Höhe Weiche 801/803 bis Ls 531/532^{III} und GRi =15 km/h
- von Höhe Weiche 805/806 bis Ls 731/732^{III} und GRi =15 km/h

4.11 Alternative Antriebstechniken

4.11.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Große Bereiche der Gleisanlagen im Hafen sind elektrifiziert. In der nachfolgenden Abbildung sind die gelb markierten Gleisanlagen elektrifiziert.



Quelle: bremenports, aktualisierte Ausgabe zum 25.11.2017

Abbildung 54 Gleisanlagen im Bereich der Hafeneisenbahn Bremerhaven

Aufgrund der Infrastruktur (z.B. Brücken) oder durch Abfertigungsarten, z.B. Ent- und Beladung direkt durch Van Carrier (VC), ist eine Elektrifizierung nicht in allen Bereichen möglich.

Aus diesem Grund werden aktuell im gesamten Bereich Überseehafen dieselbetriebene Rangierloks eingesetzt.

Die Greenports Strategie, Nachhaltigkeitsstrategie der bremischen Häfen, wird durch eine Abkehr von Verbrennungsmotoren unterstützt. Zudem ist die Verbesserung der Ökobilanz eines Hafens zunehmend ein Wettbewerbsvorteil.

Im Kapitel 4.11.2 Technische werden alternative Antriebstechniken beschrieben, die einen Betrieb unabhängig von elektrischen Oberleitungen ermöglichen.

Kapazitäten

- Der Tankrhythmus liegt bei den derzeit eingesetzten Dieselloks bei etwa wöchentlicher Betankung.
- Wartungsintervalle und Ausfallzeiten durch Reparaturen sind derzeit ebenfalls wöchentlich einzuplanen.
- Der Besatzungswechsel richtet sich in Bremerhaven nach dem Schichtbetrieb mit drei Schichten.
- Das Mindestgewicht einer Rangierlok wird bei der derzeitigen Technik mit 65 bis 80 t angegeben.

4.11.2 Technisches Konzept

Dieselloks haben aktuell den größten Anteil im Rangierbetrieb. Sie verfügen üblicherweise über dieselhydraulische oder dieselektrische Antriebselemente. Die folgenden Alternativen sind verfügbar.

4.11.2.1 Hybridantrieb (mit Energiespeicher)

Eine dieselektrische Lok gilt als Hybridfahrzeug, wenn sie über einen zweiten Energiespeicher verfügt. Dieser ist üblicherweise ein Akkumulator auf Basis von Blei, Nickel-Cadmium oder Lithium-Ionen (Kache 2014).

- Der Tankrhythmus entspricht hier dem der derzeit eingesetzten Dieselloks (etwa wöchentlicher Betankung).
- Wartungsintervalle und Ausfallzeiten sind unverändert (etwa wöchentlich).
- Das Gewicht entspricht dem einer Diesellok.

Davon abzugrenzen sind Zweikraftlokomotiven, die sowohl mit Diesel, als auch elektrisch betrieben werden können. Diese verfügen über keinen Akku und benötigen für den Elektroantrieb eine elektrifizierte Strecke. Es handelt sich daher dabei um keine Hybridfahrzeuge im Sinne der Definition¹⁷.

Sowohl Hybridfahrzeuge als auch Zweikraftlokomotiven können auf dem gesamten Gleisnetz in Bremerhaven ohne weitere Elektrifizierung eingesetzt werden.



Quelle: rangierdiesel.de

Abbildung 55 Hybrid-Lokomotive Alstom H3

¹⁷ „Ein hybrider Antriebsstrang ermöglicht die Erzeugung von Antriebskräften mit Hilfe zweier unabhängiger Energiespeicher, die beide auf dem Fahrzeug mitgeführt werden“ (Kache 2014, S. 32)

Die Kosten einer Hybrid-Lokomotive Alstom H3 betragen rund 1,9 Mio. EUR¹⁸.

4.11.2.2 Elektrischer Antrieb (Akkumulatortriebwagen)

Es ist technisch möglich, auf ein Dieselaggregat zu verzichten und einen reinen Akkubetrieb zu fahren. Norfolk Southern testet aktuell mit der Altoona Works BP4 eine akkubetriebene Rangierlok, die mit 1.080 Bleiakkus zu je 12V ausgestattet ist. Der Akku reicht für 3 Arbeitsschichten und die Lok liefert maximal 1.500 PS (1.1 MW) Leistung (Norfolk Southern Corporation 2009).

- Fehlt eine Elektrifizierung der Strecke, so muss der Akku täglich aufgeladen werden. Dazu muss je nach Konstruktion die Lok für die gesamte Ladezeit stillstehen oder der Akku wird zum Laden ausgetauscht.
- Wartungsintervalle und Ausfallzeiten sind unverändert (etwa wöchentlich).
- Das Gewicht entspricht dem einer Diesellok.



Quelle: Norfolk Southern Corporation 2009

Abbildung 56 Norfolk Southern #999, auf Akkubetrieb umgerüstete Diesellok

Eine Akkulok von Siemens mit einer Arbeitsleistung von 300 kW kostete 1993 etwa 1,5 Mio. EUR¹⁹. Die Ladung erfolgt hier über eine Stromschiene oder alternativ über eine kabelgebundene Netzverbindung.

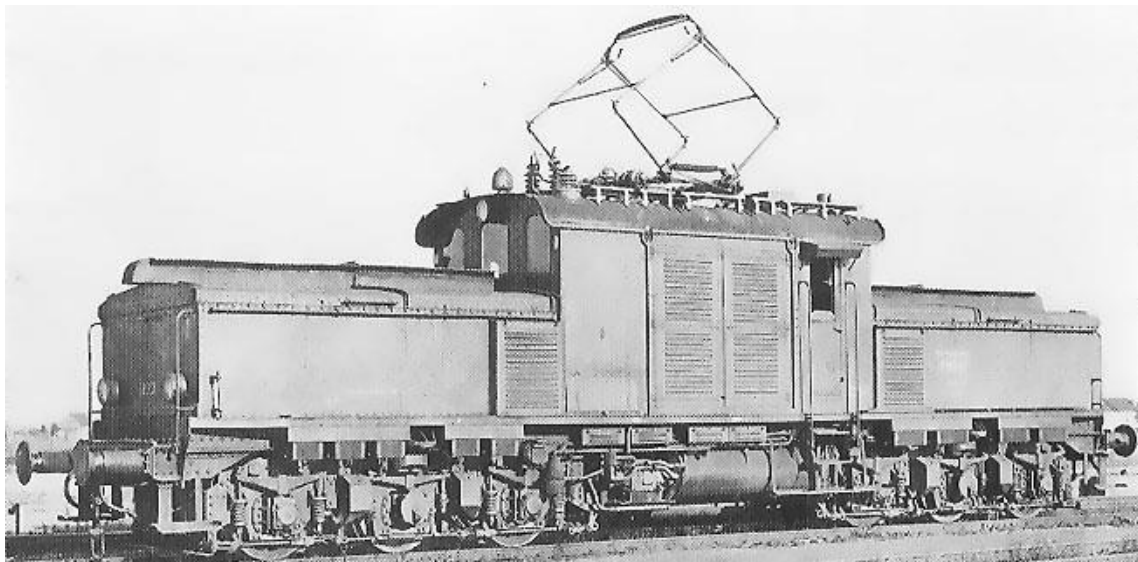
Das Aufladen einer Akkulok am Netz dauert etwa zwischen 6 bis 7 Stunden. Mit einer Batteriewechselstation kann dies innerhalb von 5 Minuten erfolgen (Jentges 2017). Während die Investitionskosten für einen kabelgebundenen Netzanschluss gering sind,

¹⁸ <https://www.dvz.de/rubriken/land/detail/news/kraftpaket-faehrt-auf-leisen-sohlen.html>

¹⁹ <http://www.gleismann.de/17.hha/akkuloks.html>

sind für eine automatisierte Batteriewechselstation jedoch schätzungsweise 1 Mio. € erforderlich (Anbieter: Siemens).

Eine Akkulok kann in der Theorie auch über eine elektrifizierte Oberleitung und während des Betriebs geladen werden, sodass auf Ladevorgänge im Stillstand verzichtet werden kann (Fassbinder 2011). Allerdings ist die Wirtschaftlichkeit durch das hohe Gewicht der Kombination von Trafo und Akkumulator begrenzt, sodass stattdessen Dieselelektrische Hybridlokomotiven bevorzugt werden. Einziges in Deutschland eingesetztes Beispiel dieser Betriebsart war die E 80 der Deutschen Reichsbahn. Dabei handelt es sich um eine Rangierlok, die trotz einer Stundenleistung von 248 kW aufgrund ihres Gewichts in sechsachsiger Bauart gestaltet werden musste (Hfkern 2002, Abbildung 57).



Quelle: Hfkern 2002

**Abbildung 57 Elektrische Rangierlokomotive mit Akkumulator und Stromabnehmer
E 80 der DR**

Aufgrund der Weiterentwicklungen in der Akkutechnologie wurde das Prinzip des Akkutriebzugs mit Stromabnehmer wieder aufgegriffen. So testet beispielsweise Siemens aktuell den „Cityjet eco“, der mit Lithium-Titanat-Batterien ausgerüstet wird und in der zweiten Jahreshälfte 2019 im Fahrgastbetrieb eingesetzt werden soll²⁰.

Eine Alternative zu den Akkumulatoren sind Ultrakondensatoren (Supercaps/ Ultracaps), leistungsfähige Kondensatoren, die schnell geladen werden können und auch bei Bremsvorgängen erzeugten Strom aufnehmen und eine Kapazität von aktuell bis zu 4500 F haben können (Steiner et al. 2007). Eingesetzt wird diese Technologie im Personenverkehr²¹, wo allerdings an jeder Haltestelle eine Ladestation bereit stehen muss. Für Rangiervorgänge scheint diese Technologie nicht praktikabel zu sein, da die Haltepunkte der Rangierloks mit den Zuglängen variieren und die Stopps nicht

²⁰ <https://www.bahn-manager.de/%C3%B6bb-und-siemens-entwickeln-akkutriebzug>

²¹ <https://www.railwaygazette.com/news/urban/single-view/view/doha-tram-feels-the-heat.html>

so regelmäßig erfolgen, wie es bei einer Tram der Fall ist. Die Anschaffungskosten von Superkondensatoren liegen bei ca. 10.000€/kWh (Tritschler & Ji 2016).

4.11.2.3 Brennstoffzelle

Für den Personennahverkehr werden mittlerweile Züge mit Brennstoffzelle (Hydrail) produziert, die auf Strecken ohne Oberleitung eingesetzt werden können. So verkehrt beispielsweise der iLint der Firma Alstom auf der Strecke Buxtehude–Bremervörde–Bremerhaven–Cuxhaven.

Der Einsatz von Brennstoffzellen ist auch im Rangierbetrieb möglich. BNSF Railway hat 2009 die erste Rangierlok mit Brennstoffzelle entwickelt und erprobt diese seitdem im Einsatz. Hinsichtlich Reibungsmasse sowie Tank- und Wartungsintervallen sind keine signifikanten Änderungen im Vergleich zu Dieselloks zu erwarten. Stattdessen wird durch den verschleißarmen Betrieb von einem Effizienzgewinn von ca. 10% ausgegangen (Ernst & Young et al. 2016, S. 200).



Quelle: Alstom

Abbildung 58 Brennstoffzellenzug iLint

Die Anschaffungskosten sind gegenüber einer Diesellok jedoch um etwa 25% erhöht (Ernst & Young et al. 2016). Es ist zu erwarten, dass die Kosten für Rangierloks mit Brennstoffzellenantrieb im Bereich von 5-5,6 Mio. € liegen würden (Ernst & Young et al. 2016, S. 199). Hinzu kämen Infrastrukturkosten, wie beispielsweise für Tankanlagen, deren Kosten mit einer Diesel-Tankstelle vergleichbar sind (Ernst & Young et al. 2016). Es gibt auch die Möglichkeit anstelle einer Belieferung den Wasserstoff vor Ort zu erzeugen, was mit Kosten von schätzungsweise 2-3 Mio. € je Anlage²² verbunden ist.

²² <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/wasserstoffautos-brennstoffzelle-reloaded/5666152-all.html>

4.11.2.4 Konzept Autonome Triebwagensegmente

Ein alternatives Automatisierungskonzept wäre die Aufteilung klassischer Triebwagen in kleinere Segmente, die Zugteile dezentral gesteuert und autonom an ihre individuellen Zielorte bringen und sich bei Bedarf miteinander verbinden können, um die für ganze Züge erforderliche Leistung auf die Schiene bringen zu können.

Die Vorteile dieses theoretischen Konzepts lägen in der Zeitersparnis durch Reduzierung der Kuppelvorgänge und Parallelisierung von Fahrten, verbesserte Skalierbarkeit der Kapazitäten, ein geringeres Ausfallrisiko sowie der erleichterten Positionierung von Sensorik durch beidseitiges Umfassen der Wagons.

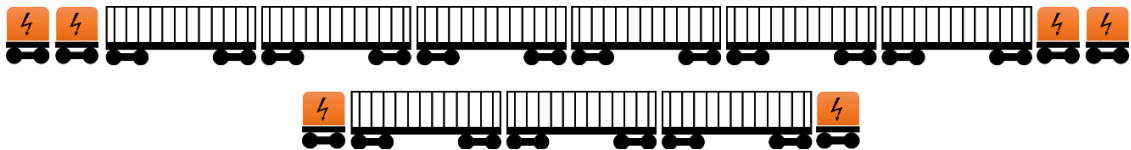


Abbildung 59 Schematische Darstellung des Konzepts der autonomen Triebwagensegmente

Als Grundgerüst für die Triebwagensegmente würde sich jeweils ein Drehgestell der Bauart Y25 mit einem Radstand von 1,8m und einer zulässigen Radsatzlast von 22,5t eignen. So könnten vier Triebwagensegmente die für große Züge erforderliche Lokreibungslast aufbringen. Um eine Rangierlok zu ersetzen, müssten diese jeweils Spitzenlasten von 250kW erzeugen können.

Ein entsprechender Elektro-Motor kostet etwa 20.000 EUR, das Drehgestell Y25 etwa 25.000 EUR, ein Blei-Akkumulator mit einem Gewicht von 15t und einer Kapazität von 375 kWh würde etwa 50.000 EUR kosten. Je nach Ausführung der Konstruktion und zuzüglich eines Gehäuses, Umrichters, Getriebes und der erforderlichen Sensorik liegen die Gesamtkosten eines Triebwagensegments schätzungsweise zwischen 300.000 EUR und 500.000 EUR.

4.11.3 Rechtliche Anforderungen

Eine Automatisierung der Triebfahrzeuge ist unabhängig von deren Antriebsart. Die Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des Bahnbetriebs und der Nutzung der Anlagen unterscheiden nicht zwischen den herkömmlichen Antrieben und neuen Antriebstechniken. Natürlich muss zu jeder Zeit gewährleistet sein, dass der Kraftstoff oder der verwendete Energieträger sicher im Fahrzeug verbaut bzw. bei dessen Austausch, Aufladung und der Lagerort und -zustand sicher ist. Die Vorgaben bezüglich der einzelnen Aufbewahrungsmethoden und Sicherheitshinweise sind in den Richtlinien und Vorschriften der jeweiligen Antriebsart oder dessen Energieträger zu finden.

Dabei ist im Hinblick auf das automatisierte Fahren auch während der nutzungsfreien Zeit sicherzustellen, dass ein Missbrauch, eine Manipulation oder eine unsachgemäße Benutzung – vor allem durch unbeteiligte Dritte – ausgeschlossen werden.

- Die unterschiedlichen Antriebstechniken erfordern keine Änderungen oder Anpassungen im Hinblick auf das automatisierte Fahren.

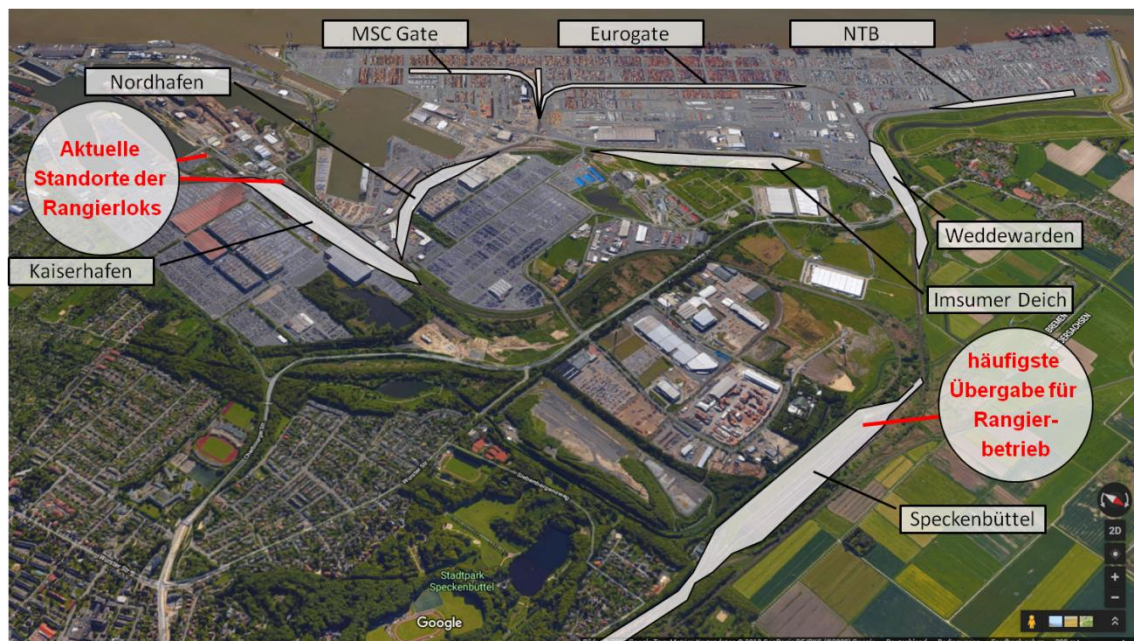
- Jeder Energieträger muss dabei aber auf seine Weise gegen Missbrauch oder unsachgemäße Betriebsabläufe gesichert werden.
- Mischbetrieb besteht aus dem automatisierten und konventionellen Verkehr, der gleichzeitig abgewickelt wird.
- Der Mischbetrieb ist möglich, da beim Rangieren auf Sicht gefahren wird.

4.12 Alternative Standorte der Rangierloks

4.12.1 Arbeitsorganisatorische Anforderungen

Die derzeitigen Standorte für Abstellplätze der Rangierloks befinden sich im Bereich Kaiserhafen/Brückenstraße.

Diese Abstellplätze sind momentan von den häufigsten Einsatzbereichen der Loks bei der Zustellung im Bereich der Containerterminals weit entfernt. Dies liegt auch an der Notwendigkeit, dass Sozialräume für das Personal und Materialien zur Pflege und Wartung dort vorgehalten werden müssen. Hier findet der Personalwechsel statt und die Auftragsbearbeitung und die Disposition sind örtlich angegliedert.



Quelle: Hintergrundbild © 2018 Google, TerraMetrics, Kartendaten © 2018 GeoBasis-DE/BKG (© 2009); bearbeitet ISL 2018

Abbildung 60 Standorte Rangierloks und Einsatzorte

Die Standorte, an denen am häufigsten eine Übergabe zwischen Rangierloks und Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) für Containertransporte erfolgen, sind der Bahnhof (Bf) Speckenbüttel und die Vorstellgruppe Weddewarden. Am Bf Speckenbüttel

finden auch zumeist die wagentechnischen Untersuchungen am Ausgangszug statt, die Voraussetzung für eine Übernahme und Weiterfahrt durch die EVU sind.

Um die unproduktiven Fahrten zwischen Abstellplätzen der Rangierloks und den Wagengruppen der Aufträge zu optimieren, ist eine örtliche Nähe der Rangierloks zu den Übergabepunkten in den Vorstellgruppen und in den Terminals vorteilhaft.

Je nach Automatisierungsgrad können die Aufgaben der Auftragsbearbeitung, der Disposition und der Sozialräume für das Personal mehr und mehr von dem Standort der Loks unabhängig werden. Hingegen sind kleinere Servicearbeiten an den Loks unregelmäßig oder zyklisch erforderlich. Das betrifft z.B. Wasserstandprüfung oder das Wechseln defekter Glühbirnen.

Bei einer Automatisierung mit selbstfahrenden Loks mit Akkubetrieb sind an den Abstellplätzen der Loks Anlagen zur Aufladung der Akkus erforderlich. Für eine Optimierung der möglichen Standorte für automatische Rangierloks ist u.a. ein Standort in dem Bereich Bf Speckenbüttel zu untersuchen. Ebenfalls wäre zu untersuchen, an welchen Standorten ein Austausch der Akkus sinnvoll erfolgen kann.



Foto: ISL 2018

Abbildung 61 Abstellung Franziusstraße

4.12.2 Technisches Konzept

Bei bemannter Fahrt ist ein möglichst einfacher und sicherer Zugang zu den Loks zu gewährleisten. Beim Einsatz von sensibler Sensor- oder Automatisierungstechnik kann zudem ein geschützter Raum im Fall von Extremwetterereignissen erforderlich sein.

Für eine Automatisierung mit selbstfahrenden Loks mit Akkubetrieb ohne Batteriewechsel sind Anlagen zur Aufladung der Akkus erforderlich (Beispiel siehe Abbildung 2).

Das Aufladen einer Akkulok am Netz dauert etwa zwischen 6 bis 7 Stunden. Mit einer Batteriewechselstation kann dies innerhalb von 5 Minuten erfolgen (Jentges 2017). Während die Investitionskosten für einen kabelgebundenen Netzanschluss gering sind, sind für eine automatisierte Batteriewechselstation jedoch schätzungsweise 1 Mio. € erforderlich (Anbieter: Siemens).



Quelle: Railengineer.uk²³

Abbildung 62 Konzept Railbaar, Aufladestation für den Personenverkehr

Werden Fahrzeuge mit Brennstoffzellen eingesetzt, wird eine Infrastruktur zur Betankung mit Wasserstoff benötigt. Die entstehenden Infrastrukturkosten zur Lagerung oder Betankung sind mit denen der Diesel-Tankstelle vergleichbar (Ernst & Young et al. 2016). Es gibt auch die Möglichkeit anstelle einer Belieferung den Wasserstoff vor Ort zu erzeugen, was mit Kosten von schätzungsweise 2-3 Mio. € je Anlage verbunden ist.

4.12.3 Rechtliche Anforderungen

Die Abstellplätze der Rangier-Loks sind in Bezug auf den rechtlichen Rahmen für die eigentliche Automatisierung zweitrangig. Die aufgeführten, aktuell geltenden Vorgaben sind weiterhin einzuhalten:

Beim Abstellen muss darauf geachtet werden, dass Manipulationen oder Eingriffe sowohl an den Triebfahrzeugen als auch an der Infrastruktur und zu befahrenden Abschnitten durch unbefugte Dritte ausgeschlossen werden. Außerdem sind bei Verwen-

²³ <https://www.railengineer.uk/2017/04/06/railbaar-rapid-charge-station/>

derung von automatischen Auflade- oder Betankungseinrichtungen Sicherheitsvorschriften und -abstände einzuhalten. Darüber hinaus sind die elektrischen Zuleitungen oder Betankungsleitungen und –vorräte vor Eingriffen und Witterungseinwirkungen zu schützen.

Gemäß der Konzernrichtlinie (Ril) 408 – Züge fahren und Rangieren – (Modulgruppen 408.01 – 408.09) und zusätzlich der örtlichen Richtlinie (OeRil) ist der Fahrdienstleiter für die Zuteilung von geeigneten Gleisen (Stellplätzen) verantwortlich. Das EVU hingegen ist aktuell selbst für Überwachungsmaßnahmen zuständig.

Für die Automatisierung sind die Stellplätze vorzuhalten, automatisch zuzuweisen und zu sichern. Die Zuweisungs- und Überwachungstätigkeiten sind zusammenzulegen.

- 408.0101 2 (2) a)/408.4801 2 (2) a)
- Betriebsvorschrift Bremerhaven Seehafen (örtliche Zusätze zur RIL 408.01)
 - o Lokabstellplätze:
 - Bft Kaiserhafen Gleise 33 und 34,
 - Franziusstraße Gleise 1 bis 5,
 - Bft Imsumer Deich Gleis 447 & 786 (elektrifiziert),
 - Bft Weddewardener Tief Gleis 628 (elektrifiziert)

4.13 Entwicklung von Rangierfahrten aus Nutzungsantrag

4.13.1 Auftragserstellung

Ziel des Projektes Rang-E ist die Steigerung der Innovationskraft und Effizienz des Verkehrsträgers Schiene auf der „letzten Meile“.

Während die Optimierungs- und Automatisierungspotenziale im **operativen** Bereich in Szenarien untersucht werden, fallen unter die Optimierungsmöglichkeiten im **organisatorischen** Bereich auch die Aufteilung und Zuordnung von einzelnen Rangieraufträgen. Rang-E legt den Fokus der Optimierung auf Rangierfahrten zu und von den Terminals.

Die Phase der Beauftragung beginnt mit der Erstellung des Nutzungsantrages. Im Rahmen von Rang-E werden hier die daraus resultierenden Aufträge für Rangiertätigkeiten für Container- und Automobiltransporte betrachtet. Dabei wird die Rangiertätigkeit nach der Gestellung des Eingangszuges bis zur Abstellung des Ausgangszuges zur wagentechnischen Untersuchung (WTU) betrachtet.

Das Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) stellt für die Bearbeitung eines Zuges einen Nutzungsantrag bei dem Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU), hier Bremische Hafeneisenbahn. Der Nutzungsantrag wird von dem EVU für einen Zug gemäß den Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen (NBS) der Bremischen Hafeneisenbahn und der bremischen Industriestammgleise (Allgemeiner Teil NBS-AT und Besonderer Teil NBS-BT) bei dem EIU gestellt. Verantwortlich für die Bearbeitung der

Nutzungsanträge und die Vergabe der Slots im Bereich der Terminals sind die Mitarbeiter der GBK (Gruppenbriefkasten) im Auftrag der EIU. Innerhalb eines Slots erfolgt der Umschlag, das beinhaltet das Einfahren in die Umschlagsanlage, die Entladung, die Beladung sowie das Ausfahren aus der Umschlagsanlage und aller damit in Verbindung stehenden Tätigkeiten. Voraussetzung für das Stellen eines Nutzungsantrages ist der Abschluss eines Infrastrukturnutzungsvertrages zwischen EIU und EVU.

Mit dem Nutzungsantrag beantragt das EVU, dass ein Zug im Hafенbereich durch einen Rangierdienstleister an einem Automobil- oder Containerterminal zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. Zeitfenster gestellt wird und nach dem Warenumschlag an einem Ausgangsort bereitgestellt wird.

Das EVU muss spätestens bei Abfahrt aus dem Ausgangsbahnhof im Hinterland dem EIU die Wagenliste mit den folgenden Informationen senden:

- Zugnummer
- Herkunft des Zuges
- Anzahl der Waggons
- Waggonlänge
- Waggongattung
- Waggonnummern
- Hersteller der Automobilfahrzeuge
- Fahrtrichtung der Fahrzeuge im Zug

Der Nutzungsantrag enthält:

- Unterscheidung Container-Verkehre, Pkw-Verkehre, sonstige Verkehre oder Nutzung der Infrastruktur ohne Be- und Entladung (mit Gleisnutzung während der Aufenthaltszeit in der Ladestelle/ im Infrastrukturanschluss kombinierbar) und weiteren Angaben, die zusätzliche Rangiertätigkeiten auslösen können (z.B. Schadwagen)
- Eingangszug mit Zugdaten, Anfangsbahnhof und vorgesehener Ankunftszeit/ Datum
- Ausgangszug mit Zugdaten, Zielbahnhof und vorgesehener Abfahrtszeit/ Datum
- Containertransport mit Unterscheidung
 - Ganzzug, ein Terminal
 - Angabe des Terminals
 - Länge des Wagenparks (ohne Lok)
 - Slot (gewünscht bzw. vereinbart nach Vergabe) [6 Stunden Slot]
 - Zugteilung, zwei Terminals
 - Angabe der Terminals
 - jeweilige Länge des Wagenparks (ohne Lok)

- Slot pro Terminal (gewünscht bzw. vereinbart nach Vergabe) [6 Stunden Slots zeitnah]
- Ganzzug, zwei Terminals nacheinander (Straßenbahn)
 - Angabe der Terminals
 - Länge des Wagenparks (ohne Lok)
 - Slot pro Terminal (gewünscht bzw. vereinbart nach Vergabe) [6 Stunden Slots nacheinander]
- Automobiltransport
 - mit von der BLG Logistics GROUP AG & Co. KG (BLG) zugeteilten Slotnummern, die jeweils
 - Wochentag,
 - Schicht 1-3 und
 - Entladegleis enthalten.
 - Die Standorte der Abfertigung mit Rampen und Entladegleisen ergeben sich aus dem Hersteller der Automobilfahrzeuge.

Tabelle 5 Nutzung der Serviceeinrichtungen (Hersteller)

Gleis	Gleiszuteilung nach Herstellern
321/322	BMW; Mini
298/299	Mercedes Benz
WP23-24	BMW; Porsche; VW
WP25-26	BMW; Porsche; VW
WP1-2	Hyundai; KIA; VW
PH1-2	Hyundai; KIA; VW; Porsche

Quelle: BLG Logistics; 01.06.2015; Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen ATB der BLG AutoTerminal Bremerhaven GmbH & Co. KG

- Die Anzahl der Slots ergibt sich aus der Länge der Entladegleise, der abzufertigenden Anzahl Waggonen und deren Länge. Für diese Informationen dient auch die übermittelte Wagenliste.

Tabelle 6 Nutzung der Serviceeinrichtungen (Anschlüsse)

Gleis	Länge in m	Anschluss
321/322	310	elektrisch, pneumatisch
298/299	408	elektrisch
WP23-24	705	elektrisch, pneumatisch
WP25-26	702	elektrisch, pneumatisch
WP1-2	370	elektrisch
PH1-2	329	elektrisch

Quelle: BLG Logistics; 01.06.2015; Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen ATB der BLG AutoTerminal Bremerhaven GmbH & Co. KG

- Eine erforderliche Trennung von Zügen durch unterschiedliche Waggon-gattungen ergibt sich auch bei inkompatiblen Waggon-gattungen.

In den Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen ATB der BLG AutoTerminal Bremerhaven GmbH & Co. KG vom 01.06.2015 hat BLG festgehalten, welche Voraussetzungen für kompatible Waggons gegeben sein müssen: „In einem Slot können nur miteinander kompatible Waggons bearbeitet werden. Kompatible Waggons sind solche Waggons, bei denen die Überfahrklappen zwischen den Waggons so angeordnet sind, dass die Fahrzeuge auf dem letzten Waggon bis ganz nach vorne durchfahren und über die Rampe den Zug verlassen können. Bei geschlossenen Waggons ist zusätzlich Voraussetzung für die Kompatibilität der Waggons, dass sie über eine einheitliche Anschlussart zum Öffnen der Waggons (elektrisch oder pneumatisch) verfügen.“

Kann ein Zug einen Slot nicht mehr erreichen, verfällt der Slot und es wird versucht den Zug möglichst „dazwischen zu schieben“, wobei Züge mit Ankunft innerhalb der Slotzeit grundsätzlich Vorrang haben.

4.13.1.1 Grobplanung

Die Grobplanung wird von der Betriebsplanung der GBK in Bremen durchgeführt. Die Terminals geben die Kapazität ihrer Umschlagsanlagen vor, z.B. werden Gleise, die durch Baustellen nicht zur Verfügung stehen, heraus gerechnet. Die Nutzungsanträge werden von den EVU an die Betriebsplanung der GBK in Bremen gestellt, wobei die Nutzungsanträge für Pkw auf einer Abstimmung der Slots mit der BLG beruhen.

Ablauf der Slotvergabe im Vorfeld des Nutzungsantrages für Pkw durch die BLG:

- Auswahl der Rampen nach Hersteller
- Trennung des Zuges bei inkompatiblen Waggons (zusätzlicher Slot)
- Berechnung der Anzahl der Waggons je Entladegleis
- passende Trennung in Wagengruppen (ggf. zusätzliche Slots)

- Festlegung des Ablaufs einer zeitversetzten Gestellung
- Prüfung freier Entladegleise
- Vorschläge für Slots mit Slotnummern bestehend aus Wochentag, Gleis und Schicht (z.B. z.B. Do-WP26-2)

Die Slotlänge im Pkw-Umschlag liegt je nach Gleis zwischen 45 und 90 Minuten. Im Container-Umschlag beträgt die Länge eines Slots 6 Stunden.

Die Betriebsplanung der GBK Bremen bestätigt, falls möglich, gewünschte Slotzeiten oder bietet einen alternativen Slot an. Dazu hat die Betriebsplanung eine Matrix über die verfügbaren Umschlagskapazitäten aller Terminals über die Zeit. Der mögliche Slot wird dann mit dem EVU abgestimmt. Nach der Abstimmung der Slots plant die Betriebsplanung der GBK in Bremen alle Abstellungen von Eingangsgleis bis Ausgangsgleis für die Verweildauer des Zuges im Hafbereich. Dabei fließt der Fahrplan der Züge in die Planung mit ein, d.h. dass neben den Slots auch die notwendigen Rangiertätigkeiten und die WTU berücksichtigt werden müssen. Dies bedeutet, dass zu einer Slotzeit in den Terminals (z.B. 6 Stunden im Container-Umschlag) immer davor und danach jeweils eine Stunde für Rangiertätigkeiten und einige Stunden für die WTU aufgeschlagen werden müssen. Diese Informationen werden an die Terminals und Infrastrukturdisposition Bremerhaven zur weiteren Bearbeitung übermittelt.

An dieser Stelle ist die Grobplanung abgeschlossen. Die weitere Feinplanung im operativen Geschäft zwischen Infrastrukturdisposition Bremerhaven Seehafen (GBK), der BLG und den Rangierdienstleister (RDL) basiert auf dieser Grobplanung und den tatsächlichen, vom Fahrplan zumeist abweichenden, Ankunftszeiten der Züge bzw. den laut Abfahrtszeiten geplanten Fahrplan.

Das Slotvergabeverfahren wird bei Überlastung außer Kraft gesetzt. In diesem Fall erfolgt die Zuführung zu den Terminals durch direkte Anweisung, mit dem Ziel, bis zum Erreichen des Normalzustands alle Kapazitäten möglichst optimal einzusetzen!

4.13.1.2 Feinplanung

Der RDL stimmt die Feinplanung (Gestellung und das Abziehen der Züge) im Bereich Container mit der Infrastrukturdisposition, im Bereich Pkw mit der BLG, ab. In die Feinplanung fließen Anforderungen der Terminals, die sich z.B. aus Ladeschlusszeiten ergeben, mit ein. An dieser Stelle erfolgt die Zuordnung von Wagengruppen zu Gleisen. Dies ist die Voraussetzung für die Ableitung aller erforderlichen Rangieraufträge.

Aus der Anzahl der Slots im Nutzungsantrag ergeben sich die dafür erforderlichen Rangieraufträge. Eine besondere Rolle kommt dabei dem Bemerkungsfeld zu. Hier können z.B. im Bereich Pkw-Zulauf Wagengruppen eines anderen Herstellers benannt werden. Das bedeutet, dass diese Wagengruppe in einen anderen Slot an eine andere Rampe gestellt werden muss. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen weiteren Nutzungsantrag mit Bezug auf ersteren zu stellen.

Neben den Rangieraufträgen, die sich aus dem Nutzungsantrag ergeben, teilt das EVU Aufträge für die Behandlung von Schadwagen dem RDL direkt mit. Für eine korrekte Zuordnung ist die Zugnummer aus dem Nutzungsantrag, die Wagennummern und die

Information über die gemieteten Gleise für die Abstellung des/der Waggons notwendig. Umgekehrt können abgestellte oder bereits reparierte Waggons in die Wagengruppe integriert werden.

Die Kosten für diese Rangieraufträge ergeben sich aus den Partnerverträgen zwischen den EVU und den RDL. Hinzu kommen die Kosten für die Nutzung der Infrastruktur, die die EVU an die entsprechenden EIU (Hafeneisenbahn, Terminals) entrichtet.

Die Zuordnung von Rangieraufträgen auf Loks und Besatzungen erfolgt unter Berücksichtigung der Arbeitszeiten der Mitarbeiter und der Optimierung der Leerfahrkilometer; der Füllstand mit Treibstoff ist nicht relevant. Nur bei Überlastung eines Rangierdienstleisters wird im Rahmen eines Kooperationsabkommens ein Rangierauftrag an einen anderen Rangierdienstleister übergeben.

Betrachtet werden hier die folgenden Arten von Rangieraufträgen:

- Gestellung am Containerterminal
- Abziehen vom Containerterminal und Zustellung Ausgangszug zur WTU
- Gestellung am Autoterminal
- Abziehen vom Autoterminal und Zustellung Ausgangszug zur WTU

Die folgenden Arten von Rangieraufträgen werden nicht vertiefend betrachtet:

- Gestellung bei anderen Unternehmen/Terminals (Container Freight Station (CFS), Fruchtterminal usw.)
- Abziehen von anderen Unternehmen/Terminals (CFS, Fruchtterminal usw.)
- Zustellung zu Reparatur
- Abziehen von Reparatur
- Abstellung nicht benötigter Wagen, Züge oder Wagengruppen
- Reaktivierung geparkter Wagen, Züge oder Wagengruppen

4.13.1.3 Entgelte zur Nutzung der Hafenbahninfrastruktur

Infrastruktur der Bremischen Hafeneisenbahn

Die Höhe der Kosten für die Nutzung der Infrastruktur der Bremischen Hafeneisenbahn richtet sich nach den online zur Verfügung gestellten Entgeltgrundsätzen und -listen.²⁴ Bereits im Vorfeld der Infrastrukturnutzung wird für jede Bearbeitung eines gestellten Nutzungsantrages eine Gebühr berechnet.

Auf jede von der Infrastruktur der DB Netz auf die Infrastruktur der Bremischen Hafenbahn eingehende sowie ausgehende Fahrt wird nach Kapitel 2.2 der Gebührenordnung eine Fahrtenpauschale für die Nutzung der Infrastruktur erhoben. Triebfahrzeuge sind von dieser Gebühr ausgenommen und können die Infrastrukturgrenzen gebührenfrei passieren. Rangierfahrten innerhalb des Gleisnetzes der Bremischen Hafeneisenbahn,

²⁴ <https://bremenports.de/hafeneisenbahn/nutzung-und-entgelte/>

die zur Zugbildung oder der Bedienung von Ladestellen, Terminals und Anschlussgleisen dienen, sind ebenfalls entgeltfrei.

Darüber hinaus werden zeitabhängige Entgelte für die Nutzung von Gleisanlagen durch stehende Schienenfahrzeuge berechnet. Die für jede volle Nutzungsstunde zu zahlende Gebühr ist gleisbezogen und richtet sich nach einem durch die Bremische Hafeneisenbahn veröffentlichten Kategorienschema. So bilden elektrifizierte und für den betrieblichen Ablauf bedeutende Gleise wie beispielsweise die der Vorstellgruppen Weddewarden und Imsumer Deich die teuerste Gleiskategorie, nicht elektrifizierte Abschnitte in peripherer Lage, wie beispielsweise im Columbusbahnhof, die günstigste Kategorie. Für Gleise der günstigsten Gleiskategorie 3 besteht nach Maßgabe der Ziffer 6.3 NBS-BT darüber hinaus die Möglichkeit, Hauptnutzungen für einen oder mehrere Monate mit der Bremischen Hafeneisenbahn zu vereinbaren. Eine Besonderheit bildet hierbei die Nutzung von Lokabstellplätzen durch den Rangierdienstleister, welche ebenfalls entweder tageweise oder auf Basis einer längerfristigen Hauptnutzungsvereinbarung abgerechnet wird. Sofern die abgestellten Dieselloks die Anforderungen der Stufe IIIb der Richtlinie 2004/26/EG erfüllen, reduziert sich das Nutzungsentgelt der Abstellplätze um 15 Prozent.

Jede Nutzung der Serviceeinrichtungen ohne vorherige Vereinbarung mit der Bremischen Hafeneisenbahn wird zur Vermeidung von Störungen im Betriebsablauf mit einem zusätzlichen Entgelt belastet. Zudem stellt die Bremische Hafeneisenbahn Serviceleistungen, wie beispielsweise die Vermittlung von Ortskenntnissen oder die Bereitstellung von Funkgeräten, gesondert in Rechnung.

Infrastruktur der Terminalbetreiber

Für die Nutzung der Gleisanlagen der Terminals werden keine Nutzungsentgelte erhoben. Ausnahmen bilden Entgelte, die „dazu dienen, Anreize zur Verringerung von Störungen und zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Serviceeinrichtung zu bieten“²⁵. Beispiele hierfür sind Gebühren für nicht genutzte Infrastruktur, für kurzfristig angemeldete Züge, nicht kompatible Waggontypen innerhalb eines Zuges (Automobilverladung), unvollständige oder fehlende Wagenlisten, Über- oder Unterschreiten der angegebenen Waggonanzahl oder für Züge außerhalb der regulären Öffnungszeiten.

Kosten für Rangierdienstleister

In den Partnerverträgen ist für eine Regelleistung ein Festpreis festgeschrieben. Für Sonderrangierleistungen, beispielsweise die Bearbeitung von Schadwagen oder Drehfahrten, wird die Zeit dokumentiert und aufgeschlagen (z.B. erhält ein Containerzug, der nicht terminalrein ist, einen 50%-Zuschlag). Sonderfälle, die nicht im Zusammenhang mit Regelleistungen stehen, werden gesondert kalkuliert.

Die Berechnung der Kosten für die Rangiertätigkeiten eines Zuges zwischen Eingang und Ausgang setzen sich wie folgt zusammen:

²⁵ BLG AutoTerminal Bremerhaven GmbH & Co. KG (2015) "Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen ATB – Besonderer Teil, S. 9.

Containerverkehre

Kosten entstehen durch die Gestellung der Wagengruppen an dem/den Terminal(s) als Ganzzug, als Teilzüge oder als sukzessive Gestellung. Hinzu kommen Aufschläge für den Mehraufwand bei nichtterminalreiner Reihung der Wagengruppen. Diese Kosten werden bei EVU mit Partnerverträgen pauschal abgerechnet. Bei Einzelaufträgen ohne Partnerverträgen erfolgt eine Abrechnung auf Angebot mit erhöhten Sätzen.

Äquivalent entstehen Kosten bei dem Abziehen aus den Terminals und der Zusammenstellung von Wagengruppen im Ausgangsgleis. Zusätzliche Kosten entstehen durch das Handling von Schadwagen, Trennung oder Ergänzung von Wagengruppen oder die Durchführung der WTU.

Automobiltransporte

Kosten entstehen durch die Gestellung der Wagengruppen an den Rampen.

Äquivalent entstehen Kosten bei dem Abziehen von den Rampen und der Zusammenstellung von Wagengruppen im Ausgangsgleis. Zusätzliche Kosten entstehen durch das Handling von Schadwagen, Trennung oder Ergänzung von Wagengruppen, das Drehen bei falscher Fahrtrichtung der Pkw oder die Durchführung der WTU.

Strategien der Rangierdienstleister

- Die Gegebenheiten des Hafengebietes in Bremerhaven bedingen derzeit eine ständige Besetzung der Lok bei Rangiertätigkeiten mit Triebfahrzeugführer und Rangierbegleiter.
- Hinsichtlich der Kosten findet eine Mischkalkulation statt. Für die Nutzung von Wartepositionen und Streckenbenutzung zum Rangieren der Loks fallen keine gesonderten Kosten an. Tendenziell wird mehr Personal als notwendig vorgehalten, damit Belastungsspitzen jederzeit abgefangen werden können.
- Die Gestellung bei Zugteilung erfolgt an den Terminals nacheinander mittels einer Lok. Leichte Verzögerungen bei der Einhaltung der Slotzeiten werden dabei in Kauf genommen, um eine Belastung des Streckennetzes mit zwei Loks zu vermeiden.
- Die Dispositionsleistung für die Verkettung von Aufträgen anhand der jeweiligen Standorte der Loks und der bisher ausgeführten Aufträge ist stark von der Erfahrung der jeweiligen Disponenten abhängig.
- Die Schichten überschneiden sich an der Schichtgrenze um eine halbe Stunde. In dieser Zeit erfolgt die Übergabe, sodass hierfür nur in Ausnahmefällen Überstunden anfallen. Die Schichtablösung fährt ggf. mit Pkw zum Übergabepunkt.
- Der Rangierdienstleister favorisiert einen verbindlichen Ladeschluss. Eine wirkliche Planung ist ohne verbindliche Zeiten nicht möglich. Eine Ableitung des Verladeschlusses aus dem Central Organising, Dispatching and Information System (CODIS) ist für den Rangierdienstleister nicht möglich.

- Eine gleichmäßige Auslastung bei der WTU ist wünschenswert, aber seitens der Disposition nicht beeinflussbar.
- Eine Belastung der Netzinfrastruktur durch die Abstellung der Streckenloks im Bahnhof Lehe könnte durch entsprechende Lokabstellplätze innerhalb des Hafens vermindert werden.
- Eine Belastung der Rangierbegleiter in Warteposition am Anfang eines schiebenden Zuges bei schlechtem Wetter könnte sich an den häufig relevanten Stellen durch Unterstände erheblich verringern. Bestehende Möglichkeiten zum Unterstellen wurden in der Vergangenheit aus Gründen der Sicherheit in Zusammenhang mit unbefugtem Betreten der Anlage abgebaut.

4.13.1.4 Operation

Auch während des Operation können sich zusätzliche Rangiertätigkeiten ergeben.

Beispiele:

- Inkompatible Waggons im Bereich Pkw
 - aus übermittelter Wagenliste

Diese Informationen werden bei Abfahrt des Zuges am Ausgangsbahnhof übermittelt. Dies kann z.B. erst in Bremen sein, so dass kurzfristig Rangieren oder zusätzliche Slots verursacht werden
 - durch falsche Wagenliste

Der Fehler fällt erst nach Ankunft des Zuges auf und bedingt weiteres Rangieren oder zusätzliche Slots (verursacht zusätzliche Kosten bei dem EVU)
- Nicht korrekte Angabe der Fahrtrichtung der Pkw in der Wagenliste. Hier muss die Wagengruppe Kopf gemacht werden.
- Ein zu spätes Bemerkten einer fehlerhaften Beladung (siehe 05 Basisszenario Container nicht im Zapfen).
- Feststellung von Schadwagen während des Aufenthalts im Hafenbereich

Während des Operation können sich auch zeitliche Abweichungen der Rangiertätigkeiten ergeben.

Beispiele:

- Falls Züge schneller abgefertigt worden sind, besteht die Möglichkeit, diese vorab abzuziehen und die sich ergebende Kapazität anderweitig zu nutzen. Das kann das Gestellen von Zügen sein, die vor ihrer geplanten Ankunftszeit angekommen sind oder Züge, die ihren Slot verpasst haben und eingeschoben werden müssen. Die Planung nimmt der Netzdisponent vor.
- Besteht die Möglichkeit einer zusätzlichen Gestellung, wird die Priorität zwischen Netzdisponenten und Terminal z.B. hinsichtlich Verladeschluss abgestimmt.

4.13.1.5 Konflikte

Werden von mehreren EVU konkurrierende Nutzungsanträge gestellt, sodass eine zeitgleiche Bearbeitung nicht möglich ist, nimmt das EIU mit beiden Parteien Verhandlungen auf. Kommt es in diesem Verfahren zu keiner Einigung, greift das Verfahren nach § 10 Abs. 6 Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung (EIBV).

Das Verfahren aus der Eisenbahninfrastruktur- Benutzungsordnung sieht vor, dass, falls es zu keiner Einigung kommt

15. Hat das Eisenbahninfrastrukturunternehmen Anträgen Vorrang zu gewähren, die notwendige Folge der mit einem Betreiber der Schienenwege vereinbarten Zugtrasse sind;
16. Kann das Eisenbahninfrastrukturunternehmen Anträgen des Eisenbahnverkehrsunternehmens oder des Halters von Eisenbahnfahrzeugen auf Zugang zu den in § 2 Abs. 3c Nr. 7 des Allgemeinen Eisenbahngesetzes (AEG) genannten Einrichtungen und auf Erbringung der diesbezüglichen Leistungen Vorrang gewähren, in dessen Eigentum diese Einrichtungen stehen, sofern die Berücksichtigung anderer Anträge aus Gründen des Betriebs des Eisenbahnverkehrsunternehmens oder des Halters von Eisenbahnfahrzeugen nicht möglich oder nicht zumutbar ist.

4.13.2 Algorithmen

Die Algorithmen zur Planung, Vergabe und Zuordnung einzelner Rangieraufträge zu Loks werden im Folgenden untersucht.

Sobald der Netzdisponent die Ankunft des Zuges im Eingangsgleis an den Rangierdienstleister meldet, beginnt dieser mit der Feinplanung. Der Zeitrahmen und die Reihenfolge für die Abarbeitung der anstehenden Aufträge wird mit Hilfe der Slotzeiten, der verfügbaren Loks und Besatzungen und den jeweiligen Standorten der Loks nach Beendigung der vorhergehenden Aufträge geplant.

Die zügige Gestellung der Wagengruppen bei den Terminals hat Priorität. Erst nach dem Abziehen aus dem Terminal werden Schadwagen behandelt und die weiteren Tätigkeiten zur Gestellung des Ausgangszuges durchgeführt.

4.13.2.1 Containerterminals

Entwicklung von Rangieraufträgen (Slots) aus dem Nutzungsantrag

Der Nutzungsantrag stellt für die Infrastrukturd disposition (GBK) die Basis für die Planung der Rangieraufträge, die für die Abarbeitung des Auftrags erforderlich sind.

Wird ein Ganzzug auf einem Terminal gestellt, wird dazu ein Slot auf dem Terminal benötigt. Bei einer Zugteilung erfolgt eine parallele Gestellung an zwei Terminals, sodass für beide Terminals jeweils ein Slot zeitnah, möglichst gleichzeitig, erforderlich ist.

Wird ein Ganzzug sukzessive an zwei Terminals nacheinander gestellt (Straßenbahn), sind nacheinander folgende Slots bei den beiden Terminals erforderlich.

Die Vergabe der Slots erfolgt jeweils mit:

- Prüfung freies Umschlaggleis (Berücksichtigung der momentan nutzbaren Länge)
- Auswahl des Umschlaggleises
- Vergabe des 6-stündigen Slots

Während der Planung/ im Anschluss der Planung erfolgt eine Abstimmung mit dem EVU.

Das Ergebnis wird vom EIU bzw. EVU an das Terminal und den Rangierdienstleister für die Vorplanung weitergeleitet.

Feinplanung der Rangieraufträge (Slots) aus dem Nutzungsantrag

Die Rangiertätigkeiten für die Abfertigung bei den Containerterminals erfolgt als:

- Ganzzug (auf einem Terminal):
 - Zuteilung einer Lok mit Besatzung
 - Fahrt Lok zum Eingangsgleis
 - Fahrt Ganzzug zum Terminal
 - Abstellen des Ganzzuges
 - Abziehen der Lok
 - Warten auf Fertigmeldung
 - Fahrt Lok zum Terminal
 - Abziehen des Ganzzuges aus dem Terminal
 - Abstellung des Ganzzuges am Ausgangsgleis
 - Abziehen der Lok
- Zugteilung (parallele Gestellung an zwei Terminals); jeweils:
 - Zuteilung einer Lok mit Besatzung
 - Fahrt Lok zum Eingangsgleis
 - Fahrt Wagengruppe zum Terminal
 - Abstellen der Wagengruppe
 - Abziehen der Lok
 - Warten auf Fertigmeldung
 - Fahrt Lok zum Terminal
 - Abziehen der Wagengruppe aus dem Terminal
 - Zusammenstellung des Ausgangszuges
 - Abziehen der Lok

- Ganzzug (sukzessive Gestellung an zwei Terminals nacheinander; Straßenbahn):
 - Zuteilung einer Lok mit Besatzung
 - Fahrt Lok zum Eingangsgleis
 - Fahrt Ganzzug zum Terminal
 - Abstellen des Ganzzuges
 - Abziehen der Lok
 - Warten auf Fertigmeldung
 - Fahrt Lok zum Terminal
 - Abziehen des Ganzzuges aus dem Terminal
 - Rangieren des Ganzzuges zum zweiten Terminal
 - Abstellen des Ganzzuges
 - Abziehen der Lok
 - Warten auf Fertigmeldung
 - Fahrt Lok zum Terminal
 - Abziehen des Ganzzuges aus dem Terminal
 - Abstellung des Ganzzuges am Ausgangsgleis
 - Abziehen der Lok

Ist in dem Zug ein Schadwagen enthalten, wird dieser vor der Zusammenstellung am Ausgangsgleis abgezogen oder getauscht.

4.13.2.2 Automobilterminals

Bei der Gestellung beim Pkw-Umschlag wird vom Terminal eine zeitlich versetzte Gestellung von Teilzügen an den Rampen bevorzugt. Dies hat den Vorteil kürzerer Fahrstrecken der Pkw auf dem Zug und den ununterbrochenen Einsatz der Fahrer.

Entwicklung von Rangieraufträgen (Slots) aus dem Nutzungsantrag

Der Nutzungsantrag stellt für die Infrastrukturdisposition (GBK) die Basis für die Planung der Rangieraufträge, die für die Abarbeitung des Auftrags erforderlich sind.

- Auswahl der Rampen nach Hersteller
- Trennung des Zuges bei inkompatiblen Waggons (zusätzlicher Slot)
- Berechnung der Anzahl der Waggons je Entladegleis
- passende Trennung in Wagengruppen (ggf. zusätzliche Slots)
- Festlegung des Ablaufs einer zeitversetzten Gestellung
- Prüfung freier Entladegleise
- Vergabe der Slots mit Slotnummern bestehend aus Wochentag, Gleis und Schicht

Während der Planung/ im Anschluss der Planung erfolgt eine Abstimmung mit dem EVU.

Das Ergebnis wird vom EIU bzw. EVU an das Terminal und den Rangierdienstleister für die Vorplanung weitergeleitet.

Feinplanung der Rangieraufträge (Slots) aus dem Nutzungsantrag

Der Rangierdienstleister stellt sicher, dass die Wagen so gestellt werden, dass die Pkw für das Entladen in Fahrtrichtung stehen. Dies ist bei geschlossenen Wagen schwierig, aber notwendig.

Je nach Anzahl der sich aus dem Nutzungsantrag ergebenden Anzahl Slots werden die entsprechenden Wagengruppen zu ihren Slotzeiten in den Entladegleisen gestellt und nach Fertigmeldung wieder abgezogen:

- Zuteilung einer Lok mit Besatzung
- Fahrt Lok zum Eingangsgleis
- Fahrt Wagengruppe zum Entladegleis
- Abstellen der Wagengruppe
- Abziehen der Lok
- Warten auf Fertigmeldung
- Fahrt Lok zum Entladegleis
- Abziehen der Wagengruppe von der Rampe
- Abstellung der Wagengruppe am Ausgangsgleis zur Zugzusammenstellung
- Abziehen der Lok

Ist in dem Zug ein Schadwagen enthalten, wird dieser vor der Zusammenstellung am Ausgangsgleis abgezogen oder getauscht.

4.13.3 Rechtliche Anforderungen

Um eine Zug- oder Rangierfahrt durchführen zu können, benötigt der Triebfahrzeugführer (Tf) einen Auftrag des Fahrdienstleiters (Fdl). Diese Vorgabe stammt sowohl aus der Richtlinie (Ril) 408 als auch aus den örtlichen Zusätzen zur Richtlinie (OeRil) Bremerhaven. Auch bei automatisiertem Rangierbetrieb wird eine Rangierfahrt nur nach Auftrag des Fdl ausgeführt. In jedem Hafenabschnitt sind durch die OeRil weitere unter anderem spezifische Abläufe festgehalten, die für den automatisierten Betrieb in dieser Abfolge übernommen werden.

- Fahrdienstvorschrift Ril 408.2411 Grundsatz: Fdl erzielt mit Befehlen Aufträge
 - o Fahrdienstvorschrift Ril 408.21-27
- OeRil Bremerhaven, 3 Auftragsabwicklung/3.1 Übergabe und Übernahme der Fahrzeuge: beim Zuführen/Abholen von Fahrzeugen zu/von der Ladestelle soll ein vom Umschlagbetrieb beauftragter Mitarbeiter zur Feststellung etwaiger

Mängel an Fahrzeugen und Ladung an der Ladestelle erreichbar sein. Die Mängel sind dem Hafeninfrastrukturdisponenten zu melden.

- OeRil Bremerhaven, RIL 482.9004 Abschn. 5 Abs 1 [...] Keine Rangierfahrt ohne Auftrag des Fdl
- OeRil Bremerhaven: Jeder Hafenabschnitt hat Punkte zur Auftragsabwicklung. (z.B. Übergabe und Übernahme der Fahrzeuge, Annahme und Ablieferung der Sendungen, Zollgut und Gefahrgut)
- Nachrichtlich: auch bei automatisiertem Rangierbetrieb erfolgt keine Rangierfahrt ohne Auftrag eines Fdl.

5 Potenziale und Wirkungszusammenhänge

5.1 Reflexion zu den gewählten Automatisierungsstufen

Dem Automatisierungsaufwand müssen entsprechende unmittelbare Einsparpotenziale gegenüberstehen. Zeitersparnisse, Kostenersparnisse durch verminderten Einsatz Equipment, Betriebsstoffen, sowie Personalkosten etc. sind bspw. mögliche Einsparpotenziale.

Aus den Algorithmen des Stufenkonzeptes konnte folgende grundlegende Erkenntnis gewonnen werden: Ein nennenswertes Einsparpotenzial besteht für den Rangierdienstleister in der Regel insb. in der Einsparung von Personal. Bisher werden im Rangierbetrieb je Rangiereinheit zwei Mitarbeiter benötigt, ein Rangierbegleiter und ein Triebfahrzeugführer.

Der Triebfahrzeugführer verfügt über eine höherwertige berufliche Qualifikation als ein Rangierbegleiter und trägt die Verantwortung für den Zugbetrieb. Sollte ein fahrerloser Betrieb (Stufe 2) angestrebt werden, müsste ein Rangierbegleiter zunächst höher qualifiziert werden, um eine Fernsteuerung der Lok vornehmen zu dürfen. Hinsichtlich der zusätzlichen Aufgaben handelt es sich dabei im Wesentlichen um die Steuerung der Lok (Gasgeben und Bremsen), sowie um die Kommunikation mit dem Stellwerk und der Disposition. Zudem entstünden lange Wege für den Rangierbegleiter von der Lok zur Spitze und umgedreht, was bei einem 700m Zug zu erheblichen Zeitkosten führen würde. Gleichwohl die Einsparung des Triebfahrzeugführers durch Fernsteuerung von technischer Seite relativ einfach umsetzbar erscheint, lohnt dies aus Sicht des Gutachters nicht. Die Prozesszeiten würden sich aufgrund der langen Wege, die der Rangierbegleiter dann zwischen Lok und ersten Wagen zurücklegen müsste, erheblich erhöhen und stehen damit im Widerspruch zum gewünschten Ergebnis einer Effizienzsteigerung.

Sollte alternativ jedoch der Rangierbegleiter eingespart werden, müssten eine Automatisierung der einzelnen Aufgaben des Rangierbegleiters erfolgen. Diese Aufgaben sind in Relation zum Triebfahrzeugführer äußerst umfangreich und bedeuten eine notwendige Umsetzung zahlreicher Automatisierungstechnologien für den Zugbetrieb (automatische Bremsprobe, automatisches Kuppeln und Entkuppeln, Sensorik beim Schieben etc.). Zwar ließen sich durch die Automatisierung der Funktionen des Rangierbegleiters die Prozesszeiten reduzieren, jedoch stünden diesem Ziel große Investitionen für ein umfangreiches Paket an Automatisierungsmaßnahmen gegenüber, gleichwohl der Rangierbegleiter der geringer qualifizierte Mitarbeiter im Rangierbetrieb ist (geringere Kostenersparnis). Zudem blieben für den Triebfahrzeugführer - wenn alle Tätigkeiten des Rangierbegleiters automatisiert werden würden - nur noch die Aufgaben Gasgeben und Bremsen, sowie die Kommunikation mit Disposition und Stellwerk übrig.

5.2 Paradigmenwechsel zu neuen Automatisierungsstufen

Die Erkenntnis aus Kapitel 5.1 hat zu einem Paradigmenwechsel dahingehend geführt, dass eine Trennung in zwei unterschiedliche Automatisierungsstufen „Fahrerloser Betrieb“ (Stufe 2) und „Unbemannter Betrieb“ (Stufe 3) nicht sinnvoll ist. Vielmehr wird nachfolgend im Hinblick auf einen Umsetzungsplan, die Verwertung der Ergebnisse sowie im H0-Modell im Hinblick auf Automatisierung von einem komplett „Unbemannten Betrieb“ ausgegangen, also einem autonomen Betrieb.

Daher wurden für das Ergebnis des Projektes abweichende Automatisierungsstufen wie folgt gewählt:

5.2.1 Stufe 1: Optimierung/Teilautomatisierung [*ehemals halbautomatisierter Betrieb*]

Umstellung auf den „Stand der Technik“ im Hafen Bremerhaven. Dadurch wird eine flüssige Fahrt gewährleistet, aber die Besatzung bei zwei Personen belassen:

- Eintritt in den ISPS Bereich: Alle Tore werden automatisch geöffnet. Zeitfaktor: Wegfall der Wartezeiten und Verzögerungen für Abbremsen und Beschleunigung
- Querung Individualverkehr: Alle Übergänge werden mit Halbschranken gesichert und automatisch geschaltet. Zeitfaktor: Wegfall der Wartezeiten und Verzögerungen für Abbremsen und Beschleunigung
- Handweiche: Alle Weichen werden automatisch gestellt. Zeitfaktor: Wegfall der Bedienung /Wartezeiten und Verzögerungen für Abbremsen und Beschleunigung

5.2.2 Stufe 2: Unbemannt (autonom) [Zusammenfassung der ehemaligen Stufen „fahrerlos“ und „unbemannt“]

Alle in den Szenarien beschriebenen **Automatisierungsbedarfe** müssten umgesetzt werden, was bei einer Infrastruktur wie in Bremerhaven sicherlich nicht realistisch wäre:

- Einsparung aller Zeitfaktoren aus Stufe 1
- Kuppeln: automatisches Kuppeln mit Verbindung und Trennung aller Komponenten. Zeitfaktoren: Reduzierung von ca. 2 min auf ca. 10 sek. beim Kuppeln und von 1:10 min auf 6 Sek. beim Trennen (Werte abgeleitet aus dem Video „SBB Cargo Automatische Kupplung“ bei Ergänzung durch automatisches Auslösen beim Trennen.

- Vereinfachte Bremsprobe: Direkte Bremsen mit automatischer Sensorik und Ansteuerung. (Frage: Beibehaltung der Luftdruckhauptleitung oder elektrische Bremsanlage) Bei Beibehaltung der Luftdruckhauptleitung Zeitfaktoren: Wegfall Rollprobe plus 1m/sec Rückweg des Rangierbegleiters
- Sensorik beim Schieben: Komplette Steuerung über die Sensorik sowohl beim Ziehen als auch beim Schieben. Zeitfaktoren: Wegfall der Wegzeiten des Rangierbegleiters

5.2.3 Stufe 3: Idealtypischer Hafen (autonom)

Der Hafen wird nur noch von terminalreinen Ganzzügen angefahren. Die Umschlagsanlagen erlauben das Beladen und Entladen von Ganzzügen. Eine Sensorik zur Steuerung muss nur noch auf der Lok und dem letzten Wagen vorhanden sein.

- Einsparung aller Zeitfaktoren aus Stufe 1 und Stufe 2
- Jegliches Trennen und Kuppeln zwischen den Wagen im Rahmen der Rangiertätigkeiten zu den Terminals entfällt
- Umfuhren zwischen den Terminals finden nicht mehr statt.

5.3 Auswirkungen des Paradigmenwechsels auf die Potenziale und Wirkungszusammenhänge der Basisszenarien

Gemäß der zuvor erläuterten Zusammenführung der Automatisierungsstufen fahrerlosen Betrieb und unbemannten Betrieb wirkt sich diese für einen unbemannten/autonomen Betrieb der Rangiertätigkeiten hinsichtlich der Potenziale und Wirkungszusammenhänge wie folgt auf die sieben Basisszenarien aus.

Dabei werden jeweils tabellarisch die Basisszenarien gemäß ihren Besonderheiten beschrieben und die einzelnen Prozessschritte der heutigen Tätigkeiten aufgelistet. Sollten es zu Fehlern im Betriebsablauf kommen, so werden die heutigen Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung in der Tabelle beschrieben.

Dem gegenüber stehen die Prozessschritte eines unbemannten/autonomen Rangierbetriebs. Die dafür benötigten Automatisierungstechnologien und die dabei zu berücksichtigenden rechtlichen Rahmenbedingungen werden ebenfalls tabellarisch dargestellt.

Die sieben Basisszenarien finden als Teilprozesse auch Anwendung in den zuvor definierten Prozessszenarien

- Blockabfertigung Van Carrier,
- Abfertigung Ganzzug mit Krananlage, sowie
- Abfertigung BLG-Rampen.

Tabelle 7 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 01 Kuppeln

Basisszenario 01 Kuppeln					
Besonderheiten	Tätigkeit (Ist)	Fehlerbeseitigung (Ist)	Automatisierung (unbemannt)	Automatisierungstechnik	Anmerkung rechtlicher Rahmenbedingungen
Jede Tätigkeit muss zwischen Lok und Wagen (Ganzzug) bzw. zwischen allen Wagen möglich sein (Zugteilung).	Physische Verbindung zur Kraftübertragung herstellen		Physische Verbindung zur Kraftübertragung herstellen	Automatische Kupplung, z. B. Voith Cargoflex Typ Scharfenberg, Elektrifizierung der Wagen, Verfahren zur eindeutigen Identifizierung und Fernsteuerung der Kupplungen	RiL 408.4813 Tf muss Fahrbereitschaft feststellen RiL 408.4814 Kap. 9 Während der Fahrt entkuppeln
	Verbindung der Bremsanlage und Heiz- und Steuerkupplung	Siehe Basisszenario 02 Vereinfachte Bremsprobe	Verbindung der Bremsanlage und Heiz- und Steuerkupplung		
	Physische Trennung Kraftübertragung		Physische Trennung Kraftübertragung		
	Trennung der Bremsanlage und Heiz- und Steuerkupplung		Trennung der Bremsanlage und Heiz- und Steuerkupplung		

Tabelle 8 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 02 Vereinfachte Bremsprobe

Basisszenario 02 Vereinfachte Bremsprobe					
Besonderheiten	Tätigkeit (Ist)	Fehlerbeseitigung (Ist)	Automatisierung (unbemannt)	Automatisierungstechnik	Anmerkung rechtlicher Rahmenbedingungen
Wenn eine Sensorik den Zustand jeder einzelnen Bremse zeigt, können zwar alle Prüfungen ersetzt werden, die Fehlerbeseitigung muss gelöst werden.	Luftdurchlass prüfen	Ventile korrigieren und lösen	Sensorik pro Bremse, Fehlerbeseitigung einleiten	Indirekte Luftdruckbremse mit Sensoren zur Erkennung der Bremsstellung, Luftdrucksensor, Aktoren für Bremsstellungswechsel an den Wagen. Zugriff der autonomen Systeme auf Steuerung und Daten der Wagenliste	RiL 408.4813, 2 Fahrbereitschaft feststellen RiL 408.4821 Kap. 1 Bremsen RiL 408.4821 Kap. 2 Hemmschuhe RiL 408.4821 Kap. 3 Luftbremskopf RiL 915.0101 Kap. 2 Bremsproberechtigte
	Sichtkontrolle Bremsen	Bremsen lösen			
	Rollprobe einleiten	Bremsen lösen			
	Rollprobe bestätigen				

Tabelle 9 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 03 Sensorik beim Schieben

Basisszenario 03 Sensorik beim Schieben					
Besonderheiten	Tätigkeit (Ist)	Fehlerbeseitigung (Ist)	Automatisierung (unbemannt)	Automatisierungstechnik	Anmerkung rechtlicher Rahmenbedingungen
Sensorik muss am ersten Wagen verfügbar sein	Auffahren auf ein Hindernis (z.B. Auffahren auf Wagengruppe, Prellbock usw.)		Annäherung über Sensorik	Zusätzliche Sensorik an der Spitze mittels Haftmodulen mit Kamerasystem und Lasersensorik (Lidar). Systeme für autonomen Fahrbetrieb: Automatische Zugsicherung (ATP), Automatische Zugoperation (ATO) und Automatische Zugsteuerung (ATC).	§45 EBO Alle arbeitenden (fahrenden) Triebfahrzeuge sind mit Triebfahrzeugführern zu besetzen. RiL 408.4811 Kap. 1 Aufgabenverteilung Rangierarbeiten/-fahrten RiL 408.4813 Kap. 1 Verständigen (Kommunikation) RiL 408.4802 Kap. 2 Tätigkeiten übertragen oder von anderen ständig verrichten
Bei "Fahrt per Hand" akustische Übermittlung der Abstände	Mitteilung Stellung der Weichen	Fahrt unterbrechen bis Weichen richtig gestellt	Weichenstellung überprüfen, Fahrt unterbrechen, Fehlerbeseitigung einleiten		
	Mitteilung Status der Signalzeichen	Fahrt unterbrechen bis Signal Weiterfahrt erlaubt	Signal überprüfen, Fahrt unterbrechen, Fehlerbeseitigung einleiten		
	Mitteilung über den Zustand der Tore	Fahrt unterbrechen bis Tor vollständig geöffnet	Lichtraumprofil überprüfen, Fahrt unterbrechen, Fehlerbeseitigung einleiten		
	Mitteilung Hindernis im Gleisbett	Fahrt unterbrechen bis Hindernis beseitigt	Lichtraumprofil überprüfen, Fahrt unterbrechen, Fehlerbeseitigung einleiten		

Tabelle 10 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 04 Handweiche

Basisszenario 04 Handweiche					
Besonderheiten	Tätigkeit (Ist)	Fehlerbeseitigung (Ist)	Automatisierung (unbemannt)	Automatisierungstechnik	Anmerkung rechtlicher Rahmenbedingungen
	Prüfung der Weiche auf gewünschte Fahrtrichtung	Verlassen der Lok, Weiche umlegen, Überfahrt der Weiche, Weiche auf Grundstellung	Weichen automatisieren	Ferngestellte Weiche. Prüfung der Weichenstellung durch ortsfeste Sensorik und optische Erfassung mittels am Zug befestigten Sensoren.	RiL 408.4802 Kap. 2 Tätigkeiten übertragen oder von anderen ständig verrichten RiL 408.0131 Grundstellung Weichen

Tabelle 11 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 05 Container nicht im Zapfen

Basisszenario 05 Container nicht im Zapfen					
Besonderheiten	Tätigkeit (Ist)	Fehlerbeseitigung (Ist)	Automatisierung (unbemannt)	Automatisierungstechnik	Anmerkung rechtlicher Rahmenbedingungen
Prüfung findet im Rahmen der vereinfachten Bremsprobe in allen Terminals statt. Bei Autoterminals findet eine äquivalente Prüfung und Fehlerbehebung statt. Prüfung ist notwendig für die Freigabe der Rangierfahrt.	Prüfung auf korrekte Verladung und Zustand aller Container durch Rangierbegleiter	Meldung an das Terminal, Fehlerbeseitigung abwarten	Fehlererkennung durch Sensorik, Meldung an an das Terminal, Fehlerbeseitigung abwarten	Ortsfeste Kombination aus Kamerasystem und Laser-Distanzmessung zur Feststellung der Spaltmaße und Schiefelage der Container am Terminal	RiL 408.4811 Feststellen und melden von Unregelmäßigkeiten OeRil, 3 Auftragsabwicklung (Übernahme, Zuführen/Abholen)

Tabelle 12 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 06 Eintritt in den ISPS-Bereich

Basisszenario 06 Eintritt in den ISPS Bereich					
Besonderheiten	Tätigkeit (Ist)	Fehlerbeseitigung (Ist)	Automatisierung (unbemannt)	Automatisierungstechnik	Anmerkung rechtlicher Rahmenbedingungen
Keine speziellen Tätigkeiten des Rangierbegleiters				Automatisches Torsystem mit Empfänger, Sensorik und Stellmotor, Verbindung zur Automatischen Zugsteuerung (ATC)	Bremisches Hafensicherheitsgesetz OeRil Bremerhaven

Tabelle 13 Potenziale und Wirkungszusammenhänge - Basisszenario 07 Querung Individualverkehr

Basisszenario 07 Querung Individualverkehr					
Besonderheiten	Tätigkeit (Ist)	Fehlerbeseitigung (Ist)	Automatisierung (unbemannt)	Automatisierungstechnik	Anmerkung rechtlicher Rahmenbedingungen
Querung Individualverkehr teilweise mit handbedientem Andreaskreuz	Zug vor Überfahrt verlassen, Blinklicht am Andreaskreuz schalten, Stillstand Individualverkehr feststellen und Überfahrt freigeben, nach Überfahrt Blinklicht des Andreaskreuzes ausschalten, Straße queren und auf Zug aufsteigen		Einführung von automatischen Halbschranken	Einsatz einer zugbedienten, fernüberwachten Schrankenanlage; Verbindung zur Automatischen Zugsteuerung (ATC) sowie im Störfall zu einer Leitwarte	Ril 815 - Bahnübergänge planen und instandhalten Anweisung für die Bedienung CT 2/3, 1.4 Bahnübergänge: OeRil Bremerhaven 1.7 Bahnübergänge

6 Simulation der konzipierten Prozesse

6.1 Simulationsvorhaben

Das Arbeitspaket (AP) 3 beinhaltet die Simulation der konzipierten Prozesse im Projekt und wird vom Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb (IVE) durchgeführt. Ziel ist es dabei, die Inputdaten aller Projektpartner in ein Simulationsmodell zu übertragen. Innerhalb des Modells sollen die möglichen Vorteile einer Automatisierung herausgearbeitet werden, um im weiteren Projektverlauf Grunddaten und Anhaltspunkte beispielsweise für eine weitere Betrachtung und Nutzen-Kosten-Rechnung vorliegen zu haben.

Für die Bearbeitung wurde die Software RailSys der Firma Rail Management Consultants GmbH (rmcon) genutzt. Dabei stehen dem Nutzer für die Umsetzung der Ziele verschiedene Systemkomponenten zur Verfügung. Mit RailSys werden verschiedene Aufgaben abgedeckt, von der Anmeldung über die Planung und Disposition bis zur Informationsausgabe und zum Controlling.²⁶

Im Projekt Rang-E wurden die Ziele für das Arbeitspaket 3 wie folgt definiert:

- Aufbau eines Simulationsmodells unter Berücksichtigung der in AP 2 definierten Randbedingungen (einzusetzende Technologie etc.),
- Simulation des Hafenbahnbetriebs zur Feststellung des erzielbaren Optimierungspotenzials für die in AP 2 erarbeiteten Stufen,
- Validierung und Verifizierung des Modells.

6.2 Simulationsansatz

Im Zuge der Projektarbeit war angedacht einen Fahrplan der Rangiertätigkeiten im Hafengebiet Bremerhaven abzubilden, in das Modell einzupflegen und anschließend auch zu simulieren. Anhand des Fahrplans sollten in erster Linie Zeitwerte für einzelne Handlungen und Fahrtabschnitte für den Istzustand im Modell erarbeitet und mit den Ist-Daten abgeglichen werden. Mit den validierten Werten sind dann für die Zukunft, die die mögliche Automatisierung und die bisher erstellten Stufen (Szenarien) aus dem AP 2 abbildet, einzelne Zeitanteile zu optimieren oder anzupassen. Beispielsweise ist das Befahren von elektrisch gestellten Weichen, die schon vor Ankunft des Zuges durch das Stellwerk im Zuge der automatischen Fahrstraßenbildung gestellt werden, zu untersuchen. Als Folge entfällt Halt der Rangiereinheit vor der Weiche.

Im Rahmen der ersten Überlegungen zeigte sich, dass der generelle Vorteil einer Automatisierung darin zu sehen ist, dass eine durchgehende Fahrt der Rangierlok mit

²⁶ Quelle: www.rmcon.de/railsys/

bzw. ohne Waggons ohne Halt vor Bahnübergängen, Weichen oder anderen Gefahren- oder Kreuzungspunkten möglich wird.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Entwicklung der Simulation und den Aufbau der Infrastruktur. Abbildung 63 zeigt den Hafen Bremerhaven in einer stark vereinfachten Übersicht mit den wichtigen Bereichen und grundsätzlichen Verbindungen, unabhängig der genauen Weichenlage oder Anzahl der vorhandenen Gleise. Die schwarzen Linien stellen Gleisinfrastruktur im Besitz der Deutschen Bahn (DB), die schwarz gestrichelten Linien im Besitz der Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser (EVB) dar. Die Containerterminals sind hellblau eingefärbt. Die Rampen für die Autoverladung sind rosa dargestellt und die grünen Bereiche sind Bahnhöfe (Bf), Bahnhofsteile (Bft) und sogenannte Vorstellgruppen (Vsg).

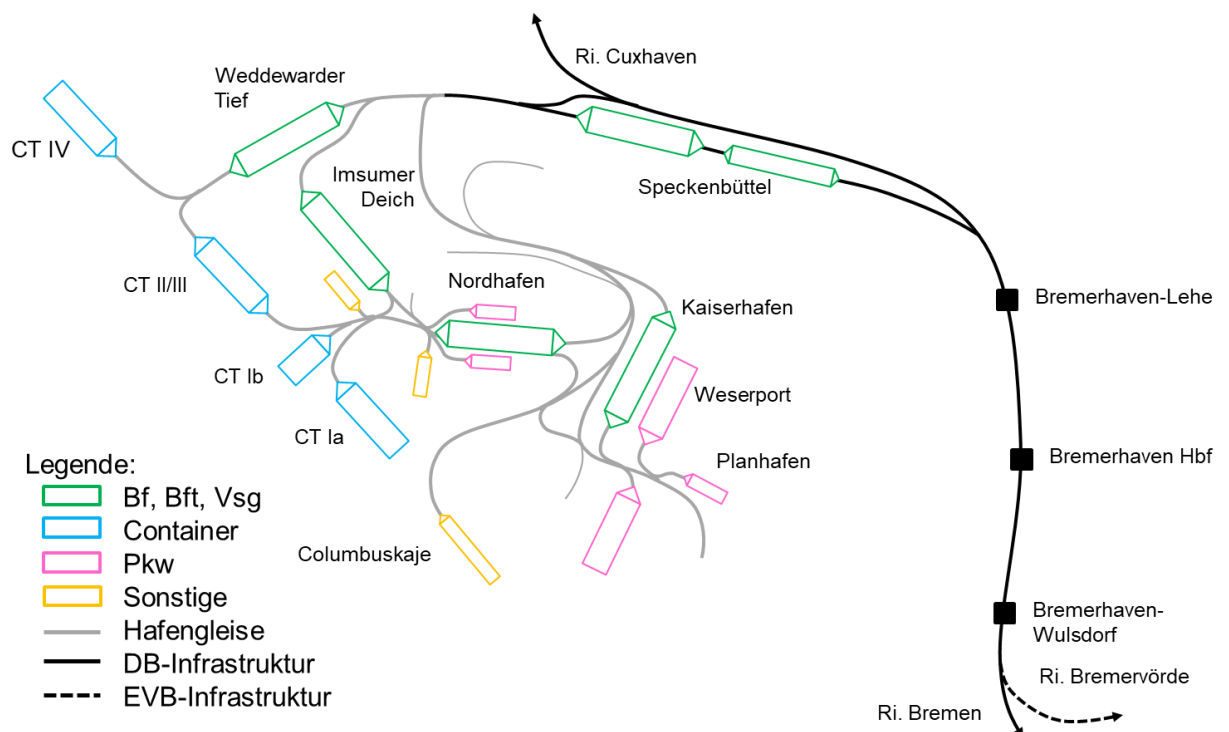


Abbildung 63 Stark vereinfachte Darstellung des Untersuchungsraums Bremerhaven.²⁷

Die Abbildung 64 zeigt exemplarisch, wie im nächsten Schritt die Infrastruktur des Hafens in RailSys modelliert wird. Alle Weichenverbindungen und Gleise sind detailliert mit den jeweiligen Längen, zulässigen Geschwindigkeiten und weiteren Eigenschaften eingepflegt. Außerdem ist zur besseren Übersicht die Infrastruktur mit einer Karte (Google Maps Satellitenbild) hinterlegt.

²⁷ Quelle: IVE, RailSys

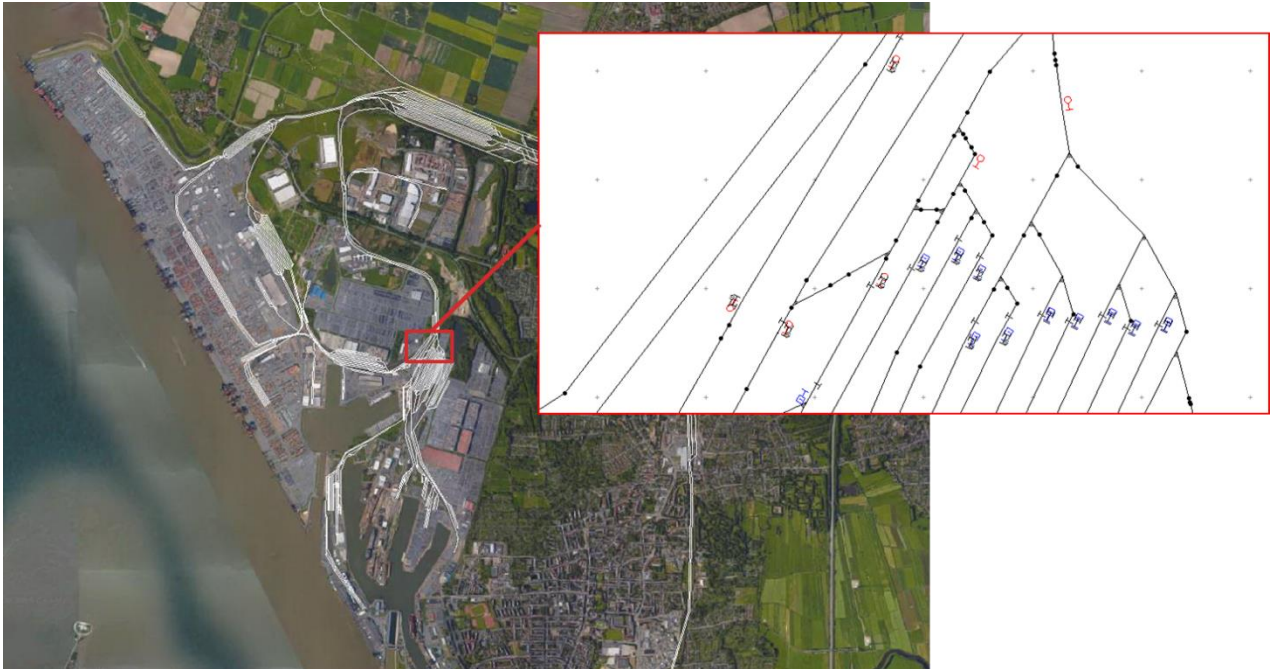


Abbildung 64 Hafen Bremerhaven mit hinterlegtem Satellitenbild.²⁸

Abbildung 65 und die Abbildung 66 zeigen zwei Detailansichten des Hafens. Jeweils auf der linken Seite sind Ausschnitte aus dem Gleisplan Bremerhavens, der als Grundlage für die Erstellung der Infrastruktur diente. Auf der jeweils rechten Seite sind die entsprechenden Ausschnitte aus dem Infrastrukturmanager in RailSys dargestellt. Deutlich sind die entsprechenden Gleise und Weichenverbindungen zu erkennen.



Abbildung 65 Ausschnitt des Containerterminals 1 und Teile des Nordhafens.²⁹

Insbesondere in Abbildung 66 sind weitere Infrastrukturdetails zu erkennen, wie beispielsweise Haltetafeln (Güterverkehr), Rangiersignale, Fahrzeitmesspunkte, Gleis-

²⁸ Quelle: Gleisplan Bremerhaven, Google Maps und RailSys

²⁹ Quelle: Gleisplan Bremerhaven, Google Maps und RailSys

freimelder, Rangierhalttafeln und die grobe Andeutung der Straßenquerung Senator-Borttscheller-Straße (Bahnübergang) mit den Ein- und Ausschaltpunkten.



Abbildung 66 Gleisdreieck am Gebäude des Fahrdienstleiters und Bahnübergang Senator-Borttscheller-Straße³⁰

Der besondere Fall eines Containerterminals (CT) und dessen Abstellung ist in Abbildung 67 dargestellt. In diesem CT sind nach bestimmten Abständen deutlich erkennbare Durchfahrten für die Van Carrier freizuhalten. Diese Durchfahrten sind in der Infrastruktur schwer umzusetzen und im weiteren Verlauf eine Hürde der Simulation, auf dessen Lösungsansatz später eingegangen wird.

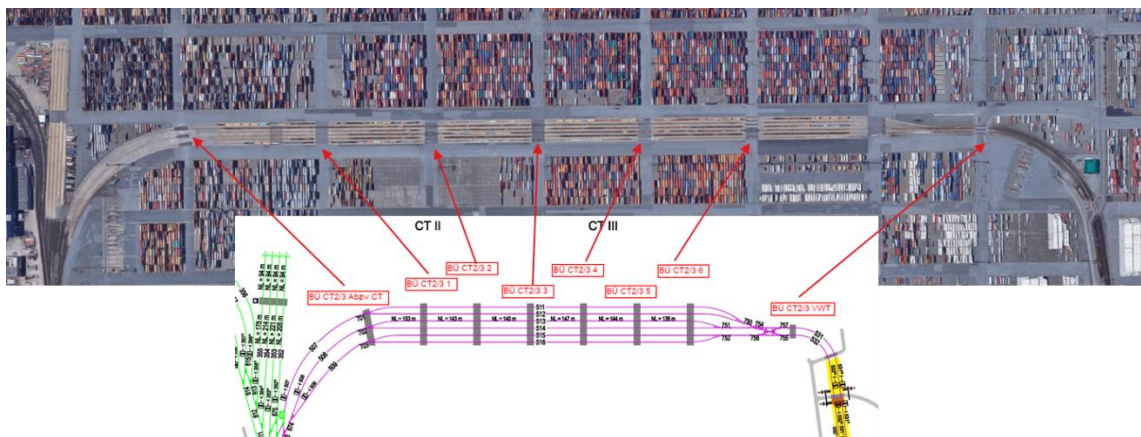


Abbildung 67 Detailansicht der Blockabstellung im CT II und III.³¹

³⁰ Quelle: Gleisplan Bremerhaven, Google Maps und RailSys

³¹ Quelle: Gleisplan Bremerhaven,
<https://www.google.de/maps/@53.5847691,8.5359814,918a,35y,241.31h/data=!3m1!1e3>

Rangiertätigkeiten werden generell im ad-hoc-Prinzip gefahren bzw. sind mit nur wenigen Stunden Vorlauf die Anmeldungen für eintreffende oder abfahrende Züge möglich. Da es für den Rangierbetrieb keinen *festen* Fahrplan, sondern nur einen Rangierplan gibt, wurde seitens des IVE vorgeschlagen, keinen gesamten Fahrplan zu simulieren. Ein erstellter Fahrplan wäre eine Art Modellfahrplan, ohne dass den Modellzügen bestimmte Fahrlagen zugeordnet werden können. Dieses würde sich vor allem in der Simulation auf die Zugbeziehungen untereinander auswirken und keine belastbaren Ergebnisse hervorbringen. Mit dieser Erkenntnis richtete sich der Fokus der Simulation auf Modellzüge, die die wichtigsten Fahrtrationen abbilden. Von den einzelnen Fahrten können im Untersuchungsverlauf weitere Erkenntnisse und Berechnungen abgeleitet werden.

Im Folgenden wird der Simulationsanteil als eine sogenannte Fahrzeitenberechnung durchgeführt. Durch diese Fahrzeitenberechnung der gezielten Rangierfahrten zwischen den im Projekt entwickelten wichtigen Rangierbeziehungen (Bahnhofsteile und Ladestellen/Terminals) im Hafen, lassen sich Einsparungen, Zeitwerte für Handlungen, Fahrtanteile und Kosten für entsprechende Szenarien und Zeiträume berechnen und vergleichen.

Die Musterzüge wurden unter der Annahme erstellt, dass diese Ganzzüge 700 m lang sind und diese vollständig in den Bereitstellungsgleisen (überwiegend Imsumer Deich oder Weddewarder Tief) für Rangierarbeiten stehen. Darunter ist weiter zu verstehen, dass die Streckenlok bereits abgekuppelt ist und die Erfassung der Fahrzeitenberechnung mit dem Arbeitsschritt „Rangierlok kuppelt an Rangiereinheit an“ beginnt.

Die erstellten Musterzüge bedienen dabei die Containerterminals (CT) II, III und IV. Weitere Musterzüge bilden die Bedienung der BLG-Rampen ab. Auf diese Weise kann das vom ISL umgesetzte Rangiermodell im Rechner nachgebildet werden. Der Musterzug mit dem allgemeinen Ziel BLG-Rampen bezieht sich exemplarisch auf die BMW-Rampe, wie es auch in der Dokumentation und Videoaufzeichnung des ISL erfasst wurde. Hier entsteht eine Vergleichbarkeit der Simulation, der Videoaufnahme und des späteren Modells. Weitere Daten können durch die Berechnungen ermittelt werden.

In der untenstehenden Abbildung 68 ist ein Ausschnitt der in RailSys hinterlegten Infrastruktur Bremerhavens zu sehen. In orange ist eine Rangierstraße für eine Simulation der oben erwähnten Modellzüge eingestellt. Die Rangierlok schiebt eine Wagengruppe aus der Vorstellgruppe Imsumer Deich (links) über verschiedene Weichenverbindungen nach Gleis 321 im Bft Nordhafen (rechts).

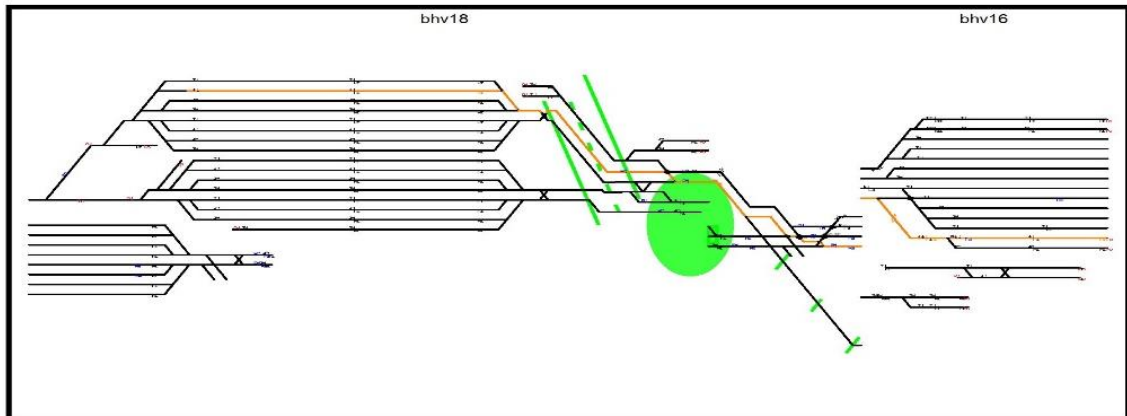


Abbildung 68 Infrastrukturbild für eine Rangierfahrt aus der Vorstellgruppe Imsmer Deich zur BMW-Rampe.³²

In der Abbildung 69 ist für den eben beschriebenen Rangiervorgang eine sogenannte Sperrzeitentreppe aufgeführt. Jeweils links und rechts sind an der Ordinate die zeitlichen Abstände aufgeführt. Die Abszisse stellt den Fahrtverlauf über die verschiedenen Betriebsstellen (als Abkürzungen aufgeführt) dar. Die sich daraus ergebende Weg-Zeit-Linie stellt Bereiche der kontinuierlichen Fahrt (schräger Linienvorlauf) und Bereiche sehr langsamer Fahrt oder Stillstand (nahezu senkrechte Abschnitte) dar. Die gelb eingefärbten Kästen der jeweiligen Blöcke zeigen die Belegung der Strecke bzw. des Blocks an. Daraus ergibt sich die klassische, treppenförmige Darstellung der Belegung der Fahrstraße für diese Rangierfahrt.

³² Quelle: RailSys

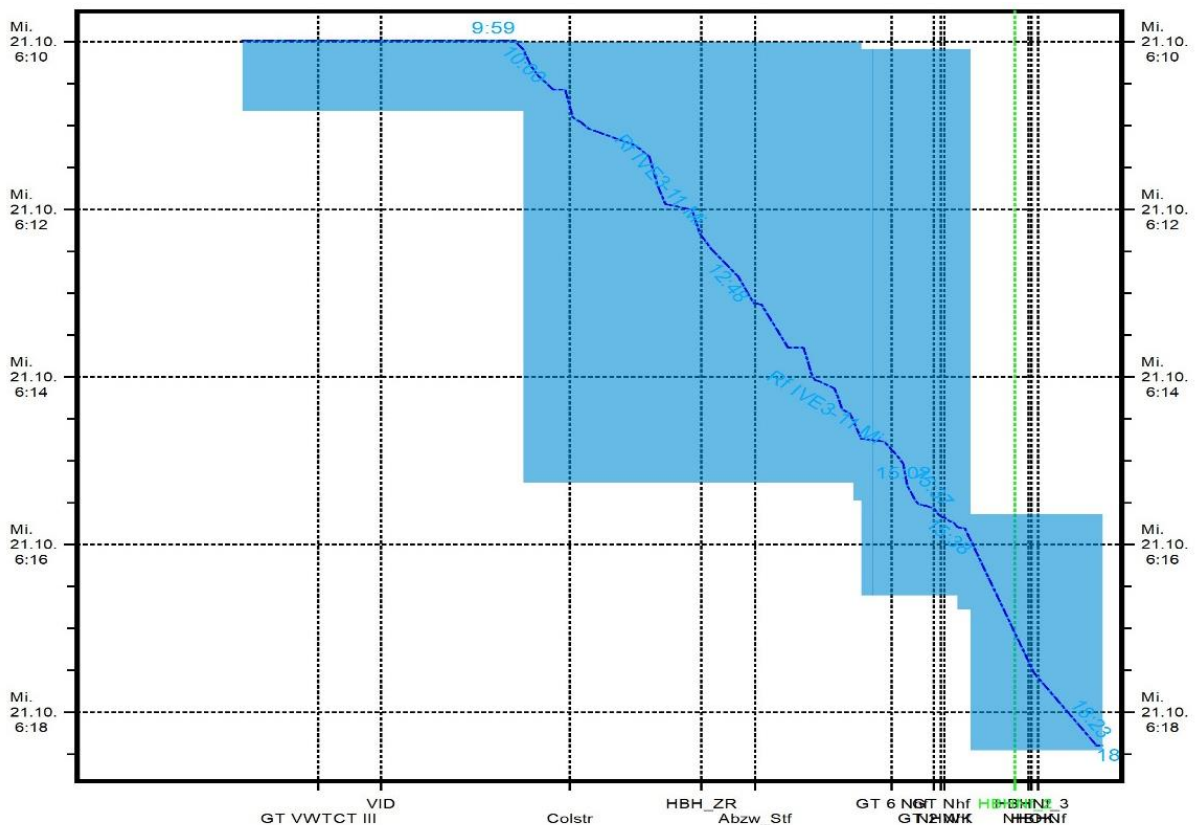


Abbildung 69 Sperrzeitentreppe einer Rangierfahrt aus der Vorstellgruppe Imsumer Deich zur BMW-Rampe.³³

6.3 Vorgehen innerhalb der Fahrzeitenberechnung

Für die Fahrzeitenberechnung wurde jeder Arbeitsschritt einer Rangierfahrt tabellarisch erfasst und kurz beschrieben. Diese einzelnen Handlungsschritte sind jeweils einem übergeordneten Prozess (Halt, Laufen, Warten, etc.) zugeordnet. Zum Beispiel wird das auf- und absteigen des Rangierbegleiters von der Lokomotive oder des vordersten Wagens dem übergeordneten Prozess „Steigen“ zugeordnet. Durch diese übergeordnete Ebene ist eine einfache Verknüpfung des detaillierten Arbeitsschrittes mit allgemeinen, sich wiederholenden Zeitwerten möglich. In einer weiteren Spalte sind die Gleise und Weichenverbindungen aufgeführt, um die Fahrt auf dem Gleisplan nachvollziehen zu können. Jedem Arbeitsschritt werden über die übergeordneten Prozesse einzelne Zeitwerte zugeordnet und über die Summe wird der Zeitbedarf der jeweiligen Automatisierungsstufe ermittelt. Die Werte sind in der beigefügten Excel-Tabelle in Sekunden [s] angegeben. Die Zeitwerte wurden zuerst aus der Videoaufzeichnung vom ISL ermittelt, im zweiten Schritt aus bestehenden Erkenntnissen berechnet und im dritten Schritt aus Mitfahrten und Mitschriften des IVE entnommen. Die zu Grunde ge-

³³ Quelle: RailSys

legten Zeitwerte sind im Abschnitt *Berücksichtigte Zeitwerte in den Simulationen* aufgeführt.

Für die einzelnen Modellfahrten ist das Containerterminal (CT) 1 mit dem CT 2 gleichzusetzten, trotz des Unterschieds, dass CT 1 keine Ganzzüge abfertigen kann. In beiden Bereichen ist gleichermaßen eine Blockabstellung vorgesehen. Aus diesem Grund sind nur Modellfahrten nach CT 2 in der Untersuchung berücksichtigt.

6.4 Fahrzeitenberechnung und Erkenntnisse aus der Simulation

Die ursprüngliche Idee, den gesamten Projektinhalt, das heißt die Simulation des heutigen Hafenbetriebs sowie die Effekte der möglichen Automatisierungsschritte in Rail-Sys abzubilden, zeigte teilweise von der Ist-Aufnahme abweichende Ergebnisse. Rail-Sys ist ein Programm zur Entwicklung und Abbildung eines signaltechnisch gesicherten Betriebsablaufes, hierfür sind die Algorithmen ausgelegt. Wie oben bereits beschrieben, wird der Rangierbetrieb jedoch als ein ad-hoc Verkehr durchgeführt, bei dem in vielen Bereichen nicht signaltechnisch gesichert, sondern „auf Sicht“ gefahren wird. Somit lässt sich der Rangierbetrieb schlechter im Modell abbilden, als Zugfahrten, die auf Signal durchgeführt werden. Es wurde erkannt, dass eine Simulation unter den Randbedingungen des „auf Sicht fahren“ nur schwer vergleichbare Ergebnisse generieren kann.

Als Beispiel ist das mehrmalige Kuppeln und Flügeln der Rangiereinheiten zu nennen. Diese Vorgänge gibt es bei dem sonstigen Bahnbetrieb nicht. Auch das Abstellen einzelner Wagen geschieht im Rangierbetrieb jeden Tag in anderer Weise, sodass keine allgemeingültigen Regeln aufgestellt werden können. Die Blockabstellung in den Containerterminals ist eine Besonderheit in Bremerhaven, da Überwege und Durchfahrten für die VanCarrier freizuhalten sind. Für ein Rechenmodell müssten hier einzelne Betriebsstellen definiert werden, damit die Wagen dort halten oder abgestellt werden können. Es ist planerisch im Modell möglich einen ganzen Zug mehrmals zu teilen oder die einzeln abgestellten Wagengruppen mit einem Triebfahrzeug zu einer Einheit zu verknüpfen. Eine auf Algorithmen basierende Simulation, die auch auf weitere Aktionen in anderen Hafenbereichen reagieren muss, konnte für solche Spezialfälle noch keine befriedigende Lösung liefern. Eine Simulation des Betriebsablaufes im Rangierdienst mit Störungen und gegenseitigen Behinderungen liefert bisher keine validen Ergebnisse, wie sie aus dem fahrplanbasierten Eisenbahnbetrieb bekannt sind. Dies ist auch darin begründet, dass der Betriebsablauf durch täglich andere Zug- und Rangierfahrten sich nur bedingt verallgemeinern lässt. Dies unterscheidet den Betrieb eines Hafens deutlich vom regelbasierten Bahnbetrieb auf Strecken und Bahnhöfen.

Die Warte- und Haltezeiten, die für die Tätigkeiten des Rangierbegleiters nötig sind, können als Haltezeitzuschläge für den einzelnen Zug abgebildet werden. Vor allem Kuppelvorgänge oder andere Handlungen des jetzigen Personals werden gemäß der Definition im folgenden Kapitel aufgeschlüsselt.

6.5 Definition der Automatisierungsstufen

In der erstellten Tabelle der Fahrzeitenberechnung werden drei Stufen der Automatisierung aufgeführt (Anhang 2-12). Diese sind im Projekt schon definiert worden. Im Folgenden sind die im Projekt erarbeiteten und weiterverfolgten Stufen der Automatisierung mit Bezug auf die Tätigkeiten im Projekt bzw. auch im Rangierdienst aufgeführt:

- Stufe 0: Status Quo „Heutiger Zustand“

Der Rangierbetrieb wird konventionell durchgeführt, d.h. es findet keine Überwachung der Handlungen des Triebfahrzeugführers statt. Der Fahrer fährt selbstständig und übernimmt außerdem weitere Aufgaben. Ein Rangierbegleiter ist immer dabei und befindet sich bei geschobenen Fahrten an der Zugspitze. Dort nimmt er die Sicht auf die Strecke wahr und gibt über eine Funkverbindung dem Triebfahrzeugführer Hinweise zum freien Fahrweg. Außerdem ist der Rangierbegleiter für Kupplungsvorgänge, das Sichern der Bahnübergänge sowie Öffnen und Schließen der Gleistore zuständig.
- Stufe 1 „Optimierung/Teilautomatisierung“

Optimierung der bisherigen Abläufe: Zeitersparnis, Sicherheits- und Leistungsfähigkeitssteigerungen ohne dabei jedoch den Personaleinsatz zu reduzieren (Umstellung auf den „Stand der Technik“ im Hafen Bremerhaven). Durch diese Maßnahmen wird eine flüssige Fahrt gewährleistet. Der Fahrer überwacht die Fahrt. Der Rangierbegleiter ist weiterhin für Kupplungsvorgänge, das Sichern der Bahnübergänge sowie Öffnen und Schließen der Gleistore zuständig.

 - Eintritt in den ISPS Bereich: Alle Tore werden automatisch geöffnet. Zeitfaktor: Wegfall der Wartezeiten und der Verzögerungen für Abbremsen und Beschleunigung
 - Querung Individualverkehr: Alle Übergänge werden mit Halbschranken gesichert und automatisch geschlossen. Zeitfaktor: Wegfall der Wartezeiten und der Verzögerungen für Abbremsen und Beschleunigung
 - Handweiche: Alle Weichen werden elektrisch ferngestellt gestellt. Zeitfaktor: Wegfall der Bedienung/Wartezeiten und der Verzögerungen für Abbremsen und Beschleunigung
- Stufe 2 „unbemannter (autonomer) Betrieb“

Alle in den Szenarien beschriebenen Automatisierungsbedarfe müssten umgesetzt werden, was bei der vorhandenen Infrastruktur in Bremerhaven sicherlich nicht realistisch wäre. Sämtliche manuelle Tätigkeiten des Rangierbegleiters werden automatisiert oder ersetzt, zusätzliche Sensorik auf der Lok oder an der Spitze einer Rangiereinheit übernimmt die Aufgaben beispielsweise beim Schieben. Weitere Aufgaben von Tf („Fahren“ + Kommunikation) sind zu automatisieren. Als Folge der Automatisierung entfällt in dieser Stufe dann auch der Triebfahrzeugführer und es ist von einem fahrerlo-

- sen/autonomen Betrieb zu sprechen, weil sich keine Personen am oder auf dem Zug befinden. Einen Rangierbeleiter nach heutiger Definition gibt es nicht mehr. Alle Aufgaben werden zentral von einer Steuerungstechnik durchgeführt und kontrolliert.
- Einsparung aller Zeitfaktoren aus Stufe 1
 - Kuppeln: automatisches Kuppeln mit Verbindung und Trennung aller Komponenten. Zeitfaktoren: Reduzierung von ca. 2:00 Minuten auf ca. 10 Sekunden beim Kuppeln und von 1:10 Minute auf 6 Sekunden beim Trennen (Werte abgeleitet aus dem Video „SBB Cargo Automatische Kupplung“) bei Ergänzung durch automatisches Auslösen der Bremsen beim Trennen.
 - Vereinfachte Bremsprobe: Bremsen mit automatischer Sensorik und Ansteuerung. Beibehaltung der Hauptluftleitung. Bei Beibehaltung der Hauptluftleitung Zeitfaktoren: Wegfall Rollprobe plus 1m/sec Rückweg des Rangierbegleiters
 - Sensorik beim Schieben: Komplette Steuerung über die Sensorik sowohl beim Ziehen als auch beim Schieben. Zeitfaktoren: Wegfall der Wegzeiten des Rangierbegleiters
- Stufe 3 „Idealtypischer Hafen“ (autonom, in Excel Zeitbedarf Stufe 3)

Der Hafen wird nur noch von terminalreinen Ganzzügen angefahren. Die Umschlagsanlagen erlauben das Beladen und Entladen von Ganzzügen. Eine Sensorik zur Steuerung muss nur noch auf der Lok und dem letzten Wagen vorhanden sein.

 - Einsparung aller Zeitfaktoren aus Stufe 1 und Stufe 2
 - Jegliches Trennen und Kuppeln zwischen den Wagen im Rahmen der Rangiertätigkeiten zu den Terminals entfällt
 - Umfahrten zwischen den Terminals finden nicht mehr statt.
 - Umsetzung dieses Konzeptes → hoher Automatisierungsgrad
 - unter Berücksichtigung der identifizierten technologischen Entwicklungspotenziale in Bremerhaven infrastrukturell schwer vorstellbar
 - Wichtiger Beitrag für Planung eines neuen Hafens (AP 6.3)

Dieser Vorschlag eines idealtypischen Hafens ist als ein Ergebnis des Projektes zu betrachten. Mit diesem neuen Ansatz wird das ursprüngliche Stufenkonzept vom Beginn des Projektes weiterentwickelt.

6.6 Berücksichtigte Zeitwerte in den Simulationen

In der folgenden Tabelle sind alle die Modellfahrten betreffenden, ermittelten, erfassten und angenommenen Zeitwerte (in Sekunden) für die Simulation aufgeführt. Die Zeitwerte der Spalte *Status Quo* sind überwiegend übernommen aus den Videos und

Zeitmessungen des ISL. Für die Stufe 1 wurden Modernisierungen und Verbesserungen auf den Stand der Technik angenommen. Dazu zählen bspw. automatische Bahnübergangsanlagen, wodurch einerseits ein Halt des Zuges vermieden wird und andererseits sämtliche im Zuge der Aktivierung eines BÜs notwendigen Handlungen durch den Rangierbegleiter entfallen. Für diesen Fall ist also ein veränderter Zeitbedarf anzunehmen. Darüber hinaus sind durch die bessere Zusammenarbeit von Disponent, Fahrdienstleitern und Triebfahrzeugführern aufgrund von digitaler Aufrüstung in Stufe 1 weitere Zeitgewinne möglich, die aktuell nicht genau quantifiziert werden können.

In der *Stufe 2* wird vom fahrerlosen Betrieb ohne Personal ausgegangen. Beispielsweise zieht eine automatische Kupplung und automatische Verknüpfung der Bremsleitung große Einsparungen nach sich. Für den idealtypischen Hafen in *Stufe 3* sind weitere Optimierungen zu erwarten, die wie oben bereits erwähnt nicht quantitativ abgeschätzt werden können.

Tabelle 14 Ermittelte und angenommene Zeitwerte in der Simulation der Modellzüge über die verschiedenen Stufen³⁴

Prozess Zeitwerte in [s]	Zeitbedarf Status Quo	Zeitbedarf Stufe 1	Zeitbedarf Stufe 2	Zeitbedarf Stufe 3
Abkuppeln	120	120	6	6
Ankuppeln	120	120	10	10
Bremsprobe	180	180	120	120
BÜ - aktivieren	30	0	0	0
BÜ - deaktivieren	30	0	0	0
Fahrt	individuell, RailSys	individuell, RailSys	individuell, RailSys	individuell, RailSys
Halt	individuell	individuell	individuell	individuell
Laufen	individuell, 1 m/s	individuell, 1 m/s	0	0
Sichtprüfung	individuell, 0,5 m/s	individuell, 0,5 m/s	0	0
Warten auf Fahrtbegriff	700	700	350	0
Stand	individuell	individuell	individuell	individuell
Steigen	30	30	0	0

Die Vorgänge *Fahrt*, *Halt* und *Stand* sind jeweils entsprechend der Strecke bzw. des Halteorts individuell zu ergänzen. Auch für diese Ergänzungen ist eine Aussage oder Abschätzung schwieriger, je höher die Stufe der Automatisierung ist. Die Vorgänge *Laufen* und *Sichtprüfung* sind individuell an die Länge der Rangiereinheit anzupassen. Für diese Wegstrecken sind jedoch unterschiedliche Geschwindigkeiten angesetzt

³⁴ Eigene Darstellung

worden, da in der Sichtprüfung und dem langsamen Vorbeischreiten am Zug die Prüfung der korrekten Beladung und Verankerung für die Fahrt inbegriffen ist.

6.7 Ergebnis der Fahrzeitenberechnung

Das Ergebnis der Fahrzeitenberechnung durch das IVE ist in der beigefügten Excel-Tabelle detailliert aufgeführt (Anhang Seite 2 bis 12). In der Tabelle sind die einzelnen Modellfahrten in die jeweiligen CT's und zu den BLG-Rampen Schritt für Schritt abgebildet. Jeder Schritt wurde mit den zuvor angenommenen Zeitanteilen berücksichtigt und eingepflegt. Die einzelnen (variablen) Fahrtanteile wurden durch die abschnittsweise Modellierung exakt ermittelt, sodass realitätsnahe Anfahr- und Verzögerungskurven der Rangierabteilungen berücksichtigt sind. Anhand der einzelnen Zeitanteile kann für die folgende, federführend durch das Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) vorangetriebene, Nutzen-Kosten-Rechnung ein sehr detailreiches Bild erstellt werden. Die einzelnen Positionen können dementsprechend sowohl für eine Fahrt als auch durch eine Hochrechnung für eine Schicht oder andere Zeiträume berechnet werden.

Für den Status 3, der einer Idee des Idealtypischen Hafens entspricht, in dem nur Ganzzüge abgefertigt werden, sind weitere Optimierungen zu erwarten, die aus aktueller Sicht nicht näher quantifiziert werden können. Vor allem durch die verbesserte Planung und Bedienung der Terminals mit Ganzzügen fallen viele kleinere Rangieraufträge und -fahrten weg. Durch den Wegfall dieser Fahrten ist im gesamten Hafengebiet mit einer höheren Zuverlässigkeit oder gesteigerten Leistungsfähigkeit zu rechnen, weil freie Strecken und Trassen genutzt werden können bzw. andere stattfindende Fahrten nicht einschränken oder behindern. Eine belastbare Abschätzung der Wirkungen ist seriös nicht machbar, da viele einzelne Randbedingungen noch nicht abgeschätzt werden können. So ist beispielsweise bisher keine automatische Kupplung für den freizügigen Einsatz zugelassen.

6.8 Allgemein offene Fragen und weiteres Vorgehen

- Für das IVE besteht weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich zeitlich belastbarer Annahmen, wie beispielsweise Kupplungsvorgänge in den Automatisierungsstufen 1, 2 und 3 zu bewerten sind.
- Fahrzeiten für die Automatisierungsstufen 1, 2 und 3 sind im Nachgang zu berechnen, da das Verzögern und wieder Anfahren an Bahnübergängen und Gleistoren mit Zunahme der Modernisierung und Automatisierung wegfällt
- Hinsichtlich der Standzeiten im Automatisierungsfall besteht ebenfalls ein weiterer Forschungsbedarf (individuelle Zeitanteile)

7 Kosten-Nutzen-Betrachtungen

Neben den Auswirkungen von Automatisierung auf der organisatorischen und technologischen Ebene des Hafeneisenbahnbetriebs, stellt auch die Betrachtung wettbewerblicher Potenziale einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt von Rang-E dar. Die hierzu notwendige, ökonomische Bewertung umfasst dabei nicht nur qualitative Dimensionen wie Qualität und Zuverlässigkeit der angebotenen Transportdienstleistung, sondern ebenfalls quantitative Metriken wie die benötigte Transportzeit sowie die entstehenden Kosten. Der Einsatz neuer Technologien setzt sich kostenseitig zusammen aus Investitionskosten, Betriebskosten und Instandhaltungskosten. Gemäß Antrag werden in Rang-E die Investitionskosten sowie die Betriebskosten betrachtet.

7.1 Berechnung der Investitionskosten

Als ein Element der Kosten-Nutzen-Betrachtungen war zunächst die Ermittlung der Investitionskosten geplant, die zur Umsetzung der Automatisierungsstufen in den jeweiligen Szenarien anfallen. Im Projektverlauf wurde jedoch deutlich, dass eine Berechnung der Investitionskosten weder durchführbar noch zweckmäßig ist.

Die erforderlichen Technologien weisen an zentralen Stellen einen hochexperimentellen Charakter auf oder sind noch nicht entwickelt. Erprobte Systeme, wie beispielsweise die Sicherungssysteme aus dem unterirdischen Personennahverkehr, sind nicht übertragbar. Im offenen System des Hafens stellen dabei Schiebevorgänge die größte Hürde dar. Für das Problem der fehlenden Sensorik an der Spitze konnte bislang noch keine realistische Lösung gefunden werden. Die dafür größtenteils theoretisch beschriebenen Lösungsansätze sind mit derartigen Unsicherheiten verbunden, dass für die Investitionskosten keine seriösen Schätzungen möglich sind.

Des Weiteren ist der Technologiemarkt im stetigen Wandel, sodass berechnete Investitionskosten eine vergleichsweise geringe Haltbarkeit haben. So waren beispielsweise während der Projektlaufzeit erhebliche Preissenkungen bei Lidar-Systemen zu beobachten³⁵. Mit steigendem Reifegrad und zu erwartenden Neuentwicklungen könnten auch Lösungen ermöglicht werden, die bislang noch nicht abzusehen sind.

Daher erscheint es zweckmäßiger für die Szenarien das Prozessverständnis und das vorhandene Einsparpotential durch die Automatisierungsstufen zu ermitteln, sodass in der Folge neue technologische Entwicklungen analysiert, Angebote eingeholt und qualifiziert bewertet werden können.

³⁵ <https://www.wallstreet-online.de/nachricht/10167620-velodyne-preis-beliebtesten-lidar-sensor-haelfte>

7.2 Berechnung der Betriebskosten

Wie bereits in der Einleitung von Kapitel 7 beschrieben, spiegeln sich die kostenseitigen Auswirkungen der Rang-E-Technologien nicht nur in den notwendigen Investitionskosten wieder, sondern beeinflussen darüber hinaus die laufenden Betriebskosten, die im Zusammenhang mit der Erbringung von Rangierdienstleistungen auf der Hafeneisenbahn entstehen. Auch wenn am derzeitigen Betrieb mehrere Organisationen und Funktionsbereiche beteiligt sind, wird die Hafeneisenbahn in den folgenden Ausführungen vereinfachend als System aufgefasst, welches alle zur Erbringung von Rangierdienstleistungen notwendigen Ressourcen und Aufgaben einschließt. Durch diese Betrachtungsweise werden Kosten, die aufgrund der Auftragsverhältnisse im Hafeneisenbahnsystem auftreten, sich aus der Systemperspektive jedoch wieder ausgleichen, nicht weiter betrachtet. Ein Beispiel hierfür sind Gleismieten für die eingesetzten Rangierloks, die für die Rangierdienstleister zwar Betriebskosten/Ausgaben darstellen, gleichzeitig jedoch als Einnahmen des EIU zur Bereitstellung der Infrastruktur genutzt werden.

Bei der Analyse von möglichen Auswirkungen der Rang-E-Technologien auf die Betriebskosten der Hafeneisenbahn existiert analog zu der Abschätzung von Investitionskosten die Schwierigkeit, dass sich viele der betrachteten Technologien zum aktuellen Zeitpunkt noch im Konzeptstadium befinden und somit noch keine Marktreife aufweisen. Darüber hinaus ist die Höhe der tatsächlichen Rangierbetriebskosten von einer Vielzahl von Parametern abhängig, die einerseits eine hohe Schwankungsbreite aufweisen und zudem für den Zeitraum, der für eine Umsetzung der Rang-E-Stufen notwendig wäre (siehe Kapitel 5.1), ebenfalls nicht zuverlässig vorhergesagt werden können. Beispiele hierfür sind die relationsspezifischen Mengengerüste im Hafen und die damit einhergehende Generierung von Fahraufträgen, die in der aktuellen Praxis dem ad-hoc-Prinzip folgt (vgl. Kapitel 6). Aufgrund dieser Aspekte wird eine rein quantitative Bewertung der kostenmäßigen Auswirkungen auf die Betriebskosten aus Sicht des Konsortiums als nicht seriös darstellbar erachtet. Die Betriebskostenbetrachtung der unterschiedlichen Rang-E-Stufen folgt somit einem qualitativen Schema und wird – sofern möglich - durch quantitative Aussagen ergänzt.

Im Folgenden sollen zunächst die grundlegenden Betriebskostenkategorien des Hafeneisenbahnbetriebes eingeführt werden, bevor eine Diskussion möglicher Auswirkungen durch die im Projekt erarbeiteten Automatisierungsstufen erfolgt.

Die Analyse der Kostenstrukturen wird zum einen auf der Ebene des operativen Rangierbetriebs sowie auf der Ebene der Infrastrukturbereitstellung durchgeführt.

7.2.1 Kosten des Rangierbetriebs

Die Analyse der Ist-Situation hat bereits gezeigt, dass der Produktionsfaktor „Arbeit“ in den heutigen Rangierprozessen eine zentrale Rolle einnimmt. Dies spiegelt sich in der Zusammensetzung der heutigen Betriebskosten wieder, die wesentlich durch entstehende Personalkosten beeinflusst werden. Diese personalbezogenen Kosten im Hafeneisenbahnbetrieb können hinsichtlich des jeweiligen Einsatzbereiches der Mitarbei-

ter unterschieden werden. So gibt es Personal, das hauptsächlich dispositive und planerische Aufgaben ausführt sowie das „Rangierpersonal“ das direkt an der Durchführung von Rangieraufträgen beteiligt ist, unterschieden werden. Letzteres umfasst im Wesentlichen Triebwagenführer und Rangierbegleiter, welche beide zur Durchführung von Rangierfahrten durch den Rangierdienstleister zur Verfügung gestellt werden müssen. Der Einsatz in diesen Positionen erfordert eine entsprechende berufliche Qualifikation, sodass nicht jeder beliebige Mitarbeiter für die entsprechenden Tätigkeiten eingesetzt werden kann. Darüber hinaus ist technisches Personal notwendig, welches grundlegende Inspektions- und Wartungsarbeiten ausführen kann. Die Disposition der Fahraufträge und Fahrzeuge wird durch Mitarbeiter der Rangierdienstleister vorgenommen, während die Fahrdienstleistung und die Disposition der Slots für die Containerterminals durch die DB Netz im Auftrag des EIU durchgeführt wird. Die Disposition für die Automobilterminals erfolgt direkt durch den Terminalbetreiber.

Die Betriebskosten für die eingesetzten Fahrzeuge lassen sich grundsätzlich in Energiekosten sowie Kosten für Instandhaltung und Wartung unterteilen. Letztere umfassen alle regelmäßigen und unregelmäßigen Maßnahmen, die zur Vermeidung und Minimierung von Störungen und zur Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Betriebszustands der Fahrzeuge dienen. Während Maßnahmen mit geringem Umfang vor Ort in vorgesehenen Lokabstellgleisen erledigt werden können, werden aufwendige Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen in Betriebshöfen außerhalb der Hafeneisenbahn durchgeführt. Kapitalkosten, wie fahrzeugbezogene Abschreibungen oder (kalkulatorische) Finanzierungskosten für die Flotte werden nicht den Betriebskosten zugerechnet.

Neben Personal und Fahrzeugen müssen für den Rangierbetrieb zudem Betriebsgebäude für die Büros der Fahrdienstleitung und Disposition, Sozialräume sowie Werkstätten vorgehalten werden. Weitere Overheadkosten die dem Rangierbetrieb zugeordnet werden können, entstehen beispielsweise durch Buchhaltung oder Vermarktungsaktivitäten. Diese Kosten werden im weiteren Verlauf jedoch nicht berücksichtigt, da diese i.d.R. nicht direkt an den „Produktionsstandorten“ durchgeführt werden und nach aktueller Einschätzung nicht durch die Rang-E-Technologien beeinflusst werden.

7.2.2 Kosten der Infrastrukturbereitstellung

Neben den direkten Kosten des Rangierbetriebs werden auch die Betriebskosten der Infrastrukturbereitstellung durch Automatisierungsansätze beeinflusst. Wesentliche Kostentreiber sind hierbei Inspektionen (Überprüfung der Infrastruktur auf seinen Zustand), Wartungen (Maßnahmen zur Verlängerung bzw. Erhalt des notwendigen Betriebszustandes) sowie Instandsetzungen (Maßnahmen zur Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes). Die Durchführung dieser Maßnahmen kann je nach Komplexität der Infrastrukturkomponente als Auftrag vergeben oder selbst durchgeführt werden. Letzteres Vorgehen erfordert die Verfügbarkeit eines mit qualifizierten Personal ausgestatteten Betriebshof.

7.2.3 Bewertung der Rang-E-Stufen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Betriebskosten der Hafeneisenbahn

7.2.3.1 Ist-Zustand

In den Experteninterviews wurde die Einschätzung aus der Prozessanalyse bestätigt, dass der Rangierbetrieb in der aktuellen Konfiguration auch kostenseitig als personalintensiv einzuschätzen ist. Der Betrieb auf der Bremischen Hafeneisenbahn im Bereich des Seehafen Bremerhaven erfolgt derzeit an 361 Tagen rund um die Uhr. Da der Rangierbetrieb nicht nach Fahrplan, sondern im Ad-hoc-Betrieb disponiert wird, ergibt sich für die Rangierdienstleister sowie für die Netzdisposition die Herausforderung, dass zu jedem Zeitpunkt eine gewisse Grundkapazität an Personal (Disponenten, Rangierbegleiter, Lokführer) gewährleistet werden muss. Auch um unvorhergesehene Belastungsspitzen abbilden zu können, wird daher tendenziell mehr Personal vorgehalten als notwendig. Dies gilt in gleicher Weise für die Aufgaben der Disposition und Fahrdienstleistung, welche derzeitig manuell erfolgen. Die Mitarbeiter der Rangierdienstleister werden i.d.R. tariflich, beispielsweise nach EVG-Tarif, vergütet.

Die derzeitig auf dem Netz der Hafeneisenbahn eingesetzte Flotte besteht aus durchschnittlich 13 dieselbetriebenen Fahrzeuge der Modelle Vossloh 1000BB, DB V100 sowie DB V90. Ein Teil der Fahrzeuge ist bereits über 50 Jahre im Einsatz. Die jeweiligen Betriebskosten sind fahrzeugspezifisch, d. h. abhängig von Modell und Fahreinsatz. So wird beispielsweise der jeweilige Kraftstoffverbrauch vom Typ, bzw. der verbauten Maschine (In Bremerhaven werden teilweise Fahrzeuge des gleichen Modells, aber mit unterschiedlichen Motoren und Getrieben eingesetzt), der zurückgelegten Strecke und der jeweiligen Lastprofile. Genaue Informationen über den jährlichen Flottenverbrauch liegen dem Konsortium nicht vor. Dies gilt ebenso für die Wartungs- und Instandhaltungskosten, welche aufgrund des hohen Durchschnittsflottenalters vergleichsweise hoch sein werden.

7.2.3.2 Teilautomatisierung

Die Stufe der Teilautomatisierung erfordert keine wesentlichen Ressourcenveränderungen im Rangierbetrieb und beinhaltet ausschließlich Veränderungen auf Ebene der Infrastruktur. Aus diesem Grund sind keine Auswirkungen hinsichtlich der personal- und fahrzeugspezifischen Betriebskosten zu erwarten.

Auf Seiten der Infrastruktur ist festzuhalten, dass die zu installierenden automatischen Weichen, Tore und Signalanlagen aus technischer Sicht komplexer als ihre manuellen Pendants sind und gleichzeitig die gleichen Mindestanforderungen hinsichtlich Sicherheit und Zuverlässigkeit erreichen müssen. Aus diesem Grund ist ein erhöhter Inspektions- und Wartungsaufwand zu erwarten. Im Falle von Störungen ist darüber hinaus durch teurere Ersatzkomponenten und einem komplexeren Aufbau mit zunehmenden Instandsetzungskosten zu rechnen.

7.2.3.3 Unbemannter Betrieb (autonom)

Eine wesentliche Auswirkung des autonomen Rangierbetriebs wird eine verringerte Personalintensität, insbesondere durch das Wegfallen von Triebfahrzeugführern und Rangierbegleitern, sein. Auch im Falle eines vollkommen autonomen Betriebs wird es jedoch notwendig sein, qualifiziertes Personal zur Behebung von Störungen vorzuhalten. Durch den Wegfall des derzeitigen notwendigen Rangierpersonals lassen sich zudem die Kosten für das Vorhalten von Sozialräumen und sanitären Anlagen deutlich reduzieren. Auch der manuelle Aufwand in der Disposition wird voraussichtlich deutlich verringert, da Fahraufträge automatisch generiert, übermittelt und durch die Fahrheiten verarbeitet werden können.

Über die fahrzeugspezifischen Betriebskosten lassen sich zum aktuellen Zeitpunkt keine zuverlässigen Aussagen treffen. Allerdings ist zu vermuten, dass der Energiebedarf pro Rangierauftrag insgesamt abnehmen wird, da einerseits Fahrzeuge nach dem neuesten Stand der Technik eingesetzt werden und darüber hinaus unproduktive Fahrten, beispielsweise verursacht durch Fahrzeitrestriktionen des heute anwesenden Zugpersonals, eliminiert werden können. Durch eine optimierte Disposition, die auf Grundlage vollständiger Informationen zur Position aller Fahrzeuge und Fahraufträge im System durchgeführt werden kann, wird es darüber hinaus möglich sein, die gleiche Umschlagskapazität mit einer kleineren Flotte darzustellen. Die aus technologischer Sicht komplexen Fahrzeuge dieser reduzierten Flotte stehen hohen Zuverlässigkeitsanforderungen gegenüber, sodass nach aktueller Einschätzung ein wesentlich höherer Inspektions- und Wartungsaufwand als derzeit zu erwarten ist.

Analog zur Stufe der Teilautomatisierung und darüber hinaus ist für einen autonomen Betrieb eine Aufrüstung der Infrastruktur, beispielsweise mit Sensorik zur Überwachung des Gleisbettes, notwendig. Auch hier lassen die hohen Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanforderungen eines autonomen Betriebs an die technologischen Komponenten der Infrastruktur deutlich höhere Betriebskosten als im derzeitigen Zustand erwarten.

7.2.3.4 Idealtypischer Hafen

Auch wenn das Konzept des idealtypischen Hafens die Möglichkeiten der Automatisierung mit den aus heutiger Sicht perspektivisch verfügbaren Technologien maximieren kann, so ist es nicht an einen bestimmten Betriebsmodus gebunden. Somit sind auch die Auswirkungen auf die Personalintensität davon abhängig, ob ein autonomer oder manueller Betrieb stattfindet. Dies gilt in gleicher Weise für die fahrzeugspezifischen Betriebskosten. Durch die Reduktion der notwendigen Rangierprozesse wird es möglich sein, die gleiche Rangierkapazität mit einer verkleinerten Flotte darzustellen.

Auf infrastruktureller Seite erfordert die Umsetzung eines idealtypischen Hafenareals eine vollständige Umrüstung auf Anlagen, die eine Abfertigung von Ganzzügen ermöglichen. Im Containerbereich führt dies, beispielsweise durch die Nutzung von schiebengeführten Portalkränen, zu wesentlich höheren Betriebskosten als durch den Umschlag mittels Van Carrier.

Eine Gegenüberstellung der erwarteten Auswirkungen der Rang-E-Stufen auf die Betriebskosten des Systems Bremische Hafeneisenbahn befindet sich in Tabelle 15.

Tabelle 15: Gegenüberstellung der erwarteten Auswirkungen der Rang-E-Stufen auf die Betriebskosten des Systems Bremische Hafeneisenbahn

	Ist-Zustand	Teilautomatisierung	Autonomer Betrieb	Idealtypischer Hafen
Rangierbetrieb	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr personalintensiv • Flottengröße ca. 11 Fahrzeuge • Fahrzeugspezifische Betriebskosten abhängig von Typ und Nutzung des jeweiligen Fahrzeugs • Derzeitig erfolgt Einsatz sehr alter Fahrzeuge, die hohe Wartung- und Instandhaltungskosten aufweisen 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Veränderung hinsichtlich Personalintensität • Keine Veränderung der Flottengröße • Keine Veränderung hinsichtlich fahrzeugspezifischer Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Personalintensität durch Reduktion von Rangierbegleitern und Triebfahrzeugführern • Personal zur Fehlerbeseitigung notwendig; weniger Personal für Disposition • Voraussichtlich kleinere Flotte notwendig • Fahrzeugspezifische Betriebskosten sind abhängig von Fahrzeugtyp; es ist von geringerem Kraftstoffbedarf pro Rangierauftrag auszugehen, da unproduktive Fahrten verringert werden • Hohe Anforderungen an Zuverlässigkeit erfordern erhöhten Aufwand für Inspektionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Personalintensität abhängig vom Betriebsmodus (manuell/autonom) • Voraussichtlich kleinere Flotte notwendig • Fahrzeugspezifische Betriebskosten abhängig von Art der eingesetzten Fahrzeuge
Infrastrukturbereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhter Aufwand für Inspektion von wartungsintensiven Anlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Zunahme an wartungsintensiven und sicherheitsrelevanten Installationen. • Erhöhter Energiebedarf für Sensorik und IT-Technik 	<ul style="list-style-type: none"> • Umschlagsanlagen für Ganzzugabfertigung haben höhere Betriebskosten als die für eine Blockabstellung

7.3 SWOT-Analyse nach Stufen

Nachfolgend werden die wesentlichen Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für die definierten Konzepte aus den bisher durchgeführten Analysen zusammengestellt. Dabei erfolgt die interne Sicht für die Stärken und Schwächen aus dem Betrachtungswinkel des Systems Hafenbahn. Die externe Sicht für die Chancen und Risiken bezieht sich auf das wettbewerbliche, globale Umfeld des Systems Hafenbahn.

Die SWOT-Analyse wird durchgeführt für die vier Stufen:

- Stufe 0 – Heutige Situation
- Stufe 1 – Optimierung/Teilautomatisierung
- Stufe 2 – Unbemannter Betrieb (autonom)
- Stufe 3 – Idealtypischer Hafen,

und beinhaltet je Stufe:

- Arbeitsorganisatorische Abläufe,
- Technische Aspekte,
- Rechtliche Aspekte

Die SWOT-Analyse erfolgt jeweils in der Darstellungsform einer SWOT-Matrix (4-Felder-Matrix).

Tabelle 16 SWOT-Analyse Stufe 0: IST-Situation

Interne Stärken/Schwächen des Systems Hafeneisenbahn

Chancen/Risiken durch äußere Einflüsse auf das System Hafeneisenbahn

Stärken	Chancen
Geringe Investitionskosten; kalkulierbare Betriebskosten	Beibehaltung hoher Ausbildungsanforderungen von Triebwagenführern und Rangierbegleitern ermöglicht den Erhalt von Arbeits- und Ausbildungsplätzen am Standort
Zuverlässige ablaufoptimierte Prozesse der RDL	Verlagerung von Lkw-Verkehren auf die Bahn aufgrund klimapolitischer Vorgaben
Akzeptanz der Mitarbeiter für derzeitige Prozessabläufe vorhanden	Umweltfreundliches Verkehrsmittel - hoher Bahnanteil bietet Potenzial auf dem Weg zum "Green Port"
Hohe Ausbildungsstandards für eingesetztes Personal	Verkürzung von Wartezeiten durch Einsatz verbesserter Hafeneisenbahn-IT wie PRINOS (dbh)
Blockabstellung erhöht Flexibilität für Umschlagsbetriebe durch Be- und Entladung mittels VC	Nutzung umweltfreundlicher Antriebstechnologien im Rangierbetrieb, z.B. Wasserstoff
Hohe Verantwortungsübernahme durch Rangierpersonal --> Rechtssicherheit	
Vollständiges und bewährtes rechtliches Regelwerk	
Verwendung bewährter Technologien	
Schwächen	Risiken
Lange Durchlaufzeiten von Zügen im Hafeneisenbahnsystem	Lange Durchlaufzeiten auf der letzten Meile führen zu Attraktivitätsverlust der Bahn
Vielzahl an aufwendigen und manuellen Vorgängen mit hohem Gefährdungspotenzial notwendig (Bspw. Stehen des Rangierbegleiters auf der Spitze (Schieben), Kuppeln im Berner Raum, Sichtprüfungen und Bremsproben)	Fachkräftemangel: Zu wenige Azubildende entscheiden sich für den Beruf eines Triebfahrzeugführers oder Rangierbegleiters
Hohe Fixkosten durch notwendiges Vorhalten von Personal	Steigende Personalkosten, insb. bei Verknappung des Angebots von Personal
Prozesszeitoptimierungen durch Verletzung der Sicherheitsvorschriften möglich	Kapazitätsengpässe der EVU im Fahrbetrieb führen dazu, dass Verlagerung von Lkw-Verkehren nicht eintritt
Kleinteiligkeit der Rangieraufträge durch Umfuhren etc. belasten die Kapazität des Hafeneisenbahnsystems	Bevorzugung des Personenverkehrs gegenüber dem Güterverkehr mindert Wettbewerbsfähigkeit der Schiene
Blockabstellung erfordert einen hohen manuellen Aufwand durch Kuppeln, Trennen, vereinfachte Brems- und Rollprobe, Setzen von Bremschuhen je Teilzugsegment. Daraus resultiert ein hoher Zeitbedarf	Weitere Sicherheitsauflagen und fehlende Erfahrungswerte bei Nutzung neuer Antriebstechnologien
Schnittstellen zum öffentlichen Straßensystem: Verkehrsrückstau bei Überquerung; Kollisionsgefahr	Medienbrüche und teilweise analoge Informationsweitergabe sind potentielle Fehlerquellen
Schnittstellen zu intraterminal Transport: Verkehrsrückstau im Terminal; Kollisionsgefahr	
Organisatorische Struktur im Hafeneisenbahnbetrieb verhindert ganzheitliche Optimierung des Gesamtsystems	
Verbale Kommunikation zwischen Fahrzeugen und FDL/Dispo ist fehleranfällig	
Rangiergeschwindigkeit begrenzt (aufgrund Unübersichtlichkeit & Gefahren)	
Einfahrt in Stumpfgleise mit stark verminderter Geschwindigkeit	
Ausschließlicher Einsatz von Diesellokomotiven - hohe Emissionen	
Hohe rechtliche Anforderungen hinsichtlich Rangierbetrieb sowie Wartung und Instandhaltung der Infra- und Suprastruktur der Hafeneisenbahn	
Ohne Einsatz neuerer Technologien können nur kleine Verbesserungen stattfinden	

Tabelle 17 SWOT-Analyse Stufe 1: Optimierung/Teilautomatisierung

Interne Stärken/Schwächen des Systems Hafenbahn	Chancen/Risiken durch äußere Einflüsse auf das System Hafenbahn
Stärken	Chancen
Beschleunigte Prozesszeiten: Manuelle Betätigungen von Infra- und Suprastrukturen wie bspw. Legen von Handweichen, Schalten des Andreaskreuzblinklichts und Bedienung der Tore entfallen	Verbesserte Prozesszeiten bieten Potenzial für verbesserte Durchlaufzeiten - Attraktivitätssteigerung
Arbeitserleichterung für Rangiermitarbeiter: Hohe Akzeptanz für optimierte Prozessabläufe vorhanden	Voraussetzungen für automatisierten Betrieb werden geschaffen
Erhöhung der Sicherheit für Rangierpersonal	Durch digitale Kommunikation und Informationsspeicherung können Fehlerquellen minimiert werden.
Erhöhung der Sicherheit an Bahnübergängen	Mit neuentwickelten Verfahren und Technologien könnten neben den Vorteilen im Einsatz auch Gewinne über Patent- und Lizenzgebühren erwirtschaftet werden
Einsatz neuer Medien vereinfacht Kommunikation zwischen Triebwagen und Disposition	Reduzierung von Störfällen und Ausfallzeiten durch robuste Systeme
Hohe Verfügbarkeit von prozessbezogenen Informationen kann für Kunden zusätzliche Transparenz erzeugen	
Schwächen	Risiken
Erhöhte Kosten für Installation, Betrieb und Wartung automatisierter Infrastruktur	Die Teilautomatisierung ist bereits mit einem erheblichen technischen Risiko behaftet, so ist bspw. bei Schiebevorgängen ist die Anbringung der Sensorik bislang noch eine wesentliche Hürde
Aufwendige Fehlerbehebung bei Ausfall automatisierter Komponenten	Abhängigkeit von Technologieakzeptanz der Anwender
Erneuerung/Aktualisierung von Teilen der rechtlichen Rahmenbedingungen (bspw. EBO, RiL), Absegnung durch EBA, TAB, ...	
Hoher Investitions- und Entwicklungsaufwand, der gegenüber einem unbemannten Betrieb nur an wenigen Stellen geringer ausfällt	

Tabelle 18 SWOT-Analyse Stufe 2: Unbemannt (autonom)

Interne Stärken/Schwächen des Systems Hafenbahn	Chancen/Risiken durch äußere Einflüsse auf das System Hafenbahn
Stärken	Chancen
Verbesserte Prozesszeiten	Verbesserte Prozesszeiten bieten Potenzial für verbesserte Durchlaufzeiten - Attraktivitätssteigerung
Geringe Personalkosten durch Wegfall der Lokbesatzung	Unabhängigkeit vom Arbeitsmarkt
Eliminierung gefährdungskritischer Arbeitsprozesse - hohes Sicherheitsniveau	Vorreiterstellung durch Verankerung der autonomen Prozesse in Gesetzestexten - Imagegewinn des Hafens durch Innovation im Rangierbetrieb
Unabhängigkeit von Arbeitszeiten	Reduzierung von Störfällen und Ausfallzeiten durch robuste Systeme
Entscheidungsfindung in Echtzeit	Mit neuentwickelten Verfahren und Technologien könnten neben den Vorteilen im Einsatz auch Gewinne über Patent- und Lizenzgebühren erwirtschaftet werden
Fahrtgeschwindigkeit kann voraussichtlich angehoben werden	Modernere Logistikkonzepte sind leichter zu realisieren und ermöglichen neue Geschäftsmodelle
Voraussichtliche Reduzierung der Flottengröße	Attraktivitätsgewinn gegenüber anderen Verkehrskonzepten
Vorrang für Schienenfahrzeuge, z.B. durch "Car-to-Car/Infrastructure-Communication"	
Hohe Verfügbarkeit von prozessbezogenen Informationen kann für Kunden zusätzliche Transparenz erzeugen	
Schwächen	Risiken
Hohe Investitionskosten notwendig für komplett unbemannten Betrieb.	Haftungsfragen bei Unfällen (Menschliches Versagen scheidet als Unfallursache aus)
Kontrolle bei der sicheren Einfahrt in den ISPS-Bereich wird erschwert. Gefahr unberechtigten Betretens der ISPS-Zone durch Rangiervorgänge (bspw. illegale Mitfahrten im Berner Raum)	Anfälligkeit der Steuerungssysteme für Cyber-Angriffe
Technische Störungen führen zu aufwendiger Fehlerbehebung	Maßnahmen im Rahmen des Risikomanagements können Automatisierungsansätze unwirtschaftlich machen
Hoher Anpassungsbedarf der rechtlichen Vorschriften, Gesetze und Rahmenbedingungen	Das technische Risiko ist erheblich und eine Umsetzbarkeit auf dem aktuellen Stand der Technik ist noch nicht zu garantieren
Bei Unfällen oder Systemausfällen ist zunächst kein Personal am Zug	Eingesetzte Technologien können veralten und ihren Kostenvorteil oder die Konformität mit Richtlinien verlieren

Tabelle 19 SWOT-Analyse Stufe 3: Idealtypischer Hafen

Interne Stärken/Schwächen des Systems Hafenbahn	Chancen/Risiken durch äußere Einflüsse auf das System Hafenbahn
Stärken	Chancen
Ganzzugstellung terminalreiner Züge reduziert die Rangier- und Kupplungsvorgänge auf ein Minimum - Optimierung der Durchlaufzeiten	Verbesserte Durchlaufzeiten können zu Attraktivitätsgewinn der Bahn führen
Reduzierung der Anzahl von Rangierfahrten verringert Wartezeiten an Knotenpunkten	Verbesserung der Slot-Zeiten möglich
Autonomer Betrieb wird mit momentan entwickelten Technologien ermöglicht	Wegfall von Kupplungsvorgängen könnte Option des Einsatzes von Lokrangierführern ermöglichen
Reduzierte Anzahl von Schnittstellen zu anderen Verkehrssystemen	Reduzierung von Störfällen und Ausfallzeiten durch robuste Systeme
Verringerter Dispositionsaufwand	Mit neuentwickelten Verfahren und Technologien könnten neben den
Erhöhung der Kapazität im Güterumschlag per Bahn im Hafen	Vorteilen im Einsatz auch Gewinne über Patent- und Lizenzgebühren
Nur geringe Anpassungen der rechtlichen Rahmenbedingungen notwendig	erwirtschaftet werden
Reduzierung gefährdungskritischer Prozesse	
Schwächen	Risiken
Die ausschließliche Abfertigung von Ganzzügen geht auf Kosten der Flexibilität (z.B. keine internen Umfuhren mehr möglich)	Hohe Investitionskosten und zusätzlicher Flächenbedarf für Gleisinfrastruktur (700m Gleise) auf Terminalgelände
Erhöhte Betriebskosten für Ganzzugabfertigung	Terminalreine Zugzusammenstellung im Hinterland findet keine Akzeptanz
Eine idealtypische Umsetzung ist nur bei neugeplanten Häfen oder Hafenbereichen möglich	Hohe Investitionskosten für Suprastruktur für Ganzzugabfertigung seitens Terminalbetreiber, sofern noch nicht vorhanden
	Erhöhter Organisationsaufwand im Intra-Terminal-Transport

8 Auswirkungen neuer Prozesse und Technologien auf Arbeitnehmer und Organisation

Gegenstand der Untersuchungen, die im Rahmen von AP5 durchgeführt wurden sind die Auswirkungen der in den Automatisierungsszenarien beschriebenen Prozesse und Technologien auf Personal und Organisation.

Die Analyse der Auswirkungen ist in drei Abschnitte aufgeteilt:

- Eine **Analyse der Ausgangsbedingungen** beschreibt die im aktuellen System eingesetzten Medientechnologien sowie die im System agierenden Personen und die identifizierten Kommunikationswege. Diese Analyse bildet die Grundlage, um mögliche Auswirkungen der skizzierten Veränderungen bei der Einführung neuer Technologien und Prozesse abschätzen zu können.
- Im zweiten Abschnitt werden die **Auswirkungen auf Personal und Organisation** durch veränderte Technologien und Prozesse entlang verschiedener Automatisierungsstufen beschrieben. Dies beinhaltet eine Analyse der Mensch-Technik Schnittstellen auf den jeweiligen Automatisierungsstufen.
- Der dritte Abschnitt fokussiert die **Herausforderungen und Chancen des Veränderungsmanagements**. Beschrieben werden hierfür die durch die Einführung von Automatisierungstechnik gestellten Anforderungen an Personal und Organisation sowie die dabei zu überwindenden Hürden. Außerdem werden Empfehlungen zur Gestaltung der Mensch-Technik Schnittstellen sowie neue Dienstleistungsmodelle skizziert, die durch das Implementieren der Automatisierungsstufen ermöglicht werden.

8.1 Ausgangsbedingungen

Im ersten Abschnitt werden die Ausgangsbedingungen bezüglich des involvierten Personals, der eingesetzten Medientechnologien und der stattfindenden Kommunikation beschrieben. Der Fokus liegt dabei auf den Stellen und Prozessen, die für die Betrachtung der verschiedenen Automatisierungsstufen relevant sind.

8.1.1 Involviertes Personal

Die Bremerhavener Hafeneisenbahn operiert innerhalb eines sozio-technischen Systems. Innerhalb der Systemgrenzen und technischen Systeme arbeitet eine Vielzahl von Menschen, deren Stellen sich wie folgt gliedern lassen:

- Rangierdienstleister (EVU)

- Rangierbegleiter
- Triebwagenführer
- Disponent
- Fahrdienstleister (FDL)
- Terminalpersonal (Eurogate, BLG)
- Wagenmeister
- Zollpersonal
- Sicherheitspersonal

Von der Integration neuer Systeme, die die Rangierdienstleister unterstützen oder sogar ersetzen, sind auf den höheren Automatisierungsstufen alle Beteiligten in einem gewissen Maße betroffen, da hier neue Mensch-Technik Schnittstellen entstehen.

8.1.2 Eingesetzte Medientechnologien

Die aktuelle Kommunikation ist geprägt von Medienbrüchen bei der Weitergabe von Informationen. Dies geschieht durch die Verwendung von analogen Speichermedien sowie den relativ hohen Anteil an telefonischer Kommunikation. Zu den eingesetzten Medien gehören:

- Desktop-Computer (Beispiel: Zugriff auf das CODIS System)
- Whiteboard (Beispiel: Disposition)
- Papierbasierte Kommunikation (Beispiel: Lieferscheine, Fahrpläne)
- Telefonische Kommunikation (Beispiel: Kommunikation zwischen Triebwagenführer und Terminalpersonal)
- Funktechnik (Beispiel: Kommunikation zwischen Triebwagenführer und Rangierbegleiter)
- Signalanlagen (Beispiel: Kommunikation zwischen Fahrdienstleister und Triebwagenführer)

8.1.3 Analyse der Kommunikationsschnittstellen

Zur Analyse des Einflusses einer Automatisierung auf die Kommunikation werden die im Rahmen der Probefahrt aufgenommenen Informationsflüsse im Folgenden beschrieben. Dabei liegt der Fokus auf der Kommunikation von Triebwagenführer und Rangierbegleiter miteinander und gegenüber Dritten, da hier relevante Veränderungen zu erwarten sind.

- Disponent <-> Triebwagenführer
 - Der Disponent erarbeitet mit dem CODIS Auftrag und Zugzusammenstellung digital und übermittelt diese via Whiteboard und papierbasiert an den Triebwagenführer.

- Der Triebwagenführer meldet Gleiswechsel telefonisch an den Disponenten, der diese im CODIS dokumentiert.
- Ist am Terminal ein Container nicht im Zapfen, meldet der Triebwagenführer dies telefonisch dem Disponenten, der diese Information ebenfalls telefonisch an den Terminal weitergibt und einen Kran ordert.
- Fahrdienstleister (FDL) <-> Triebwagenführer
 - Der Triebwagenführer gibt telefonisch das geplante Fahrtziel an den FDL durch. Der Fahrdienstleister prüft die Eingabe und lässt die Rangierfahrt zu. Die Freigabe erfolgt telefonisch sowie durch die Signalanlagen.
- Terminal <-> Triebwagenführer
 - Die Kommunikation zwischen Terminalbetreiber und dem Triebwagenführer läuft größtenteils nonverbal ab, durch Einfahren des Zuges wird der Beladevorgang gestartet, mit Abschluss des Beladens wird der Prozess beendet.
 - Bei Störungen wird die Kommunikation über den Disponenten abgewickelt.
- Triebwagenführer <-> Rangierbegleiter
 - Der Triebwagenführer meldet dem Rangierbegleiter verbal den bevorstehenden Schiebevorgang.
 - Der Rangierbegleiter gibt akustische Rückmeldung beim Schieben via Funk.
 - Der Rangierbegleiter meldet erfolgreiches Kuppeln via Funk.
 - Rangierbegleiter meldet Bereitschaft zur Rollprobe via Funk.
- Wagenmeister <-> Triebwagenführer
 - Der Wagenmeister prüft den Bremszettel und kommuniziert mit dem Triebwagenführer verbal und papierbasiert.
- Zollpersonal <-> Triebwagenführer
 - Der Zoll führt unregelmäßig Kontrollen durch. Dabei werden Dokumente mit der tatsächlichen Ladung des Zuges verglichen. Die Kommunikation erfolgt persönlich sowie papierbasiert.
- Sicherheitspersonal <-> Triebwagenführer
 - Das Sicherheitspersonal führt eine Kontrolle der Einfahrgenehmigung durch und öffnet anschließend eine Absperreinrichtung. Die Kommunikation erfolgt persönlich sowie papierbasiert. Sichtprüfung des Zuges auf Unregelmäßigkeiten.

8.2 Auswirkungen der Automatisierungsstufen

Jede (Teil-) Automatisierung erfordert die digitale Verfügbarkeit prozesskritischer Informationen. Im Status quo findet ein erheblicher Anteil der Kommunikation im Hafenumfeld analog statt. Bevor eine Teilautomatisierung oder ein unbemannter Betrieb umgesetzt werden kann, müssten daher die Kommunikationswege überarbeitet werden.

In diesem Abschnitt werden daher die Auswirkungen der Automatisierungsstufen auf Personal und Kommunikation dargestellt. Grundlage der Untersuchung ist die im vorherigen Abschnitt skizzierte Ausgangslage nebst den in AP2 erarbeiteten technischen Automatisierungskonzepten für die betrachteten Szenarien.

8.2.1 Optimierung/Teilautomatisierung

Ein Ziel der Teilautomatisierung ist es den sicheren Betrieb eines Zuges durch eine Person zu gewährleisten. Unter Zuhilfenahme technischer Assistenzsysteme und Automatisierungstechnik können hier Teile der Aufgaben teilautomatisiert werden.

Gemäß den in AP2 erarbeiteten technischen Konzepten stellt die Verfügbarkeit von Sensorik bei Schiebevorgängen eine wesentliche technische Hürde dar. Eine Steuerung des Zuges mit einer Person wäre daher einfacher zu gestalten, wenn die Steuerung mobil bedienbar wäre, sodass die Aufgaben des Triebwagenführers und Rangierbegleiters zusammengefasst werden können. Da eine Anbringung von Sensorik am Triebfahrzeug leichter zu realisieren ist, als Sensorik an den anderen Wagen, kann mit einem Positionswechsel des Personals auf dem Zug das Schieben vergleichsweise kostengünstig realisiert werden.

Damit die für die Szenarien skizzierten technischen Systeme sinnvoll eingebunden werden können, wäre bereits auf Ebene einer Teilautomatisierung eine Überarbeitung des Kommunikationskonzeptes zu empfehlen. Anstelle der papierbasierten Kommunikation könnte ein zentrales System Medienbrüche vermeiden und die Anbindung der Assistenzsysteme gewährleisten. Wird die Rolle von Triebwagenführer und Rangierbegleiter durch eine Person erfüllt, so ergeben sich mit einem zentralen Kommunikationssystem die folgenden Kommunikationsschnittstellen:

- Disponent <-> Triebwagenführer
 - Der Disponent erarbeitet mit dem CODIS Auftrag und Zugzusammenstellung digital und gibt die Daten im internen System frei.
 - Der Triebwagenführer ruft die Daten durch mobilen Zugriff auf das interne Kommunikationssystem ab und trägt die beabsichtigte Fahrt ein.
 - Ist am Terminal ein Container nicht im Zapfen, markiert der Triebwagenführer dies und löst im internen System einen Alarm aus. Die Information wird unmittelbar an das Terminal weitergegeben.
- Fahrdienstleister (FDL) <-> Triebwagenführer

- Der Triebwagenführer gibt telefonisch das geplante Fahrtziel an den FDL durch. Der Fahrdienstleister prüft die Eingabe und lässt die Rangierfahrt zu. Die Freigabe erfolgt digital und die Bestätigung wird dem Triebwagenführer auf einem mobilen Endgerät sowie durch die Signalanlagen an der Strecke angezeigt.
- Terminal <-> Triebwagenführer
 - Die Kommunikation zwischen Terminalbetreiber und dem Triebwagenführer läuft größtenteils nonverbal ab, durch Einfahren des Zuges wird der Beladevorgang gestartet, mit Abschluss des Beladens wird der Prozess beendet.
 - Bei Störungen wird die Kommunikation über den Disponenten abgewickelt.
- Wagenmeister <-> Triebwagenführer
 - Der Wagenmeister prüft den vom automatisierten System erstellten Bremszettel und kommuniziert mit dem Triebwagenführer verbal und bestätigt die Prüfung des Bremszettels im digitalen System.
- Zollpersonal <-> Triebwagenführer
 - Der Zoll führt unregelmäßig Kontrollen durch. Dabei werden Dokumente mit der tatsächlichen Ladung des Zuges verglichen. Die Kommunikation erfolgt persönlich sowie unter Einbeziehung der digital hinterlegten Informationen.
- Sicherheitspersonal <-> Triebwagenführer
 - Das Sicherheitspersonal führt eine Kontrolle der Einfahrtgenehmigung durch und öffnet anschließend eine Absperreinrichtung. Eine Bestätigung der Einfahrtgenehmigung wird digital an den Triebwagenführer gesendet. Eine Sichtprüfung des Zuges auf Unregelmäßigkeiten wird durchgeführt.

Durch die Zusammenlegung von Rangierbegleiter und Triebwagenführer entsteht eine Stelle mit einem Aufgabenprofil, das über die aktuellen System anfallenden Aufgaben eines Triebwagenführers hinausgeht. Neben sicherheitskritischen Aspekten bei der Fernsteuerung eines Zuges mit einem mobilen Endgerät setzt diese Teilautomatisierung auch die entsprechende Technikkompetenz und Bereitschaft voraus. Die zur Umsetzung erforderlichen Änderungen in Ablauf und Organisation würden eine starke Veränderung des aktuellen Systems darstellen, sodass mit entsprechenden Widerständen und Qualifizierungsbedarf zu rechnen wäre.

8.2.2 Unbemannter Betrieb (autonom)

Der unbemannte Betrieb beinhaltet den Ersatz des Triebwagenführers durch Automatisierungstechnik und die Überwachung des Betriebs mehrerer Züge durch eine zentrale Leitwarte. Die operative Steuerung der Züge wird dabei durch die Automatische Zugsteuerung (ATC) übernommen, welche die durchzuführenden Fahrten bestimmt und

das Einhalten der Zeit- und Routenplanung gewährleistet. Damit das System im Hafenumfeld funktionieren kann, müssen entsprechende Kommunikationsschnittstellen zu externen Stellen und der Leitwarte geschaffen werden:

- Disponent <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Der Disponent erarbeitet mit dem CODIS Auftrag und Zugzusammenstellung digital und gibt die Daten im internen System frei.
 - Das ATC-System ruft die Auftragsdaten durch mobilen Zugriff auf das interne Kommunikationssystem ab, berechnet einen Fahrplan und überträgt diesen in das interne System.
- Leitwarte <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Ist am Terminal ein Container nicht im Zapfen, erkennt dies in Scanner-System. Das ATC-System unterbricht die Fahrt und löst im internen System einen Alarm aus. Die Information wird unmittelbar an das Terminal und die Leitwarte weitergegeben.
- Fahrdienstleister (FDL) <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Die Leitwarte überprüft den vom ATC-System erstellten Fahrplan und gibt ihn an den Fahrdienstleister (FDL) weiter.
 - Der Fahrdienstleister prüft die Eingabe und lässt die Rangierfahrt zu. Die Freigabe erfolgt digital und die Bestätigung wird dem ATC-System digital übermittelt sowie durch die Signalanlagen an der Strecke angezeigt.
- Terminal <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Die Kommunikation zwischen Terminalbetreiber und dem ATC-System läuft größtenteils nonverbal ab, durch Einfahren des Zuges wird der Beladevorgang gestartet, mit Abschluss des Beladens wird der Prozess beendet.
 - Bei Störungen wird die Kommunikation über die Leitwarte abgewickelt.
- Wagenmeister <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Der Wagenmeister prüft den vom automatisierten System erstellten Bremszettel und bestätigt die Prüfung des Bremszettels im digitalen System.
 - Bei Störungen wird ein Kontakt zur Leitwarte hergestellt.
- Zollpersonal <-> Leitwarte
 - Der Zoll führt unregelmäßig Kontrollen durch. Dabei werden Dokumente mit der tatsächlichen Ladung des Zuges verglichen. Die Kommunikation mit der Leitwarte erfolgt telefonisch sowie unter Einbeziehung der digital hinterlegten Informationen.
- Sicherheitspersonal <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)

- Das Sicherheitspersonal führt eine Kontrolle der Einfahrtgenehmigung durch und öffnet anschließend eine Absperreinrichtung. Eine Bestätigung der Einfahrtgenehmigung wird digital an das ATC-System gesendet. Eine Sichtprüfung des Zuges auf Unregelmäßigkeiten wird durch das Sicherheitspersonal durchgeführt.

8.2.3 Idealtypischer Hafen

Am Modell des idealtypischen Hafens sind die Abläufe derart geregelt, dass die Rangierfahrten mit einem Mindestmaß an Kommunikation auskommen. Wesentliche Veränderungen sind das Vermeiden von Schiebevorgängen, die Abfertigungen von Ganzzügen, die Durchführung von Ladungssicherungskontrollen durch den Terminalbetreiber sowie die Absicherung des Hafens als Ganzsystem und damit der Verzicht auf Absperrung innerhalb des Geländes. Die Kommunikationsschnittstellen bei Betrieb in einem idealtypischen Hafen sind:

- Disponent <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Der Disponent erarbeitet mit dem CODIS Auftrag und Zugzusammenstellung digital und gibt die Daten im internen System frei.
 - Das ATC-System ruft die Auftragsdaten durch mobilen Zugriff auf das interne Kommunikationssystem ab, berechnet einen Fahrplan und überträgt diesen in das interne System.
- Fahrdienstleister (FDL) <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Die Leitwarte überprüft den vom ATC-System erstellten Fahrplan und gibt ihn an den Fahrdienstleister (FDL) weiter.
 - Der Fahrdienstleister prüft die Eingabe und lässt die Rangierfahrt zu. Die Freigabe erfolgt digital und die Bestätigung wird dem ATC-System digital übermittelt sowie durch die Signalanlagen an der Strecke angezeigt.
- Terminal <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Die Kommunikation zwischen Terminalbetreiber und dem ATC-System läuft größtenteils nonverbal ab, durch Einfahren des Zuges wird der Beladevorgang gestartet, mit Abschluss des Beladens wird der Prozess beendet.
 - Ist am Terminal ein Container nicht im Zapfen, erkennt dies der Terminalbetreiber und korrigiert die Fehlstellung umgehend. Nach Abschluss und Kontrolle der Beladung erteilt der Terminal dem ATC-System die Freigabe zur Weiterfahrt.
 - Bei schwerwiegenden Störungen wird die Kommunikation über die Leitwarte abgewickelt.
- Wagenmeister <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)

- Der Wagenmeister prüft den vom automatisierten System erstellten Bremszettel und bestätigt die Prüfung des Bremszettels im digitalen System.
- Bei Störungen wird ein Kontakt zur Leitwarte hergestellt.
- Zollpersonal <-> Leitwarte
 - Der Zoll führt unregelmäßig Kontrollen durch. Dabei werden Dokumente mit der tatsächlichen Ladung des Zuges verglichen. Die Kommunikation mit der Leitwarte erfolgt telefonisch sowie unter Einbeziehung der digital hinterlegten Informationen.
- Sicherheitspersonal <-> Automatische Zugsteuerung (ATC)
 - Das Sicherheitspersonal führt eine Kontrolle der Einfahrtgenehmigung durch und öffnet anschließend eine Absperreinrichtung. Eine Bestätigung der Einfahrtgenehmigung wird digital an das ATC-System gesendet. Eine Sichtprüfung des Zuges auf Unregelmäßigkeiten wird durch das Sicherheitspersonal durchgeführt.

8.3 Wandel von Anforderungen und Möglichkeiten

Die Einführung von Automatisierungstechnik ist eine häufige Aufgabe im Bereich des Veränderungsmanagements (vgl. Booth 2006). Im Fall der Hafeneisenbahn erschweren jedoch das erhebliche Volumen an Betriebsmitteln, insbesondere der Güterwagen, sicherheitskritischen Prozesse, rechtliche Rahmenbedingungen und gewachsene Personalstrukturen die Umsetzung. Die technischen Hürden wurden im Rahmen von AP2 behandelt. In diesem Abschnitt werden die neuen Anforderungen an die Qualifikation des Personals sowie Gestaltungsempfehlungen für die Mensch-Technik Schnittstellen der für die Umsetzung erforderlichen technischen Systeme beschrieben. Abschließend werden Potentiale für neue Dienstleistungen dargestellt, die mit dem vermehrten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien möglich werden.

8.3.1 Wandel der Stellenprofile

Mit dem Wandel bei der Einführung einer (Teil-) Automatisierung wandelt sich auch die Anforderungen an die Qualifikation des Personals. Unmittelbar betroffen sind dabei die Stellen des Triebwagenführers und des Rangierbegleiters.

Mit dem Level einer Teilautomatisierung wird eine Zusammenlegung beider Stellenprofile angestrebt. Der Triebwagenführer im teilautomatisierten Betrieb übernimmt hier die bisherigen Aufgaben des Rangierbegleiters und wird dabei durch Assistenzsysteme unterstützt. Neben den angestrebten Effizienzgewinnen wird auch ein reduziertes Gefährdungsrisiko durch den Wegfall der bisherigen Kommunikation bei den Schiebevorgängen und der Automatisierung der Kuppelvorgänge angestrebt. Das Anforderungsprofil der neuen Stelle umfasst dabei auch die Interaktion mit den Assistenzsystemen und setzt eine grundlegende Medienkompetenz voraus.

Im unbemannten Betrieb und im Modell des idealtypischen Hafens werden vollautomatisierte Züge eingesetzt, die von einer zentralen Leitwarte gesteuert werden. Die Stellen des Triebwagenführers und des Rangierbegleiters entfallen vollständig. Allerdings entsteht das neue Stellenprofil des Bedienpersonals im Leitstand geschaffen. Die Arbeitsumgebung und das Anforderungsprofil unterscheiden sich dabei stark vom bisherigen Umfeld (vgl. Abbildung 70).



Foto: David Ebener³⁶

Abbildung 70 Mitarbeiter im Osnabrücker Stellwerk

Medienkompetenz, technisches Verständnis und Konzentrationsfähigkeit sind gegenüber den Anforderungen im bisherigen System deutlich stärker gefragt. Dieser Wandel an Anforderungen gilt in geringerem Maße auch für angeschlossene Stellen, die in Interaktion mit dem automatisierten System treten. Während im aktuellen System Disposition, Terminal, Sicherheitspersonal, Zoll und Wagenmeister im Bedarfsfall verbal oder nonverbal mit dem Triebwagenführer oder Rangierbegleiter kommunizieren können, wäre im automatisierten Betrieb die Herstellung einer Verbindung zur Leitwarte oder die Kommunikation mit dem ATC-System erforderlich.

8.3.2 Diskussion von Mensch-Technik Schnittstellen und Gestaltungsrichtlinien

Durch den Einsatz der in den Szenarien beschriebenen Automatisierungstechnik entstehen neue Mensch-Technik Schnittstellen, deren Einführung zusätzlichen Qualifizierungs- und Entwicklungsbedarf bedeutet. Im Fall der Teilautomatisierung sind dies mo-

³⁶ <https://www.noz.de/lokales/osnabrueck/artikel/1187212/sprung-ins-digitale-zeitalter-bahn-stellt-osnabruecker-stellwerk-um>

bile Endgeräte für Triebwagenführer, die Kommunikation und Zugsteuerung ermöglichen. Für die höhergelegenen Automatisierungsstufen werden hingegen Kommunikationsschnittstellen benötigt, die die Kommunikation mit dem ATC-System, bzw. der Leitwarte ermöglichen und durch interne und externe Stellen bedient werden können (Disposition, Terminal, Sicherheitspersonal, Zoll und Wagenmeister).

Um eine möglichst gute Akzeptanz des Systems zu erreichen sollten entsprechende Gestaltungsleitsätze verfolgt werden, wie sie beispielsweise in DIN EN ISO 9241-110 genannt sind. Diese sind:

- **Aufgabeangemessenheit:** Die Schnittstellen sollten so gestaltet werden, dass sie eine effektive und effiziente Bedienung durch die Anwender erlauben. Dazu gehören eine klare Zuweisung zwischen Funktionen und Bedienelementen, möglichst geringe Komplexität, eindeutige Gruppierung der Bedienelemente, klare Unterscheidbarkeit und eine Anordnung nach funktionellem Zusammenhang (vgl. Bruder & Didier 2009). Dazu würde auch eine aufgabengesteuerte Darstellung der angezeigten Elemente gehören. Würden beispielsweise das Bedienpersonal der Leitwarte oder Disposition, Terminal, Sicherheitspersonal, Zoll und Wagenmeister über dasselbe Interface mit dem Steuerungssystem kommunizieren, empfiehlt es sich nur die für die Aufgabenerfüllung relevanten Elemente anzuzeigen.
- **Selbstbeschreibungsfähigkeit:** Die Bedienelemente sollten möglichst intuitiv gestaltet werden, sodass der Qualifizierungsaufwand reduziert wird und die wichtigsten Funktionen notfalls auch von ungeübtem Personal zu bedienen sind. Dazu gehört auch das Eingaben unverzüglich und eindeutig vom System bestätigt werden.
- **Steuerbarkeit:** Die Steuerbarkeit ist gewährleistet, wenn das System durch die Anwender beherrschbar ist und der Kommunikations- oder Steuerprozess über eine gewisse Robustheit verfügt. Dazu sind die wichtigsten Informationsquellen und Steuerelemente gegebenenfalls redundant auszulegen. Ferner ist die Zugänglichkeit und ergonomisch korrekte Bedienbarkeit zu gewährleisten.
- **Erwartungskonformität:** Aus bisherigen Abläufen haben Anwendern Wirkzusammenhänge zwischen Bedienelementen und Funktionen erlernt. Für die Akzeptanz und Bedienfreundlichkeit ist es förderlich, wenn die Schnittstellen den bisherigen Bedienelementen in Form und Funktion nachempfunden sind und in ihrer Wirkung zueinander Konsistenz aufweisen (vgl. Bruder & Didier 2009). Dies bedeutet, dass ein mobiles Steuerelement oder das Steuerpult in der Leitwarte von einer Gestaltung profitieren würde, die den bisher in den Triebwagen verbauten Steuerelementen nachempfunden ist.

- **Fehlertoleranz:** Bei der Gestaltung des Systems und der Benutzerschnittstellen sollten mögliche fehlerhafte Eingaben berücksichtigt werden. Eine Fehlertoleranz ist gegeben, wenn der aus fehlerhaften Eingaben resultierende Korrekturaufwand möglichst gering ist und eine Prüfung auf Fehler leicht durchführbar ist.
- **Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit:** Eine Individualisierung der Schnittstelle kann ein relevantes Kriterium sein, wenn in der Kommunikation beispielsweise Sprache genutzt werden soll und die Anpassung der Spracherkennung an einen spezifischen Dialekt erforderlich sein sollte. Die Möglichkeit, dass Anwender selbstständig Veränderungen an den Schnittstellen gemäß ihren Bedürfnissen und Fähigkeiten vornehmen können, kann das Erlernen im Umgang sowie die Akzeptanz erhöhen, muss im Einzelfall hinsichtlich der Sicherheitsaspekte geprüft werden.

8.3.3 Ansätze zur Förderung von Technologieakzeptanz

Bei den Untersuchungen vor Ort wurden sehr heterogene Ausprägungen der Technologieakzeptanz festgestellt, sodass bei einer Umstellung mit Widerständen seitens des Personals zu rechnen wäre. Für eine erfolgreiche Einführung von Automatisierungstechnik ist jedoch auch die Bereitschaft seitens des Personals erforderlich.

Grundsätzlich ist die Akzeptanz neuer Technologien abhängig von den initialen Erfahrungen, der Anreizstärke und erwarteter Funktionalität und Nutzbarkeit (Thim 2017). Funktionalität und Nutzbarkeit sind im Anwendungsfall stark von der Gestaltung der Mensch-Technik Schnittstellen abhängig und profitieren von den im vorigen Abschnitt genannten Empfehlungen. Zur Vermittlung positiver, initialer Erfahrungen sowie zur Vermittlung einer Anreizstärke empfehlen sich gezielte Qualifizierungsmaßnahmen für die Anwender. Neben den klassischen Qualifizierungsansätzen ist auch die Verwendung von Serious Gaming möglich. Unter Einbeziehung der neuen Technologien und unter Berücksichtigung der praktischen Aufgaben könnte hier in simulierten Anwendungsfällen die Funktionalität und Nutzbarkeit kommuniziert werden und die Anwender in der Verwendung der neuen Technologien geschult werden. Serious Gaming zeichnet sich bei erfolgreichem Design durch eine hohe Motivationsfähigkeit sowie eine zielgerichtete und moderate mentale Beanspruchung der Anwender aus und kann sich sowohl an jüngere, als auch an ältere Menschen richten (Kretschmer et al. 2018).

8.3.4 Analyse neuer Dienstleistungsmöglichkeiten

Durch den Einsatz von Automatisierungstechnik würden sich zunächst nur wenige Ansätze für neue Dienstleistungsmöglichkeiten ergeben. Effekte die eine Grundlage für neue Ansätze bieten sind:

- Ein erhöhter Effizienzgewinn, der zu geringeren Kosten beim Umschlag führt.

- Der breite Einsatz von Sensorik, der die kontinuierliche und digitale Verfügbarkeit von Informationen fördert.
- Der Gewinn an Prozesswissen und die Entwicklung innovativer Automatisierungstechnik

Mit dem Einsatz der Automatisierungstechnik wird eine Verringerung der Umschlagskosten sowie der Prozesszeiten verfolgt. Damit könnte die Kombination aus Schiffs- und Schienenverkehr gegenüber anderen Modalitäten an Attraktivität gewinnen und zu einem erhöhten Umschlag führen. Im Jahr 2017 wurden 55,4% des umgeschlagenen Wertvolumens über den Straßenverkehr abgewickelt. Wenngleich nicht die Verlegung jeden Umschlags auf Eisenbahnverkehr und den Seeweg zweckmäßig ist, besteht doch noch ein enormes Potential (vgl. Tabelle 20, Marinekommando 2018).

Tabelle 20 Deutscher Außenhandel nach Verkehrszweigen 2017

Verkehrszweig	Menge in Mio. t	Anteil in %	Wert in Mrd. EUR	Anteil in %
Eisenbahnverkehr	52,77	4,9	72,966	3,1
Straßenverkehr	437,837	41	1.288,40	55,4
Binnenschifffahrt	89,814	8,4	20,348	0,9
Seeverkehr	239,488	22,4	480,319	20,6
Luftverkehr	6,606	0,7	262,028	11,3
Andere	240,682	22,6	201,254	8,7
Insgesamt	1.067,20	100	2.325,32	100

Quelle: Marinekommando 2018

Sollte mit Umsetzung der Automatisierungsstufen ein erheblicher Preis-Leistungsgewinn erzielt werden können, so wäre eine Ausweitung der Marktsegmente denkbar. Im Extremfall könnte der Schienenverkehr bereits bei kleinen Volumen gegenüber einem LKW attraktiver sein und eine individuelle Zustellung von Kleinzügen wirtschaftlich sein.

Dadurch, dass sich mit der eingeführten Automatisierungstechnik auch das Volumen der verfügbaren Informationen und die Prozesstransparenz deutlich erhöhen, können Kunden genauere Informationen über den aktuellen Standort ihrer Lieferung und die voraussichtlichen Ankunftszeiten übermittelt werden. Damit werden die Voraussetzungen für das Angebot moderner Produktions- und Logistikkonzepte, wie Just-in-Time oder Just-in-Sequence geschaffen (vgl. Takeda 2014). Mit der Automatisierung werden Fehlerquellen und Unsicherheiten verringert, was präzisere Aussagen über die voraussichtlichen Ankunftszeiten ermöglicht. Damit werden auch Ansätze wie der intelligente Container möglich, bei dem beispielsweise Lebensmittel während der Lieferung reifen und zum richtigen Zeitpunkt mit dem richtigen Reifegrad beim Kunden eintreffen³⁷.

Bei den beschriebenen Automatisierungskonzepten handelt es sich um innovative Ansätze, die an vielen Stellen den Stand der Technik berühren oder sogar darüber hinausgehen. Daher ist bei einer Umsetzung mit einem erheblichen Entwicklungsaufwand

³⁷ <http://www.intelligentcontainer.com>

zu rechnen. Die dabei entwickelten Werkzeuge, Technologien und Verfahren würden ein erhebliches Potential zur Einnahme von Patent- und Lizenzgebühren erlauben und könnten so eine neue Einnahmequelle erzeugen.

9 Umsetzungsplan - Organisatorische und infrastrukturelle Voraussetzungen für autonome Rangierprozesse im Hafen

9.1 Beurteilung der Umsetzungschancen

Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Analyse hat aufgezeigt, dass eine rein technologische Problemlösung für einen autonomen Rangierbetrieb nicht zielführend ist. Vielmehr sind es besonders infrastrukturell-konzeptionelle sowie organisatorische Gegebenheiten, die **zur Existenz von heute technologisch nur begrenzt lösbaren Problemstellungen** führen.

Durch die in über 50 Jahren historisch gewachsenen Strukturen am Standort Bremerhaven ist das heutige System „Hafenbahn“ als hochkomplex zu charakterisieren. Diese Komplexität spiegelt sich einerseits in der vorhandenen Infrastruktur wieder (verschiedene Umschlagskonzepte, heterogener technologischer Stand der Gleisanlagen, Einflüsse des Individualverkehrs) und ist andererseits auch in organisatorischer Hinsicht zu erkennen (Vielzahl verschiedener Umschlagsoperateure und Rangierdienstleister, Dispositions- und Umfuhrprozesse). Die Hafenbahn in Bremerhaven stellt in Summe somit kein ideales Umfeld für die Umsetzung eines autonomen Rangierbetriebs dar. Wie in Kapitel 4 ausführlich dargestellt wurde, erscheint bereits eine zuverlässige und effiziente Teilautomatisierung ohne unverhältnismäßig große Eingriffe in die infrastrukturellen und organisatorischen Gegebenheiten des Hafens als mittelfristig unwahrscheinlich.

Gleichzeitig macht es die Analyse des Bremerhavener Bahnsystems möglich, infrastrukturelle und organisatorische Voraussetzungen für das autonome Rangieren im Hafen abzuleiten. Diese Rahmenbedingungen werden im Folgenden in das Konzept eines - aus Sicht der Bahnautomatisierung – idealtypischer Hafens integriert.

9.2 Roadmap – Idealtypischer Hafen

Dieses Idealbild soll bei der Durchführung zukünftiger Hafenentwicklungsprojekte dabei unterstützen, einen hohen Automatisierungsgrad der schienengebundenen Rangierprozesse realisieren zu können.

9.2.1 Minimierung systemexterner Einflüsse

Schienengebundener Verkehr wird im Vergleich zu anderen Verkehrssystemen aufgrund der geringen translatorischen Freiheitsgrade häufig als vorteilhaft für den fah-

rerlosen Betrieb angeführt.³⁸ Zudem seien insbesondere solche Bereiche fahrerlos zu realisieren, bei denen keine Schnittstellen zu anderen Verkehrssystemen existieren.³⁹

Die Betrachtung des Bremerhavener Hafenbahnnetzes zeigt auf, dass dort eine Vielzahl systemexterner Einflüsse möglich ist. So kann beobachtet werden, dass das Schienennetz mit einer Vielzahl von Bahnübergängen Schnittstellen zum öffentlichen Straßensystem und damit zum Individualverkehr⁴⁰ aufweist. Zudem vollstreckt sich das Streckennetz der Hafenbahn über die Areale verschiedener ansässiger Betriebe, so dass nicht nur öffentliche, sondern auch intralogistische Verkehre (im Bereich der Blockabstellung des CT2/3 beispielsweise Van Carrier) die Gleisanlagen kreuzen. Darüber hinaus verkehren mit den Streckenloks der EVU auch innerhalb des Bahnsystems hafensexterne Fahrzeuge, die in einem autonom agierenden System als potenzielle Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssten, wenn die Übergabe von den EVUs an die autonomen Rangiereinheiten nicht vollständig an vorgelagerten Übergabepunkten erfolgt. Da das Gleisnetz außerhalb des ISPS-Bereiches sowie der Werksbereiche keine Zugangsbarrieren besitzt, sind zudem Einflüsse durch Personen oder Tiere möglich.

Um das Kriterium eines geschlossenen Verkehrssystems in Bremerhaven realisieren zu können, wäre eine fundamentale und integrative Neugestaltung des Straßen-, Schienen und Terminallayouts notwendig, welche sowohl aus finanzieller als auch aus rechtlicher Hinsicht nicht realisierbar ist.

9.2.2 Umschlag mit Ganzzügen

Wie die Prozessszenarien 08 (KV Anlage mit Blockfertigung Van Carrier), 09 (KV Anlage Abfertigung Ganzzug mit Krananlage) und 10 (BLG Rampen) verdeutlicht haben, existieren in Bremerhaven verschiedene Abfertigungsmodi, die jeweils unterschiedliche Rangierprozesse erforderlich machen.

Im Bereich des Containertransports ist zu beobachten, dass insbesondere KV-Anlagen für Ganzzüge hinsichtlich des Automatisierungspotenzials der erforderlichen Rangierprozesse deutliche Vorteile besitzen. Einerseits entfällt durch die vollständige Gestaltung des Zuges die Notwendigkeit von Kupplungsvorgängen zwischen Waggons. Dies ist insofern besonders zu betonen, als das der flächendeckende Einsatz automatischer Kupplungs- und Bremsanlagen mittelfristig nicht abzusehen ist.⁴¹ Darüber hinaus sind im Gegensatz zur Blockabfertigung mit Van Carriern, welche im direkten Umfeld der Bahn agieren, durch den Einsatz schienengeführter Krananlagen keine systemexternen Einflüsse während des Rangierens zu berücksichtigen. In Konsequenz sollten Abfertigungsanlagen in autonomen Hafenrangiersystemen so dimensioniert sein, dass sie in ihrer Nutzlänge (gerades Gleisstück) den künftigen Eigenschaften von Ganzzügen entsprechen. Gleiches gilt für die Be- und Entladungsanlagen für Automobiltransporte, welche ebenfalls für die Abfertigung von Ganzzügen dimensioniert werden sollten.

³⁸ Vgl. Nießen/Schindler/Vallée (2017), S. 37.

³⁹ Vgl. Nießen/Schindler/Vallée (2017), S. 35.

⁴⁰ Siehe Basisszenario 07: Querung Individualverkehr.

⁴¹ Siehe Basisszenario 01: Kuppeln.

Hierbei ist es zwingend erforderlich, dass die Entladegleise auf der vollen Zuglänge gerade, damit ein Entladen von bis zu 700m langen Automobiltransporten möglich ist.

9.2.3 Terminalreine Zugkonfiguration (Keine Zugtrennung innerhalb des autonomen Rangiersystems)

Ein wesentlicher Komplexitätstreiber auf der Bremerhavener Hafenbahn ist die Konfiguration der eingehenden Züge. Die heutige Situation, in der Containerzüge mit Ladung für unterschiedliche Zielterminals ankommen, führt in der Betriebsplanung i.d.R. zu Zugteilungen, die jeweils zu zusätzlichen Rangier- und Kupplungsprozessen führen. Eine weitere Form der Terminalbedienung sind Multi-Terminal-Anfahrten („Straßenbahnfahrten“), bei denen ganze Containerzüge jeweils an den verschiedenen Zielterminals gestellt und anschließend teilent- und beladen werden.

Terminalreine Zugkonfigurationen wären somit ein wichtiges organisatorisches Mittel, um eine Komplexitätsreduktion in den Rangier- und Dispositionsprozessen sowie eine Optimierung der Rangiermittelauslastung zu erreichen.

9.2.4 Zentraler Bereich zur manuellen Fehlerbehebung

Die Forderung nach einer terminalreinen Zugkonfiguration sowie einer lückenlosen Abfertigung von Ganzzügen zielt darauf ab, das aktuell notwendige Trennen von Zugteilen fast vollständig zu vermeiden. In seltenen Fällen, beispielsweise bei technischen Defekten an einzelnen Waggons oder bei Beladungsfehlern⁴² wird auch in Zukunft eine manuelle Fehlerbehebung notwendig sein.

In der Folge sollten auch bei einem unbemannten (vollautonomen) Betrieb gemäß Stufe 2 Bereiche definiert werden, in denen eine manuelle Fehlerbehebung mit dem erforderlichen Equipment (bspw. Reachstacker zur Korrektur von Beladungsfehlern) möglich ist, ohne zusätzliche Störungen im Betriebsablauf zu verursachen.

9.2.5 Ausrichtung organisatorischer Strukturen an ein autonomes Rangiersystem

Die organisatorische Struktur der Hafeneisenbahn in Bremerhaven ist historisch und politisch bedingt ebenfalls fragmentiert.⁴³ So übernehmen neben dem Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen (SWAH) als Betreiber des öffentlichen Hafenbahnnetzes auch die Umschlagsterminals die Rolle von Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU). Weiterhin wird auch der Rangierdienst durch mehrere Dienstleister am Standort durchgeführt. Die Infrastrukturunternehmen sowie die Traktionäre stehen hinsichtlich des Einsatzes, der Wartung und der Instandhaltung ihrer Einsatzmittel in keiner vertraglichen Beziehung, sodass jede Organisation zur Erbringung ihrer Leistung und vor dem Hintergrund der unternehmensspezifischen Ziele selbstoptimierend in Betriebsmittel und

⁴² Siehe Basisszenario 05: Container nicht im Zapfen. Beladungsfehler sind auch im Falle des Automobiltransports denkbar.

⁴³ Vgl. Masterplan Hafeneisenbahn Bremerhaven, S. 10.

Infrastruktur investiert. Somit wird es aus gesamtorganisatorischer Sicht schwierig, notwendige Investitionen in ein übergeordnetes und einheitliches Technologiesystem durchzusetzen.

In diesem Zusammenhang sei auf Franzen et al. (2017) verwiesen, welche feststellen, dass eine Vollautomatisierung von Rangierfahrten nur mit „fahrzeugseitig rückgriffreier Sensorik“⁴⁴ selbst bei einer Verbesserung der Sensoreigenschaften nach heutigem Stand unwahrscheinlich sei. Vielmehr müsse ein autonomes Rangierfahrzeug Kenntnisse über seine Umgebung haben, die über den Radius seiner Sensorik hinausgehen. Sie skizzieren daher, dass der autonome Rangierbetrieb in einem cyberphysischen Transportsystem (CPS) gedacht werden müsse, in welchem die Zustände verschiedener Systemobjekte zusammengeführt werden und somit eine digitale Repräsentation der physischen Umwelt bilden.⁴⁵

Würde sich beispielsweise im Falle einer Hafenbahn nur einer der Akteure dazu entscheiden, seine Prozesse und/oder Infrastruktur nicht auf das vollautonome Rangieren anzupassen, so würde das Konzept des cyberphysischen Systems ad absurdum geführt. Hieraus kann geschlossen werden, dass zur Umsetzung eines autonomen Rangierbetriebes entweder eine organisatorische Zusammenfassung der heute vielerorts getrennten Aufgabenbereiche (Infrastruktur, Traktion, Umschlag) notwendig wäre oder dass ein vertragliches Rahmenwerk alle beteiligten Akteure zur Autonomisierung verpflichten müsste.

9.3 Übertragbarkeit

Ein wesentlicher Produktivitätsgewinn durch Zeitersparnis bei den Prozesszeiten wird im Konzept eines „Idealtypischen Hafens“ durch eine terminalreine Ganzzugstellung ermöglicht. Hierzu ist es erforderlich, dass alle Terminals im Hafen mit hinreichend vielen, geraden 700m Verladegleisen ausgestattet sind. Zudem sollten für einen autonomen Betrieb systemexterne Einflüsse minimiert werden.

Eine Übertragbarkeit des Konzeptes eines „Idealtypischen Hafens“ auf die in Bremerhaven vorherrschende historisch gewachsene Infrastruktur erscheint aus Sicht des Konsortiums nur schwerlich umsetzbar. An zahlreichen Punkten im Hafen kommt es zu Hemmnissen durch systemexterne Einflüsse, bspw. an der Straße „Am Nordhafen“, im Bereich der „Senator-Borttscheller Str.“ vor dem Stellwerk und der Einfahrt zur Blockabstellung sowie bei der Querung von der „Senator-Borttscheller-Str.“ zum „Amerikaring (vgl. Abbildung 71).

⁴⁴ Franzen et al. (2017), S. 12.

⁴⁵ Vgl. Franzen et al. (2017), S. 12ff.



Abbildung 71 Beispiele für systemexterne Einflüsse, welche einen automatisierten Rangierbetrieb erschweren.

Zudem ist der Platzbedarf für die geraden 700m Verladegleise enorm. Es ist nur schwerlich vorstellbar, in Bremerhaven die entsprechenden Gleise auf bereits genutzten Flächen im laufenden Betrieb zur Verfügung zu stellen und diese auch bahnseitig mittels Zuwegungsgleisen anzubinden.

Vielmehr eignet sich das Konzept eines „Idealtypischen Hafens“ als Innovationsimpuls für eine zukünftige Umsetzung in neu zu planenden Häfen andernorts in der Welt.

Dennoch lassen sich in Bremerhaven sämtliche Maßnahmen ergreifen, die eine vollständige Umsetzung einer Stufe 1 - Optimierung/Teilautomatisierung zum Ziel haben. Hierzu zählt bspw. die Automatisierung von Weichen, Schranken und Toranlagen.

10 Verwertung, Wissenstransfer, Mitarbeit an IHATEC-Veranstaltungen (ISL)

10.1 H0-Demonstrator

10.1.1 Auswahl eines geeigneten Demonstrationsszenarios

In Kapitel 5 wurden die erörterten Szenarien beschrieben und notwendige organisatorische, technische und rechtliche Maßnahmen für die Automatisierungsstufen beschrieben.

Im H0-Modell hat sich das Konsortium für eine Demonstrationsumgebung entschieden, welche die Basisszenarien

- 01 – Kuppeln,
- 02 – Vereinfachte Bremsprobe,
- 03 – Sensorik beim Schieben,
- 04 – Handweiche,
- 06 – Eintritt in den ISPS Bereich,
- 07 – Querung Individualverkehr,

sowie das Prozessszenario

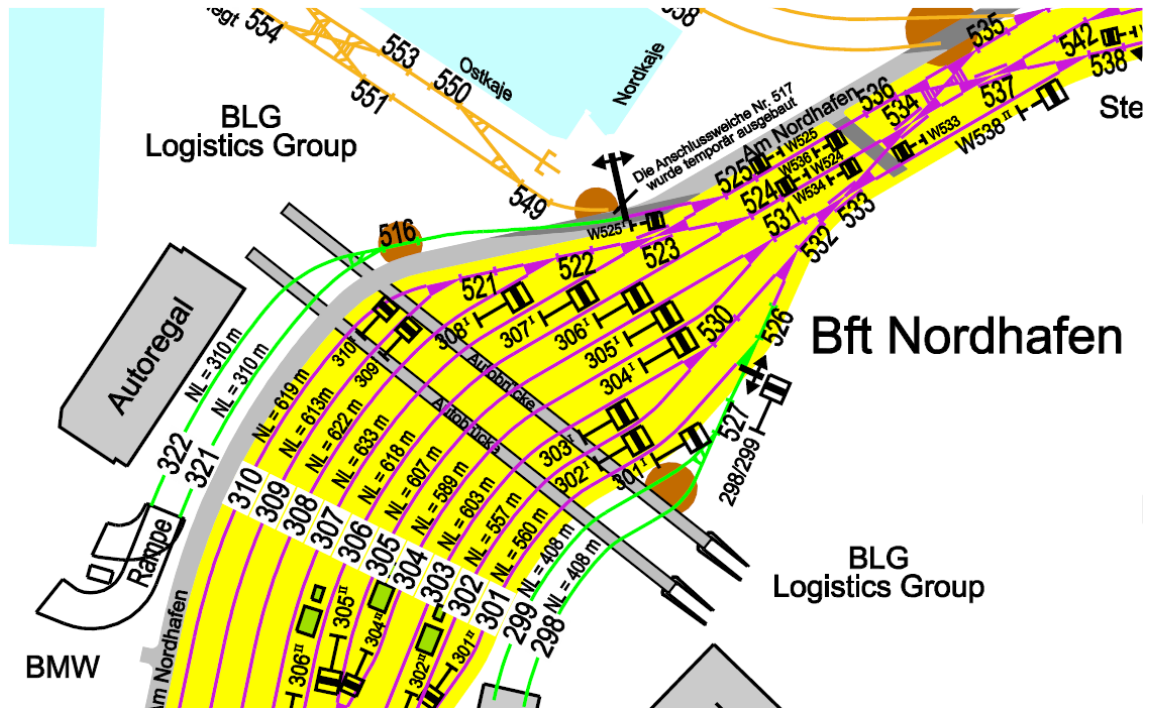
- 10 – BLG-Rampen

beispielhaft abdeckt.

Dabei wurde das Szenario der Gestellung und des Abziehens von Wagons an Rampenanlage der BLG gewählt, wo überwiegend Fahrzeuge des Herstellers BMW zur Verschiffung entladen werden. Dabei bestehen aktuell folgende Hemmnisse im Rangiervorgang:

- Querung des Individualverkehrs an einem unbeschränkten Bahnübergang (Andreaskreuz mit manuell zu schaltendem Blinklicht)
- Umlegung einer Handweiche
- Manuelle Toröffnung
- Die Verladegleise 321 und 322 verfügen lediglich über eine Länge von je 310 m. 700m lange Ganzzüge müssen daher zuvor in drei Teile geteilt werden und anschließend wieder zusammengestellt werden. Dabei fallen Entkupplungsvorgänge, Kupplungsvorgänge sowie vereinfachte Brems- und Rollproben an.
- In die Verladegleise muss geschoben werden (Kopfmachen)

Aufgrund dieser breiten Anzahl an relevanten Teilprozessen ist dieses Beispielszenario besonders gut für eine Umsetzung im H0-Demonstrator geeignet.



Quelle: bremenports 2017

Abbildung 72 BMW-Rampe an Gleis 321/322

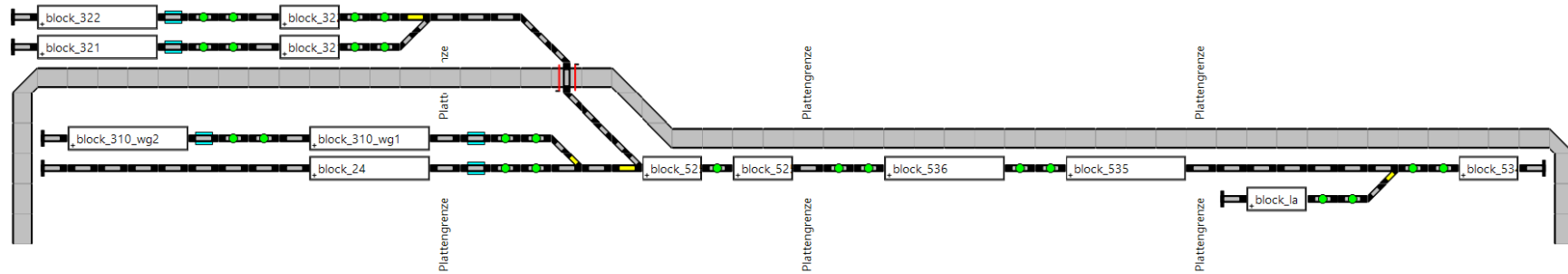
10.1.2 Designentwurf

Das Schienendesign für das Demonstrationsszenario sieht ein Hauptgleis vor, welches über eine elektrische gestellte Weiche in Richtung BLG-Tor abzweigt. Unmittelbar vor dem Tor befindet sich eine handgestellte Weiche zur Stellung der Zufahrt zu den Gleisen 321 und 322.

Im H0-Demonstrator werden gemäß des vollzogenen Paradigmenwechsels (siehe Kapitel 5) folgende Stufen der Automatisierung dargestellt:

- Stufe 0 – IST-Situation
- Stufe 1 – Optimierung/Teilautomatisierung
- Stufe 2 – Unbemannt (autonom)
- Stufe 3 – Idealtypischer Hafen

Zudem werden noch zwei Abstellgleise in den Demonstrator mit aufgenommen, welche vom Hauptgleis über elektrisch gestellte Weichen abzweigen. Diese beiden Abstellgleise haben keinen Realitätsbezug, sondern dienen zum einen der Lokabstellung im Modell und zum anderen als 700m Ganzzuggleis für die Stufe 3 „Idealtypischer Hafen“. Exemplarisch dient in Bremerhaven die Mercedes-Rampe (Weserport-Rampe, Gleis 24) als Beispiel für Stufe 3 und somit auch hinsichtlich der Umsetzung im H0-Modell.



Quelle: ISL 2019

Abbildung 73 Gleisplan H0-Demonstrator

Abbildung 73 zeigt das Rang-E-Modell für den reinen Hafenbahnbetrieb in grün eingezeichnet. Für einen besseren Realitätsbezug wurde der Straßenverkehr ergänzt. Modellhaft werden die Straßen „Franziusstr.“, „Am Nordhafen“, „Senator Borttscheller Str.“ sowie die „Wurster Str.“ abgebildet.

10.1.3 Bau- und Tests

Das Rang-E H0-Modell ist kombinierbar mit einem weiteren Modell des F&E-Projektes SYNCHROLOG, welches eine Optimierung des Lkw-Zulaufs zu den Seehäfen thematisiert. Beide Modelle sind trennbar und für sich alleinstehend vorzeigbar. Beide Modelle verfügen insgesamt über acht Tischmodule, welche zusammen eine Abmessung von 1,60m x 5,00m ergeben (davon vier Module Rang-E). Der modulare Aufbau dient der Transportabilität des Modells.

Im Jahr 2018 und im ersten Quartal 2019 erfolgte vorwiegend die Konzeption und insb. die Beschaffung von Material für den Bau es H0-Modells Rang-E. Der Aufbau des Aluminiumgestells erfolgte im November/Dezember 2018.



Abbildung 74 Aufbau des Aluminiumgestells, Dezember 2018.

Der Zusammenbau der vier Holzkästen für die vier Tischmodule wurde im zweiten Quartal 2019 durchgeführt.



Abbildung 75 Implementierung der IT-Kommunikations- und Bildschirmtechnik, März 2019.

Mit dem eigentlichen Aufbau der Testumgebung konnte erst im Mai 2019 begonnen werden, da sich die Beschaffungen z.T. stark verzögerten.



Abbildung 76 Testumgebung Rang-E mit modularen Tischsegmenten, Juni 2019.

Im Ma/Juni 2019 wurden die Videos, welche im März an der Rampe vor Ort aufgenommen wurden, geschnitten und an den Modellbahnbetrieb – sofern bereits möglich – hinsichtlich der Laufzeiten angepasst (Synchronität). Eine Feinabstimmung erfolgte

hierzu im August 2019. Zudem wurden Texte zu den einzelnen Sequenzen für die unterschiedlichen Automatisierungsstufen verfasst und zu den Videosequenzen hinzugefügt.



Abbildung 77 Ermittlung der Synchronität zwischen Zugbetrieb und Video/Text-Inhalten

Im Oktober 2019 wurde das Modell komplett zerlegt, lackiert und alle Kabel unter die Platte gebracht. Eine Finalisierung konnte gerade noch zu Projektende realisiert werden.

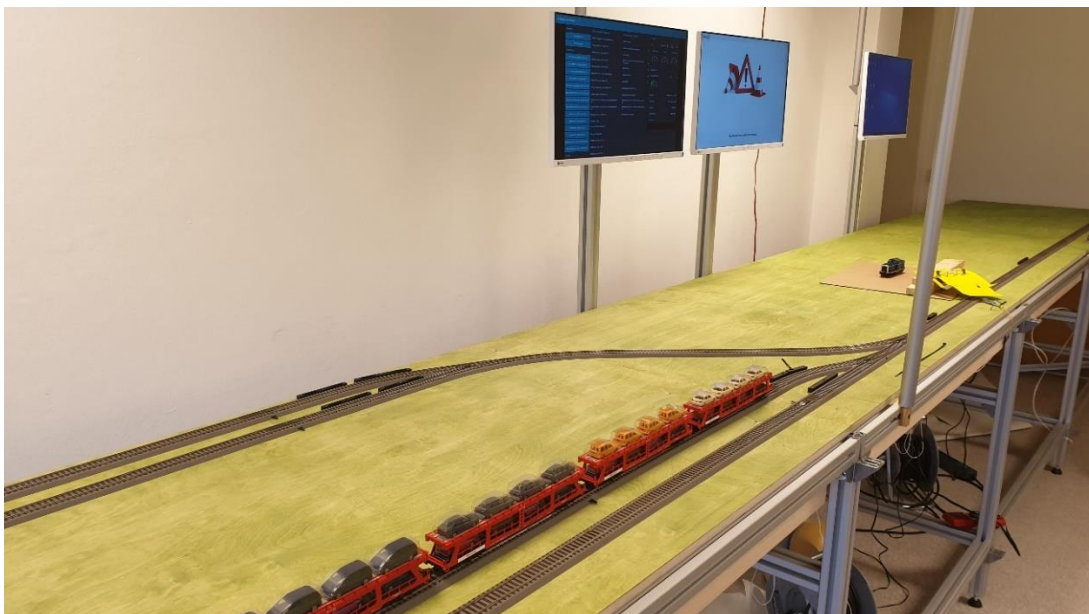


Abbildung 78 Restarbeiten im Oktober 2019.

10.1.4 IT- und Systemkomponenten

Die Steuerung des Demonstrators erfolgt zum einen Teil über die Softwareumgebung Rocrail. Rocrail besteht aus einem Rocrail-Server basierend auf einem Raspberry Pi 3 sowie einem Client, der auf beliebig vielen Windows-Rechnern installiert werden kann. So wird ein Fernzugriff auf den Rocrail-Server ermöglicht.

In der Client-Software werden Fahrstraßen mit Weichen, Blöcken und Rückmeldern definiert, welche für einen automatischen Rangierbetrieb für den Demonstrator benötigt werden.

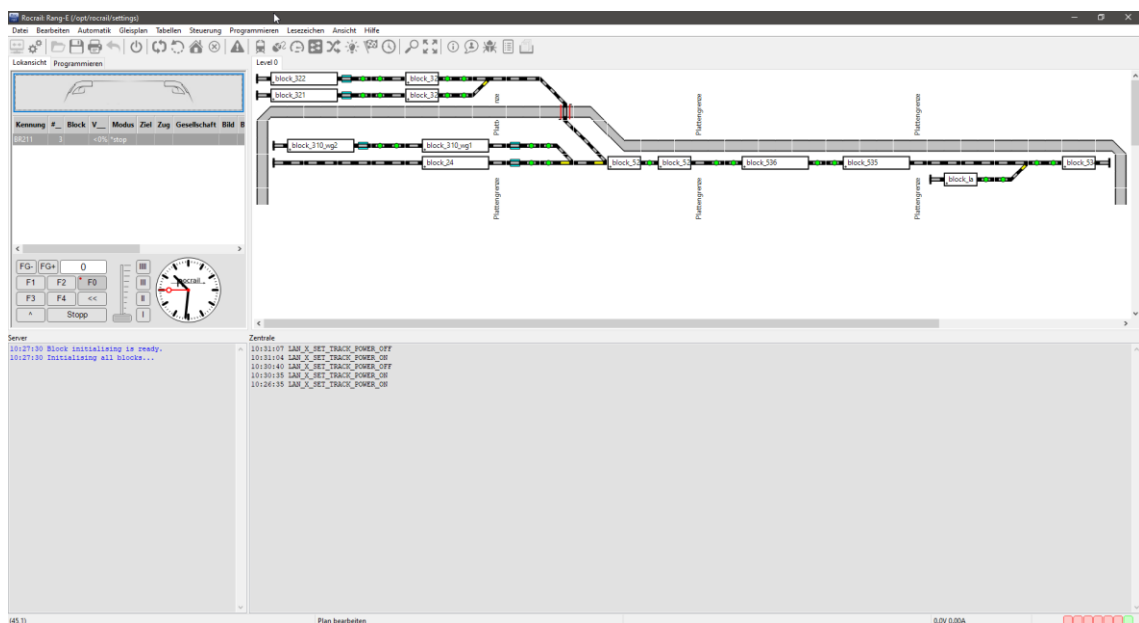


Abbildung 79 Systementwicklungsumgebung Rocrail für den Gleisplan und Fahrbetrieb.

Ergänzt wird die Rocrail-Steuerung durch eine mittels Ablaufplan organisierte Steuerung über die Software Node-RED. Diese Software steuert – je nach gewählter Automatisierungsstufe - den Start einzelner Videosequenzen, Textinhalte sowie auch einzelne Hardwarekomponenten wie bspw. die Schrankenanlage, Andreaskreuze und das Rolltor.

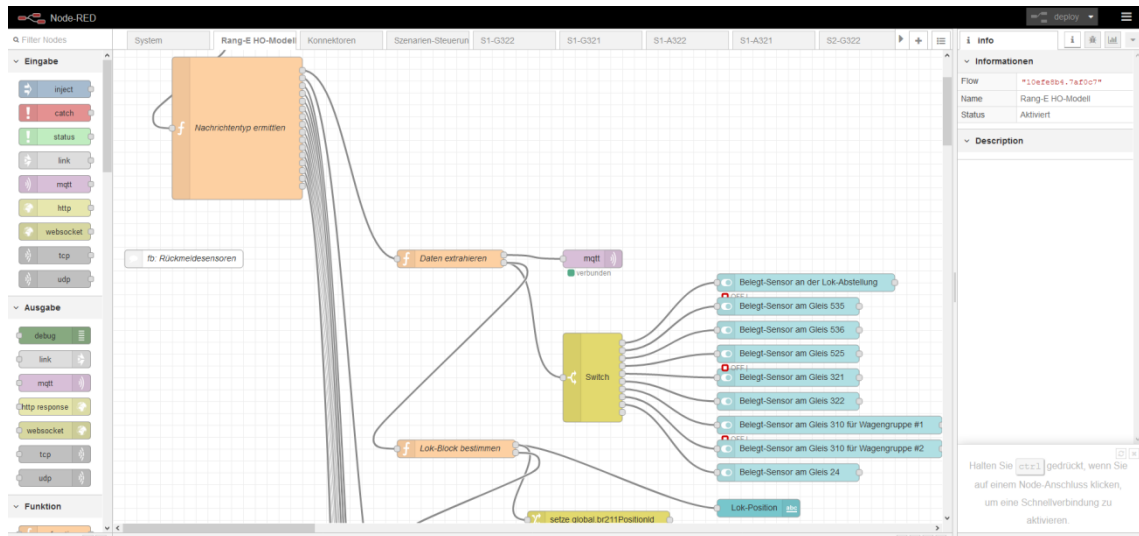


Abbildung 80 Steuerungsumgebung Node-RED für Prozessabläufe im Modell.

Zudem wurde ein Systemstatusmonitor implementiert, der als Dashboard die Zugsteuerung visuell unterstützt.

Szenarien	Schienen-Netz: Sensoren	Schienen-Netz: Aktoren	System
IST-ZUSTAND: GESTELLUNG 322	Belegt-Sensor an der Lok-Abstellung	Andreakreuz	221 Automatisch Track Power
IST-ZUSTAND: GESTELLUNG 321	Belegt-Sensor am Gleis 535	Schranke für Automatikbetrieb	Spannung 17,86
IST-ZUSTAND: ABZIEHEN 322	Belegt-Sensor am Gleis 536	Tor der BLG	Strom 207
IST-ZUSTAND: ABZIEHEN 321	Belegt-Sensor am Gleis 525	Weiche "LA" zwischen Gleis 535 und dem Startpunkt	Temperatur 30
TEILAUTOMATISIERUNG: GESTELLUNG 322	Belegt-Sensor am Gleis 321	Weiche 525	Rangierlok
TEILAUTOMATISIERUNG: GESTELLUNG 321	Belegt-Sensor am Gleis 322	Handweiche 516	Geschwindigkeit Licht
TEILAUTOMATISIERUNG: ABZIEHEN 322	Belegt-Sensor am Gleis 310 für Wagengruppe #1	Weiche 523	Fahrplan
TEILAUTOMATISIERUNG: ABZIEHEN 321	Belegt-Sensor am Gleis 310 für Wagengruppe #2	Entkupplung am Gleis 321	Fahrstraße
UNBEMANNT: GESTELLUNG 322	Belegt-Sensor am Gleis 24	Entkupplung am Gleis 322	Lok-Block
UNBEMANNT: GESTELLUNG 321		Entkupplung am Gleis 310 für Wagengruppe #1	Block block_322_gate
UNBEMANNT: ABZIEHEN 322		Entkupplung am Gleis 310 für Wagengruppe #2	Lok-DestBlock
UNBEMANNT: ABZIEHEN 321		Entkupplung am Gleis 24	Lok-Position loc_pos_bi322_enter
IDEALTYPISCHER HAFEN: GESTELLUNG 24	RocRail Info		
IDEALTYPISCHER HAFEN: ABZIEHEN 24	Auto mode is set to [OFF]		
Power	Rangierbegleiter		

Abbildung 81 Systemstatus-Monitor – Dashboard für automatisierte Komponenten im Modell für den Zugbetrieb.

Über den Startbildschirm können die einzelnen Automatisierungsstufen angewählt und der dazugehörige Modellablauf gestartet werden.

Rang E

Willkommen zu Rang-E!

Bitte wählen Sie eine Automatisierungsstufe, um die Demonstration zu starten.

Abbildung 82 Startbildschirm Rang-E-Dashboard für Automatisierungsstufen

10.1.5 Modellergebnis des Demonstrators

In Abstimmung mit der von IVE durchgeführten Simulation zeigt der Demonstrator für das Beispiel der Gestellung zweier Wagengruppen sowie das Abziehen der beiden Wagengruppen für die unterschiedlichen Automatisierungsstufen die in Abbildung 83 modellhaft ermittelten Zeitersparnisse.

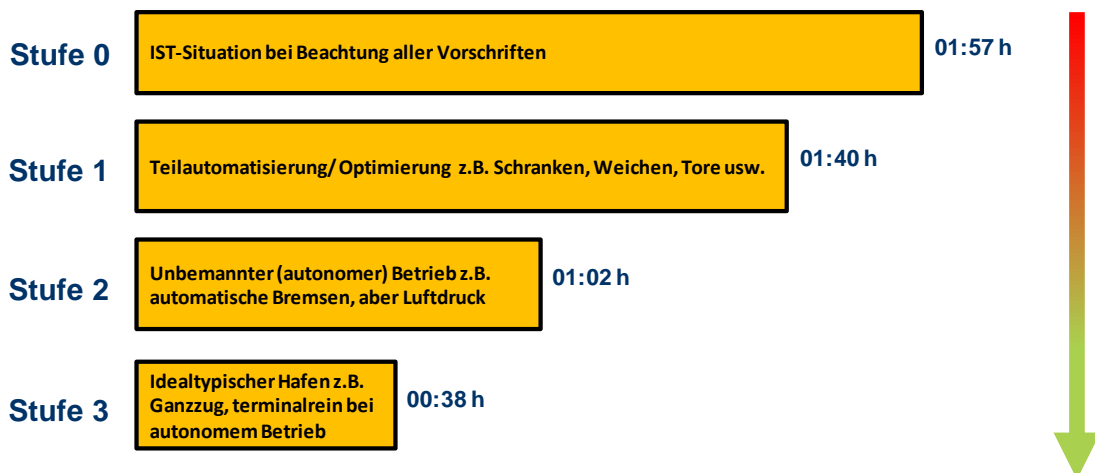


Abbildung 83 Modellergebnis – Zeitbedarfe der Rangierprozesse in den Stufen 0 – 3 an der Gleisanlage 321/322

Die Stufe 0 stellt den Gesamtzeitbedarf für die Gestellung und das Abziehen zweier Wagengruppen in Gleis 321 und 322 unter Berücksichtigung aller Vorschriften dar, welcher sich auf 1h 57min. bezieht.

Allein durch die Umsetzung der Stufe 1 – Teilautomatisierung/Optimierung bspw. im Bereich der Schranken, Weichen und Tore kann die Prozesszeit in Relation zur Stufe 0 um 17 Minuten reduziert werden. Eine Umsetzung der Stufe 1 ist in Bremerhaven flächendeckend möglich.

Die Einführung eines unbemannten/autonomen Rangierbetriebes halbiert annähernd die Rangierzeiten in diesem Modellbeispiel in Relation zu heute. Jedoch ist dies, wie zuvor dargelegt, mit vielen technischen Hürden sowie hohen Investitionskosten verbunden und erscheint in Bremerhaven auch nicht zweckmäßig aufgrund der gewachsenen Strukturen.

Insgesamt verspricht die Stufe 3 – das Konzept eines „Idealtypischen Hafens“ – die größten Produktivitätsgewinne, indem die Rangierzeit auf 38 Minuten reduziert würde. Modellhaft wird die Stufe 3 – Idealtypischer Hafen am Beispiel des Gleis 24 dargestellt, ein 700m Verladegleis für den Autoumschlag bei der BLG, welches bereits heute existiert.

10.2 Präsentationen und Veröffentlichungen

10.2.1 Präsentationen und Projektvorstellungen

04.10.2017	Interview durch Herrn Barth von der Nordseezeitung zu Rang-E
17.10.2017	Präsentation Rang-E bei der AG4 – Automatisiertes Fahren im Nahbereich des VDV
18.10.2017	Vorstellung Rang-E und Gespräch mit EVB Bremerhaven (Mitfahrt)
11.01.2018	Vorstellung Rang-E und Gespräch Stellwerk Bremerhaven
12.01.2018	Gespräch Iven Krämer – SWAH
14.06.2018	Teilnahme Hafenrunde Schiene dbh
01.07.2018	Vorstellung und Gespräch mit Herrn Sobottka (DB Netz)
16.08.2018	Auftaktveranstaltung der Erfahrungsaustauschgruppe der Region Hamburg zum Thema Kombiniertes Verkehr
18.-23.09.2018	InnoTrans 2018 Stand Berlin
02.11.2018	Vorstellung Rang-E BLG Bremerhaven
15.11.2018	Vorstellung und Gespräch DB Bremerhaven
15.02.2019	Gespräch Iven Krämer SWAH
22.02.2019	Gespräch Herr Manuth DB wg. Videoaufnahmen

- 22.02.2019 Gespräch BLG wg. Videoaufnahmen und Besichtigung der Weserportrampe als Beispiel für den idealtypischen Hafen
- 23-25.10.2019 Vorstellung der Rang-E-Ergebnisse auf dem BVL-Kongress
- 30.10.2019 Hafenrunde Schiene Oktober 2019

10.2.2 Konsortialtreffen und Arbeitssitzungen

- 14.08.2017 Internes Kick-Off Rang-E ISL
- 16.01.2018 Konsortialtreffen Rang-E ISL
- 28.02.2018 Konsortialtreffen mit Projektträger
- 20.06.2018 Konsortialtreffen Rang-E ISL
- 13.09.2018 IVE-Arbeitstreffen Braunschweig
- 01.11.2018 Konsortialtreffen Rang-E ISL
- 15.01.2019 Konsortialtreffen Rang-E beim BIBA
- 21.03.2019 Videoaufnahmen Rang-E im Hafen Bremerhaven
- 20.05.2019 Konsortialtreffen Rang-E bei IVE

10.3 Website und Material

10.3.1 Website

Zu Beginn des Projektes Rang-E wurde vom ISL eine Projekthomepage unter der Adresse <https://www.rang-e.de> erstellt, welche die Projektziele erläutert. Sie dient zudem als Portal für Dissemination und den Dialog mit der Öffentlichkeit.

Autonomes Rangieren auf der Hafenbahn



Quelle: Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser GmbH

Zielsetzung des Projektes Rang-E ist es, die Rangierprozesse in Seehäfen durch Prozessoptimierung und Automatisierung effizienter zu gestalten.

Ausschlaggebend für das Forschungsprojekt ist der Umstand, dass die Schiene bei Empfang und Versand im Hafen durch bahnbetriebliche Regelungen und Vorschriften im intermodalen Vergleich zeitlich deutlich benachteiligt ist. Nach der Trennung der Streckenlok im Hafengebiet erfolgt der Transport der Züge bzw. Waggons in den meisten Fällen per Rangierlok zu den Terminals, in denen zunächst Kontrollarbeiten am Zug und an der Ladung erforderlich werden. In der Konsequenz erfolgen die ersten Ladungsbewegungen an einem Güterzug oft erst Stunden nach der Ankunft im Hafengebiet. Bei Zügen, die im Hafen zusammengestellt oder neu beladen werden, entstehen durch vorgeschriebene Bremsproben, durch Ladungskontrollen und Rangierarbeiten im Mittel ebenfalls etwa zwei Stunden Verzögerungen, bevor die Züge das Hafengebiet zu ihren Zielorten verlassen können.

Rang-E untersucht die Potenziale und Hemmnisse für die Einführung einer intelligenteren Steuerung der Zugverkehre auf der Hafeneisenbahn am Beispiel des Pilothonhafens Bremerhaven. Dabei sind insbesondere die Aspekte abzuklären, die die Komplexität dieses Anwendungsbereichs im Vergleich zu bisherigen Ansätzen autonomer Rangiervorgänge, z. B. durch Personen und kreuzende Verkehre durch Umschlaggeräte, ausmachen.

Das Projekt Rang-E ist eine Durchführbarkeitsstudie zur Beurteilung der Machbarkeit von autonomen Rangiervorgängen am Beispiel der Hafenbahn Bremerhaven. Es werden technische, ökonomische und rechtliche Aspekte beleuchtet. Das autonome Rangieren ermöglicht langfristig die optimierte Disposition und Einsatzsteuerung von Rangierloks im Hafen – sowohl beim Containerumschlag als auch im Automobilumschlag. Die Terminals in Bremerhaven bieten dabei eine ausgezeichnete Plattform, da Bremerhaven einen der höchsten Bahn-Anteile im Hinterlandverkehr aufweist. Durch das Projektteam werden verschiedene Automatisierungsstufen bis hin zur vollständigen Autonomie und Selbststeuerung von Rangiereinheiten beleuchtet. Zudem wird untersucht, inwieweit ein Diesel-unabhängiger Rangierbetrieb mittels elektrischer Akkumulatoren umsetzbar ist bzw. welche Voraussetzungen dafür im Hafengebiet zu schaffen sind. Rang-E bezieht die Kompetenz der im Hafengebiet tätigen Unternehmen inkl. derer aktuellen Strategien zur Digitalisierung der deutschen Wirtschaft wie Internet of Things (IoT) und Logistik 4.0 unmittelbar mit ein.

Der **Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen der Freien Hansestadt Bremen**, der aktiv an der Projektgestaltung beteiligt war, beabsichtigt mit diesem Vorhaben, die Innovationskraft des Verkehrsträgers Schiene im Verkehr auf der letzten Meile zu steigern und so den im Bereich des autonomen Fahrens stark anwachsenden Wettbewerbsnachteil der Schiene gegenüber der Straße aufzuheben.

Steckbrief RANG-E

Projektlaufzeit
◦ 08/2017 - 07/2019

BMVI-Fördermaßnahme
◦ Förderinitiative IHATEC

Projektpartner
◦ BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH
◦ Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb (IVE)
◦ Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (Verbundkoordinator)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Abbildung 84 Projekthomepage Rang-E

10.3.2 Flyer

Darüber hinaus wurde vom ISL ein Flyer erstellt, welcher unter anderem auf der InnoTrans 2018 (18.-23.09.2018) – der bedeutendsten Bahnmesse in Deutschland – sowie der INNOspace Masters Konferenz am 03.07.2019 in Berlin verteilt wurde.



Abbildung 85 Flyer Rang-E



Abbildung 86 Rang-E auf der INNOspace Masters Konferenz 2019 in Berlin.

10.3.3 RollUp

Für öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen sowie Messeauftritte wurde ein RollUp vom ISL designt. Nachfolgende Abbildung zeigt das RollUp auf der InnoTrans 2018 in Berlin mit Mitarbeitern von IVE.



Abbildung 87 RollUp Rang-E – hier auf der InnoTrans 2018 in Berlin.

10.4 Verwertungsplan

Eine Veränderung des Verwertungsplans war über die Projektlaufzeit nicht notwendig.

10.4.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Bei allen beteiligten Verbundpartnern (ISL, BIBA und IVE) handelt es sich um gemeinnützige Forschungseinrichtungen. Daher ist eine wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse nur in einem begrenzten Rahmen möglich und tritt für die Verbundpartner gegenüber der wissenschaftlichen Verwertung in den Hintergrund.

Wirtschaftliche Aussichten sind gegeben, wenn die entwickelten Konzepte kommerziell verwendet werden würden. Kurz und mittelfristig wird dies über die assoziierten Partner gewährleistet und wird von der Senatorin für Wissenschaft und Häfen (SWH) als ebenfalls assoziiertem Partner koordiniert.

Geplant ist die Prüfung und Integration der von Rang-E erarbeiteten Konzepte durch die Partner Eurogate Container Terminal Bremerhaven, den BLG Auto-Terminal Bremerhaven, die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), den Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) sowie die DB Cargo AG nach Projektende.

Bei der Hafentrunde Schiene am 30.10.2019 kam die Frage auf, welche Maßnahmen denn für eine Umsetzung im historisch gewachsenen Hafen Bremerhaven uneingeschränkt geeignet sind. Hierzu zählen nach Ansicht des Gutachters sämtliche technische Maßnahmen zur Optimierung und Teilautomatisierung von Toren, Weichen und Signalanlagen, wobei auch die Implementierung von automatischen Schrankenanlagen umsetzbar ist. Diese sind in Stufe 1 der Automatisierungsstufen enthalten und beschrieben.

Über die breit aufgestellten assoziierten Partner des Projektverbunds ist insgesamt eine deutschlandweite, wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse gewährleistet.

10.4.2 Wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten

Automatisierungstechnik ist inzwischen weitgehend etabliert und wird in vielen industriellen Bereichen zur Effizienzsteigerung von Prozessen herangezogen. Daher kann auch im betrachteten Fall der Hafeneisenbahn von einer signifikanten Verbesserung durch die Umstellung auf einen autonomen Rangierbetrieb ausgegangen werden.

Werden bei der Spezifikation und Gestaltung der entwickelten Konzepte zukunftsweisende Technologien verwendet und diese unter Berücksichtigung ökonomischer und rechtlicher Aspekte sinnvoll integriert, steht ihrer längerfristigen Verwertung nichts im Wege. Durch den ganzheitlichen Ansatz und der Betrachtung sowohl technischer (BIBA), ökonomischer (ISL) und rechtlicher Fragestellungen (IVE), durch jeweils darauf spezialisierte Forschungspartner, können die wissenschaftlichen und technischen Erfolgsaussichten von Rang-E als sehr positiv beurteilt werden.

10.4.3 Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Im Fokus der wissenschaftlichen Verwertung steht die Verwertung der im Projektverlauf erzielten Erkenntnisse.

Die wissenschaftlich verwertbaren Ergebnisse umfassen für den Forschungspartner ISL:

- Im Verlauf der Prozessanalysen erzielte Ergebnisse,
- Kenntnisse bezüglich der Schwachstellen und Altlasten der avisierten Konzepte,
- Das Stufenkonzept der Soll-Prozesse,
- Die für die jeweiligen Stufen entwickelten Algorithmen und Sicherheitsfragen,
- Ergebnisse der SWOT-Analyse,
- Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Betrachtung.

Für das BIBA steht die Verwertung der folgenden Ergebnisse im Vordergrund der wissenschaftlichen Verwertung:

- • Ergebnisse der Analyse verschiedener technischer Ansätze,
- • Gestaltung und Spezifikation der Technologien, insbesondere der Mensch-Maschine Schnittstellen, für die jeweiligen Stufen,
- • Erkenntnisse zu den Auswirkungen der Automatisierungskonzepte auf Arbeitnehmer und Organisationen sowie der Veränderung der Anforderungen an Qualifikation und Training,
- • Aus der Umstellung auf autonomen Betrieb ableitbare, neue Dienstleistungen für die beteiligten Organisationen.

Für das IVE steht die wissenschaftliche Verwertung folgender Projektinhalte im Vordergrund:

- • Ergebnisse aus der Analyse der rechtlichen Aspekte der avisierten Konzepte,
- • Detaillierte Analyse rechtlicher Fragestellung der einzelnen Stufen,
- • Gestaltung des Simulationsmodells.

Die kurzfristige Verwertung der Ergebnisse aus wissenschaftlicher Sicht beinhaltet in erster Linie Veröffentlichungen in Fachbüchern und Fachzeitschriften. Des Weiteren werden Veröffentlichungen während und kurz nach der Projektlaufzeit auf wissenschaftlichen Konferenzen angestrebt. Die Konferenzen beinhalten Communities, in denen die beteiligten Verbundpartner tätig sind und garantieren somit nicht nur die Verbreitung der Ergebnisse auf nationaler Ebene, sondern auch die Reflektion der Ergebnisse durch ausgewiesene ExpertInnen. mittel- bis langfristig werden die Ergebnisse außerdem durch die Institute ISL, BIBA und IVE genutzt, um Folgeprojekte zu beantragen.

Weiterhin werden kurzfristig Teilaspekte des Verbundprojekts Rang-E in der Form von Master- und Doktorarbeiten auch über das Projektende hinaus bearbeitet und fortentwickelt und tragen damit zu einer weiteren Verwertung der Projektergebnisse bei.

MitarbeiterInnen der Institute ISL, IVE und BIBA bieten verschiedene Lehrformate u. a. an der Universität Bremen und der TU Braunschweig im Bereich der (Wirtschafts-/

Verkehrs-) Ingenieurausbildung sowie an der Hochschule Bremerhaven in den Studiengängen Transportwesen/Logistik und Integrated Safety & Security Management an. Mittelfristig werden Konzepte und Ergebnisse aus dem Projekt Rang-E in diese Lehre integriert, u. a. durch das Angebot von Methoden-Laboren, in denen Studierende die in Rang-E eingesetzten Medien und Methoden selber nutzen können, um somit ihre eigenen Kompetenzen in der Prozesssimulation, sowie der Automatisierungstechnik fortzuentwickeln.

10.4.4 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit wird durch die Forschungspartner ISL, BIBA und IVE durch das Angebot von Beratungstätigkeiten für die regionale und nationale Industrie und Wirtschaft realisiert. Dabei können die Ergebnisse von Rang-E auch auf andere Bereiche und Branchen transferiert werden, die von Automatisierungstechnik und autonomen Fahrzeugen profitieren können. Eine gute Übertragbarkeit der Projektergebnisse ist zu erwarten auf Hafeneisenbahnen für anderen See- und Binnenhäfen in Deutschland sowie auf Bahnterminals im Hinterland, z. B. in GVZ.

Im Projektverlauf wurde eine enge Zusammenarbeit mit den assoziierten Partnern angestrebt, die die Durchführung von Prozessanalysen und Befragungen am Standort Bremerhaven einschließt und dies wird auch nach Projektende forciert. Da die assoziierten Partner maßgeblich für die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse eintreten, ist somit auch von einer guten wirtschaftlichen Anschlussfähigkeit der Projektergebnisse auszugehen. Unterstützt wird dies zusätzlich durch die Koordination durch die Senatorin für Wissenschaft und Häfen Bremen (SWH).

10.4.5 Einbindung von Nutzern/Betreibern – Einführungs- und Diffusionsstrategien

Durch die Konsortialbildung sind betroffene Nutzer bereits in dieser Phase eingebunden, im Einzelnen:

- • Eisenbahninfrastrukturunternehmen Hafenbahn (SWH)
- • Umschlagsbetriebe Container und Automobil (Eurogate, BLG)
- • Eisenbahnverkehrsunternehmen (evb, DB Cargo)
- • Rangierdienstleister (evb, DB Cargo).

11 Verbundkoordination (ISL)

11.1 Technische und Wissenschaftliche Verbundkoordination

Der Verbundkoordinator ISL hat die Verbundtreffen koordiniert. Hierzu gehört die Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von Verbundtreffen, das Hinwirken auf pünktliche Abgabe von Zwischen- und Endberichten sowie die Kommunikation mit dem Projektträger.

11.2 Risikomanagement

Mögliche Risiken, die einer erfolgreichen Durchführung des Projekts entgegenstehen, wurden seitens des Verbundkoordinators ISL analysiert und hierzu gemeinsam mit den Verbundpartnern Lösungen erarbeitet.

Hierzu zählt bspw. die rechtzeitige Beantragung einer kostenneutralen Verlängerung der Projektlaufzeit um drei Monate, da die Beschaffung für die Bauteile des Demonstrationsmodells durch Lieferschwierigkeiten sich u.a. soweit verzögerte, dass eine rechtzeitige Fertigstellung nicht garantiert werden konnte. Zudem diente das Modell als Evaluationstool der Simulationsergebnisse und war von hoher Bedeutung für die Ergebniserzeugung und den Transfer. Daher waren auch die Projektpartner von dieser Verzögerung betroffen. Die Kostenneutrale Verlängerung führte zur Anpassung des u.a. Zeitplanes.

Nachfolgende Abbildung 88 stellt den Projektzeitplan nach Arbeitspaketen zum Ende des Projektes dar.

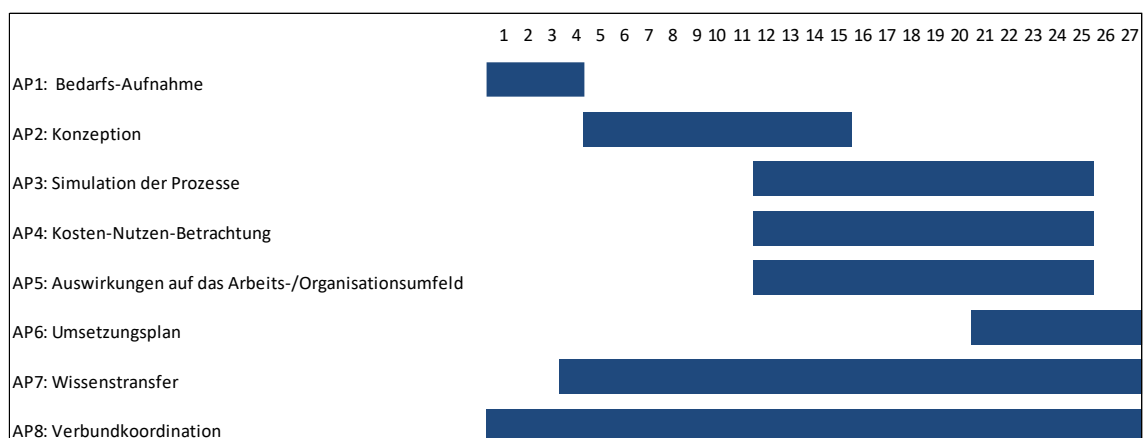


Abbildung 88 Zeitplan - Stand Projektende

12 Evaluierung mit Darstellung der quantitativen und/oder qualitativem Effekte des Projektes

12.1 Vorteile für die Projektbeteiligten selbst

Ein wesentlicher Nutzen des Projektes Rang-E ist das Aufzeigen von Anforderungen und Hemmnissen bei der Automatisierung von Rangierprozessen in gewachsenen Hafeninfrastrukturen. Durch die Analyse der heutigen Rangierprozesse, Technologien und rechtlichen Rahmenparameter am Beispiel Bremerhaven wird deutlich, dass innerhalb gewachsener, offener Strukturen systemexterne Einflüsse wie etwa Wechselwirkungen zwischen Individualverkehr und Straßengüterverkehr mit der Hafenbahn hemmend auf Automatisierungsbestrebungen wirken.

Die Herausforderung für die Zukunft besteht darin, bereits verfügbare autonome Technologiekonzepte in die Prozesse der Hafenbahn zu integrieren. So würden z.B. für einen autonomen Fahrbetrieb zum Kuppeln und Trennen von Güterwaggons moderne automatische Kupplungen benötigt. Die Visualisierung der betrachteten Automatisierungsstufen wurden vom ISL in einem H0-Eisenbahnmodell implementiert.

Das Forscherteam hat über die benötigten Automatisierungstechnologien, -prozesse und rechtlichen Rahmenparametern hinaus einen weiteren Weg zur Zeit- und Kosteneinsparung im Hafenbahnbetrieb identifiziert. Das Konzept eines sog. „Idealtypischen Hafens“ erfordert eine terminalreine Ganzzugstellung. Hierzu ist es notwendig, dass jedes Terminal im Hafen über eine hinreichende Anzahl gerader Verladegleise von mindestens 700m Länge verfügt und im Vorfeld die Züge terminalrein zusammengestellt werden.

Eine Umsetzung des Konzeptes eines idealtypischen Hafens erscheint in Bremerhaven aufgrund der gewachsenen Infrastruktur kaum realisierbar. Vielmehr eignet sich das zentrale Projektergebnis aus Rang-E - das Konzept eines idealtypischen Hafens - als bremsischer Forschungsimpuls für die zukünftige Entwicklung neuer Hafenanlagen.

Durch die intensive Zusammenarbeit der Partner in dem F&E-Projekt Rang-E konnten die vorhandenen Kenntnisse im Bereich Hafeneisenbahn vertieft werden und auch neue Erkenntnisse im Bereich möglicher Automatisierungsprozesse und -technologien wurden gewonnen, wie bspw. durch den Paradigmenwechsel (Zusammenlegung der ehemaligen Automatisierungsstufen 2 - fahrerlos und 3 - unbemannt zu 2 - unbemannt/autonom) und dem Automatisierungskonzept eines Idealtypischen Hafens deutlich wird. Auch wurde die Kompetenz im Bereich der BPMN-Prozessmodellierung innerhalb Rang-E vertieft und erweitert.

Diese Erkenntnisse werden als Expertise mit hohem Verwertungspotential für eine zukünftige Beratung von Rangierdienstleister und Terminalbetreiber eingeschätzt. Eben-

falls kann das H0-Demonstrationsmodell in zukünftigen Projekten zur Visualisierung eingesetzt werden. Die entwickelten Vorlagen für Planspiele sind erweiterungsfähig und werden ebenfalls als sinnvoll für eine Beratung von Rangierdienstleistern angesehen.

Die Kooperation mit den Rang-E-Partnern bietet darüber hinaus eine exzellente Möglichkeit, Beratungsdienstleistungen als Gruppe anbieten zu können, die kein Partner allein leisten könnte. Wo es sinnvoll ist, wird auch im wissenschaftlichen Bereich die Zusammenarbeit zwischen den Rang-E-Partnern angestrebt.

12.2 Nutzen für die deutsche Hafenwirtschaft insgesamt

Ein wesentlicher Produktivitätsgewinn durch Zeitersparnis bei den Prozesszeiten wird im Konzept eines „Idealtypischen Hafens“ durch eine terminalreine Ganzzugstellung ermöglicht. Hierzu ist es erforderlich, dass alle Terminals im Hafen mit hinreichend vielen, geraden 700m Verladegleisen ausgestattet sind. Zudem sollten für einen autonomen Betrieb systemexterne Einflüsse minimiert werden.

Eine Übertragbarkeit des Konzeptes eines „Idealtypischen Hafens“ auf die in Bremerhaven vorherrschende historisch gewachsene Infrastruktur erscheint aus Sicht des Konsortiums nur schwerlich umsetzbar. An zahlreichen Punkten im Hafen kommt es zu Hemmnissen durch systemexterne Einflüsse, bspw. an der Straße „Am Nordhafen“, im Bereich der „Senator-Borttscheller Str.“ vor dem Stellwerk und der Einfahrt zur Blockabstellung sowie bei der Querung von der „Senator-Borttscheller-Str.“ zum „Amerikaring (vgl. Abbildung 71).



Abbildung 89 Beispiele für systemexterne Einflüsse, welche einen automatisierten Rangierbetrieb erschweren.

Zudem ist der Platzbedarf für die geraden 700m Verladegleise enorm. Es ist nur schwerlich vorstellbar, in Bremerhaven die entsprechenden Gleise auf bereits genutzten Flächen im laufenden Betrieb zur Verfügung zu stellen und diese auch bahnseitig mittels Zuwegungsgleisen anzubinden.

Vielmehr eignet sich das Konzept eines „Idealtypischen Hafens“ als Innovationsimpuls für eine zukünftige Umsetzung in neu zu planenden Häfen andernorts in der Welt.

Dennoch lassen sich in Bremerhaven und auch anderen Häfen in Deutschland sämtliche Maßnahmen ergreifen, die eine vollständige Umsetzung einer Stufe 1 - Optimierung/Teilautomatisierung zum Ziel haben. Hierzu zählt bspw. die Automatisierung von Weichen, Schranken und Toranlagen.

12.3 Gegenüberstellung von Nutzen für Umwelt und Allgemeinheit zu den Aufwendungen bzw. Projekterträgen

Wurden bisher innovative Ansätze zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Verkehrsträgers Schiene für den Gütertransport im Bereich der EVUs initiiert, so fokussiert Rang-E auf die letzte Meile im hafenbezogenen Rangierbetrieb. Aus erzielten Systemverbesserungen im Bereich Hafenbahn resultieren umgehend wettbewerbsrelevante verbesserte Durchlaufzeiten für das Gesamtsystem Schiene in Relation zu anderen Verkehrsträgern. Sollten durch beschleunigte Abwicklungszeiten im Hafen durch Au-

tomatisierung Verlagerungseffekte von der Straße auf die Schiene resultieren, hätte dies einen hohen Nutzen für Umwelt und Allgemeinheit. Im Hinblick auf dieses Idealziel stellen die Ergebnisse aus Rang-E eine Vorleistung dar.

13 Literaturverzeichnis

- BAV/OFT/UFT, Plutowiki - Bundesamt für Verkehr (BAV) (2018): Fahrdienstvorschriften (FDV), R 300.14, Beilage 1, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27628605>; abgerufen am 06.06.2018
- BLG AutoTerminal Bremerhaven GmbH & Co. KG (2015) "Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen ATB – Besonderer Teil, S. 9.
- Booth, A. (2006). The Management of Technical Change: Automation in the UK and USA since 1950. New York: Springer.
- bremenports (2019): Nutzung- und Entgelte, <https://bremenports.de/hafeneisenbahn/nutzung-und-entgelte/>
- bremenports (2011 Masterplan Hafeneisenbahn Bremerhaven, S. 10
- Bruckmann, D., Fumasoli, T., & Mancera, A. (2014). Innovationen im alpenquerenden Güterverkehr. Online Ressource: <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/37728.pdf>
- Bruder, R., & Didier, M. (2009). Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. In Handbuch Fahrerassistenzsysteme (pp. 313-324). Vieweg+ Teubner.
- Cappaert-Blondelle, S. (2012). Metro Automation Facts, Figures and Trends. The International Association of Public Transport (UITP). Technical report. Belgium.
- Damm, W., & Kalmar, R. (2017). Autonome Systeme. Informatik-Spektrum, 40(5), 400-408.
- DB Cargo (2019): <https://www.dbcargo.com/rail-deutschland-de/news-und-medien/presse/pressemitteilungen/intelligente-gueterwagen-1697552>
- Degenstein, T., & Winner, H. (2008). Messverfahren zur Analyse der Bremsvorgänge bei Scheibenbremsen. ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift, 110(11), 1030-1036.
- DIN EN ISO 9241-110:2019, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Interaktionsprinzipien (ISO/DIS 9241-110:2019)
- Dober, P. (2015). SBB Cargo – auch dank technischer Innovationen in eine kombinierte Zukunft. Eisenbahntechnische Rundschau April 2015.
- Eckl-Dorna, W. (2018). Wo Roboterautos besser sind - und wo der Mensch - Fahren bei Glatteis, Dunkelheit, Regen etc. Online Ressource: <http://www.managermagazin.de/unternehmen/autoindustrie/selbstfahrendes-kfz-mensch-vs-maschine-wer-gefahren-besser-erkennt-a-1200362-5.html>
- Enning, M. & Pfaff, R. (2017). Güterwagen 4.0–Der Güterwagen für das Internet der Dinge. Eisenbahntechnische Rundschau Januar+Februar 2017.
- Ernst & Young GmbH, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, SIGNON Deutschland GmbH, TÜV SÜD Rail GmbH, Becker Büttner Held, IFOK GmbH. (2016). Ergebnisbericht Studie Wasserstoff-Infrastruktur für die Schiene. NOW GmbH: Berlin.
- European Rail Rent GmbH (ERR). (2018). Bedienungsanleitung für 6achs. Gelenk-Containertragwagen - Bauart Sggmrs(s) 2. Online Ressource: http://www.railcargowagon.at/de/Unsere_Fahrzeuge/_Bedienungsanleitungen_pdf/B_A_Sggmrss_2_4961_Anlage_1.pdf
- Fassbinder, S. (2011). Energieeffizienz im Schienenverkehr – Teil 2: Elektrische Zugförderung und Zukunftskonzepte. Elektropraktiker, Berlin 65 (2011) 2.
- Fraszczyk, A., Brown, P., & Duan, S. (2015). Public perception of driverless trains. Urban Rail Transit, 1(2), 78-86.

- Franzen, Julius; Pinders, Udo; Stecken, Jannis; Kuhlenkötter, Bernd (2017): Automatisiertes Rangieren mit Schienenfahrzeugen - welchen Beitrag können fahrzeugseitige Assistenzsysteme leisten? In: 1st International Railway Symposium.
- Hagenlocher, S. (2015). Automatische Kupplungssysteme im Schienengüterverkehr - eine Übersicht. Online Resource: <http://www.innovative-freight-wagon.de/wp-content/uploads/TIS-uebersicht-Kupplungssysteme.pdf>, Abruf am 09.02.2018
- Haist, T. (2016). Autonomes Fahren: Eine kritische Beurteilung der technischen Realisierbarkeit. Online Ressource: <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/8881/1/TechnischeProblemeAutonomesFahren.pdf>
- Hansen, C., Daim, T., Ernst, H., & Herstatt, C. (2016). The future of rail automation: A scenario-based technology roadmap for the rail automation market. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 196-212.
- Hfkern. (2002). Deutschland: Loks: BR E80. Online-Ressource: http://www.hfkern.de/Vorbild/E_80.html
- Internationales Verkehrswesen (2019): <https://www.internationales-verkehrswesen.de/bremen-konzepte-fuer-autonomes-rangieren-auf-der-hafenbahn/>, vom 05.11.2019, abgerufen am 03.12.2019.
- Jentges, Ralf. (2017). Kosteneffizienz durch Umweltschutz - elektromobile Lösungen der letzten Meile. Vorträge der 11. Fachtagung Schienengüterverkehr Mitteldeutschland in Leipzig. Online Ressource: http://www.schienerverkehr.de/fachtagungen/mitteldeutschland/fachtagung_11.pdf
- Kache, M. (2014). Hybridlokomotive – Ein globaler Überblick. *Eisenbahntechnische Rundschau* 10, Oktober 2014, S. 32-36.
- Kleemann, U., Haupt, R., Galander, J., & Loebner, R. (2012). Bremssysteme von Schienenfahrzeugen. In *Bremsenhandbuch* (S. 345-364). Vieweg+ Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Kretschmer, V., Schmidt, M., Schwede, C., Schäfer, S., & Müller, G. (2018). Spielerisch zum Trainingserfolg: Evaluationsstudie eines PC-basierten Serious Games für die Verpackungslogistik bei DB Schenker. *Logistics Journal: Proceedings*, 2018(01).
- Luther, D. (2015). Automatisierte Bremsprobe im Schienengüterverkehr. *ZEVrail* 139.
- Marinekommando (2018). Jahresbericht 2018 - Fakten und Zahlen zur maritimen Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland. Bonn: Zentraldruckerei Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr.
- Martin, U., von Molo, C., Ji, K., Körner, M., & Podolskiy, I. (2015). Umfassende Einführung der Mittelpufferkupplung – Perspektiven für Eisenbahninfrastrukturunternehmen. *Neues verkehrswissenschaftliches Journal (NVJ)* 13.
- Minde, F. (2007). Grundlagen der Eisenbahnbremstechnik. Deutsche Bahn AG-Technik/Beschaffung-DB Systemtechnik. Online Ressource: https://www.ids.uni-hannover.de/fileadmin/IDS/ids_lehre/SFZ/Vortrag_Trainees_Grdl_2007.pdf
- Moretti, M., Arendt, F., Malm, G., Garrod, T., Gilbert, T., Coart, F., ... & Citroën, P. (2013). Challenge 2050. The rail sector vision. Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER), European Infrastructure Managers (EIM) and International Union of Railways (UIC).
- Nießen, Nils; Schindler, Christian; Vallée, Dirk (2017): Assistierter, automatischer oder autonomer Betrieb - Potentiale für den Schienenverkehr (4), S. 32–37.
- Norfolk Southern Corporation (2009) Horse of a different color. *Biz NS* 6 (1), S. 7-9. Online Ressource: <http://www.nscorp.com/nscorphtml/bizns/bizNS1-6.pdf>
- Pescher, H., Richter, H., Kukacka, M., & Strahberger, H. (2000). Zugsicherungstechnik bei der Wiener U-Bahn. *e&i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 117(3), 198-207.

- Ritter, T. (2017). Die automatische Bremsprobe macht das Trio komplett. Online Ressource: <https://blog.sbbcargo.com/31156/serie-automatische-bremsprobe/>
- SBB Cargo (2019): SBB Cargo Automatische Kupplung. In diesem Beispiel wurde die Zeit ermittelt unter der Annahme, dass das Lösen in Zukunft auch automatisch funktioniert. <https://www.youtube.com/watch?v=2gVfspNbzT4> vom 14.05.2019:
- SBB Cargo Medienmitteilung vom 30.05.2017: Intelligenter Güterwagen geht in Serie, <https://www.sbbcargo.com/de/medien/cargo-medienmitteilungen/detail.html/2017/5/3005-2> , abgerufen am 07.01.2020.
- Schöbel, A. (2005). Ansatz zur wirkungsvollen Positionierung von Zuglaufüberwachungseinrichtungen. Signal + Draht 97.
- Schmidt, B., Enning, M., & Pfaff, R. (2017). Güterwagen 4.0-Der Güterwagen für das Internet der Dinge. Teil 3: Einführungsszenarien für aktive, kommunikative Güterwagen. Eisenbahntechnische Rundschau. Mai 2018.
- Siemens AG. (2008). Weichenantrieb S 700 K - Weichen zuverlässig stellen. Online Ressource: <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/de/rail-solutions/rail-automation/signaling-components/s-700-k-de.pdf>
- Siemens AG. (2014). Trainguard – Volle Interoperabilität für den Bahnverkehr. Online Ressource: <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/de/rail-solutions/rail-automation/train-control-systems/trainguard-mappe-de.pdf>
- Steiner, M., Klohr, M., & Pagiela, S. (2007). Energy storage system with ultracaps on board of railway vehicles. Konferenzband der *2007 European Conference on Power Electronics and Applications* (S. 1-10).
- Strecker, N. (2011). Kuppeln von Eisenbahnfahrzeugen (Unterweisung Eisenbahner/-in). München, GRIN Verlag.
- RheinCargo (2017): Projektpräsentation RTUS, Rhein Cargo und FH Aachen 2017.
- Takeda, H. (2014). Das synchrone Produktionssystem: Just-in-time für das ganze Unternehmen. Vahlen.
- Tasler, G., & Knollmann, V. (2018). Einführung des hochautomatisierten Fahrens – auf dem Weg zum vollautomatischen Bahnbetrieb. SIGNAL+ DRAHT 110, 6/2018.
- Thater, S.; Schreiber, S. (2018): Signalbuch-Online, Kennzeichnung der Hebelgewichte von ortsgestellten Weichen; <http://www.tf-ausbildung.de/SignalbuchOnline/hebelgewichte.htm>; abgerufen am 15. Mai 2018
- Thim, C. (2017). Technologieakzeptanz in Organisationen. Dissertation. Universität Potsdam.
- Tritschler, S.; Ji, K (2016). Studie zum Einsatz von HybridFahrzeugen im SPNV. Online Ressource: https://www.nvbw.de/fileadmin/nvbw/mediathek/downloads/Einsatz_von_Hybrid-Fahrzeugen_im_SPNV_Endfassung.pdf.
- Voith GmbH & Co. KGaA. (2018). Optimierte, automatische Kupplung Voith CargoFlex Typ Scharfenberg für Güterverkehr im Probebetrieb. Pressemitteilung. Online-Ressource: http://voith.com/corp-de/news-room/press-releases_101475.html
- Wallstreet-online (2019): <https://www.wallstreet-online.de/nachricht/10167620-velodyne-preis-beliebtsten-lidar-sensor-haelfte>
- Zweigel, R. (2018). Gleisgenaue Positionsbestimmung für automatisierte Bahnanwendungen. Pressemitteilung. Online Ressource: <http://www.rwth-aachen.de/go/id/qwj1>

Anlage

Rechtliche Rahmenparameter

Nachfolgend werden die relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen für das Rangieren auf der Hafenbahn identifiziert, welche bei einem Automatisierungsvorhaben tangiert werden.

Bei den rechtlichen Rahmenbedingungen handelt es sich um Gesetze oder Verordnungen. Entsprechend der Rechtsnormenhierarchie können Regelungen im Bundes- oder Landesrecht getroffen werden. Während Gesetze von technischen Details befreit werden, finden diese ihre Berücksichtigung in Verordnungen. Dementsprechend wurden im AP 1.5 Gesetze und Verordnungen ausgewertet und anschließend im AP 2.5 werden zusätzlich noch sämtliche Richtlinien berücksichtigt.

1. Bundesrecht

- (1) Alle Deutschen haben das Recht, Beruf, Arbeitsplatz und Ausbildungsstätte frei zu wählen. Die Berufsausübung kann durch Gesetz oder auf Grund eines Gesetzes geregelt werden.
- (2) Niemand darf zu einer bestimmten Arbeit gezwungen werden, außer im Rahmen einer herkömmlichen allgemeinen, für alle gleichen öffentlichen Dienstleistungspflicht.
- (3) Zwangsarbeit ist nur bei einer gerichtlich angeordneten Freiheitsentziehung zulässig

2. BDSG

§ 6b Beobachtung öffentlich zugänglicher Räume mit optisch-elektronischen Einrichtungen

- (1) Die Beobachtung öffentlich zugänglicher Räume mit optisch-elektronischen Einrichtungen (Videoüberwachung) ist nur zulässig, soweit sie
 1. zur Aufgabenerfüllung öffentlicher Stellen,
 2. zur Wahrnehmung des Hausrechts oder
 3. zur Wahrnehmung berechtigter Interessen für konkret festgelegte Zwecke erforderlich ist und keine Anhaltspunkte bestehen, dass schutzwürdige Interessen der Betroffenen überwiegen. Bei der Videoüberwachung von
 - i. öffentlich zugänglichen großflächigen Anlagen, wie insbesondere Sport-, Versammlungs- und Vergnügungsstätten, Einkaufszentren oder Parkplätzen, oder
 - ii. Fahrzeugen und öffentlich zugänglichen großflächigen Einrichtungen des öffentlichen Schienen-, Schiffs- und Busverkehrs gilt der Schutz von Leben, Gesundheit oder Freiheit von dort aufhältigen Personen als ein besonders wichtiges Interesse.
- (2) Der Umstand der Beobachtung und die verantwortliche Stelle sind durch geeignete Maßnahmen erkennbar zu machen.
- (3) Die Verarbeitung oder Nutzung von nach Absatz 1 erhobenen Daten ist zulässig, wenn sie zum Erreichen des verfolgten Zwecks erforderlich ist und keine Anhalts-

punkte bestehen, dass schutzwürdige Interessen der Betroffenen überwiegen. Absatz 1 Satz 2 gilt entsprechend. Für einen anderen Zweck dürfen sie nur verarbeitet oder genutzt werden, soweit dies zur Abwehr von Gefahren für die staatliche und öffentliche Sicherheit sowie zur Verfolgung von Straftaten erforderlich ist.

- (4) Werden durch Videoüberwachung erhobene Daten einer bestimmten Person zugeordnet, ist diese über eine Verarbeitung oder Nutzung entsprechend den §§ 19a und 33 zu benachrichtigen.
- (5) Die Daten sind unverzüglich zu löschen, wenn sie zur Erreichung des Zwecks nicht mehr erforderlich sind oder schutzwürdige Interessen der Betroffenen einer weiteren Speicherung entgegenstehen.

3. ProdHaftG

§ 1 Haftung

- (1) Wird durch den Fehler eines Produkts jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist der Hersteller des Produkts verpflichtet, dem Geschädigten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen. Im Falle der Sachbeschädigung gilt dies nur, wenn eine andere Sache als das fehlerhafte Produkt beschädigt wird und diese andere Sache ihrer Art nach gewöhnlich für den privaten Ge- oder Verbrauch bestimmt und hierzu von dem Geschädigten hauptsächlich verwendet worden ist.
 - (2) Die Ersatzpflicht des Herstellers ist ausgeschlossen, wenn
 1. er das Produkt nicht in den Verkehr gebracht hat,
 2. nach den Umständen davon auszugehen ist, dass das Produkt den Fehler, der den Schaden verursacht hat, noch nicht hatte, als der Hersteller es in den Verkehr brachte,
 3. er das Produkt weder für den Verkauf oder eine andere Form des Vertriebs mit wirtschaftlichem Zweck hergestellt noch im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit hergestellt oder vertrieben hat,
 4. der Fehler darauf beruht, dass das Produkt in dem Zeitpunkt, in dem der Hersteller es in den Verkehr brachte, dazu zwingenden Rechtsvorschriften entsprechen hat, oder
 5. der Fehler nach dem Stand der Wissenschaft und Technik in dem Zeitpunkt, in dem der Hersteller das Produkt in den Verkehr brachte, nicht erkannt werden konnte.
 - (3) Die Ersatzpflicht des Herstellers eines Teilprodukts ist ferner ausgeschlossen, wenn der Fehler durch die Konstruktion des Produkts, in welches das Teilprodukt eingearbeitet wurde, oder durch die Anleitungen des Herstellers des Produkts verursacht worden ist. Satz 1 ist auf den Hersteller eines Grundstoffs entsprechend anzuwenden.
 - (4) Für den Fehler, den Schaden und den ursächlichen Zusammenhang zwischen Fehler und Schaden trägt der Geschädigte die Beweislast. Ist streitig, ob die Ersatzpflicht gemäß Absatz 2 oder 3 ausgeschlossen ist, so trägt der Hersteller die Beweislast.
-

4. AEG

§1 (2) Dieses Gesetz gilt für Eisenbahnen.

§ 2 (1) Eisenbahnen sind öffentliche Einrichtungen oder privatrechtlich organisierte Unternehmen, die Eisenbahnverkehrsdienste erbringen (Eisenbahnverkehrsunternehmen) oder eine Eisenbahninfrastruktur betreiben (Eisenbahninfrastrukturunternehmen).

§ 2 (8) Werksbahnen sind Eisenbahninfrastrukturen, die ausschließlich zur Nutzung für den eigenen Güterverkehr betrieben werden. Davon umfasst ist eine Eisenbahninfrastruktur, die dem innerbetrieblichen Transport oder der An- und Ablieferung von Gütern über die Schiene für das Unternehmen, das die Eisenbahninfrastruktur betreibt, oder für die mit ihm gesellschaftsrechtlich verbundenen Unternehmen dient. Dem Vorliegen der Voraussetzungen nach Satz 1 steht nicht entgegen, wenn über die Eisenbahninfrastruktur auch Transporte für den eigenen Güterverkehr angeschlossener Eisenbahnen oder an der Infrastruktur ansässiger Unternehmen durchgeführt werden oder sonstige Nutzungen gelegentlich oder in geringem Umfang gestattet werden.

§ 4 Sicherheitspflichten, Zuständigkeiten des Eisenbahn-Bundesamtes

(1) Im Hinblick auf Errichtung, Änderung, Unterhaltung und Betrieb der Betriebsanlagen und der Fahrzeuge von Eisenbahnen des Bundes obliegen dem Eisenbahn-Bundesamt

1. die Erteilung von Baufreigaben, Zulassungen und Genehmigungen,
2. die Abnahmen, Prüfungen und Überwachungen

auf Grund anderer Gesetze und Verordnungen. § 5 Absatz 5 bleibt unberührt.

§ 6 Erteilen und Versagen der Unternehmensgenehmigung

(1) Ohne Unternehmensgenehmigung darf niemand

1. Eisenbahnverkehrsdienste erbringen,
2. als Fahrzeughalter selbstständig am Eisenbahnbetrieb teilnehmen oder
3. Schienenwege, Steuerungs- und Sicherungssysteme oder Bahnsteige betreiben.

Keiner Unternehmensgenehmigung bedürfen der Betreiber einer Serviceeinrichtung, einer Werksbahn und Tätigkeiten im Sinne des Satzes 1 Nummer 1 und 2, soweit die Eisenbahninfrastruktur einer Werksbahn benutzt wird.

(2) Sind Anforderungen der §§ 6a bis 6e erfüllt, ist die Unternehmensgenehmigung zu erteilen. Die Genehmigung nach Absatz 1 Satz 1 Nummer 3 wird für eine bestimmte Eisenbahninfrastruktur erteilt.

(3) Die Unternehmensgenehmigung kann nur beantragt werden, wenn der Antragsteller in Deutschland niedergelassen ist oder dort eine juristisch selbstständige Niederlassung betreibt.

(4) Die Genehmigungsbehörde entscheidet über den Antrag so bald wie möglich, spätestens jedoch drei Monate nach Vorlage aller erforderlichen Unterlagen.

(5) Bei der Übernahme des Betriebes einer Eisenbahninfrastruktur darf die Unternehmensgenehmigung für das übernehmende Eisenbahninfrastrukturunternehmen erst zu dem Zeitpunkt wirksam werden, zu dem die Genehmigung des abgebenden Eisenbahninfrastrukturunternehmens zurückgenommen, widerrufen oder eingeschränkt wird.

(6) Die Unternehmensgenehmigung allein berechtigt nicht zum Zugang zur Eisenbahninfrastruktur

§ 7a Sicherheitsbescheinigung und nationale Bescheinigung für Eisenbahnverkehrsunternehmen

(1) Ohne Sicherheitsbescheinigung dürfen Eisenbahnverkehrsunternehmen vorbehaltlich des Absatzes 4 nicht am regelspurigen öffentlichen Eisenbahnbetrieb teilnehmen. Satz 1 gilt nicht für Regionalbahnen, die nur im Inland verkehren.

(2) Die Sicherheitsbescheinigung ist für nach Art und räumliche Ausdehnung festgelegte Eisenbahnverkehrsdienste auf schriftlichen Antrag für die betreffenden Schienennetze oder Schienenwege öffentlicher Eisenbahninfrastrukturunternehmen zu erteilen, wenn das Eisenbahnverkehrsunternehmen den Nachweis erbringt, dass es

1. ein Sicherheitsmanagementsystem eingerichtet hat, das mindestens die Anforderungen des Artikels 9 Abs. 2 und 3 der Richtlinie 2004/49/EG erfüllt, soweit sich nicht aus einer Rechtsverordnung auf Grund des § 26 Abs. 1 Nr. 14 ergänzende Anforderungen ergeben, und

2. die besonderen Anforderungen für den sicheren Verkehrsbetrieb für Personal und Fahrzeuge auf dem betreffenden Schienennetz oder den einzelnen Schienenwegen erfüllt.

(3) Der Nachweis über die Erfüllung der Anforderungen nach Absatz 2 Nummer 1 ist abweichend von Absatz 2 nicht erforderlich für Eisenbahnverkehrsunternehmen, die

1. einen Eisenbahnbetriebsleiter bestellt haben, dessen Bestellung durch die zuständige Eisenbahnaufsichtsbehörde bestätigt worden ist, und

2. keine grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehrsdienste erbringen.

§ 7c Sicherheitsgenehmigung

(1) Ohne Sicherheitsgenehmigung dürfen Eisenbahninfrastrukturunternehmen keine regelspurige öffentliche Eisenbahninfrastruktur mit Ausnahme von Serviceeinrichtungen oder Netzen des Regionalverkehrs, die keinen Anschluss an das Ausland haben, betreiben.

(2) Die Sicherheitsgenehmigung ist auf Antrag zu erteilen, wenn der Antragsteller den Nachweis erbringt, dass er ein Sicherheitsmanagementsystem eingerichtet hat, das mindestens die Anforderungen des Artikels 9 Abs. 2 und 3 der Richtlinie 2004/49/EG erfüllt, soweit sich nicht aus einer Rechtsverordnung auf Grund des § 26 Abs. 1 Nr. 14 ergänzende Anforderungen ergeben, und die besonderen Anforderungen für eine sichere Auslegung, Instandhaltung und einen sicheren Betrieb der Schienenwege einschließlich der Steuerungs- und Sicherungssysteme erfüllt.

(3) Der Inhaber der Sicherheitsgenehmigung hat sicherzustellen, dass die Voraussetzungen, die für die Erteilung der Sicherheitsgenehmigung gegolten haben, auch danach erfüllt bleiben.

§ 7f Aufnahme des Betriebes

1. Eine Eisenbahn, die keiner Sicherheitsbescheinigung oder -genehmigung bedarf, bedarf für die Aufnahme des Betriebes,

2. die Erweiterung des Betriebes einer Eisenbahninfrastruktur auf eine Strecke, die nicht unmittelbar an eine bereits von ihr betriebene Strecke angrenzt,

der Erlaubnis der Aufsichtsbehörde. Die Erlaubnis wird erteilt, wenn die Anforderungen an Eisenbahnen nach diesem Gesetz und den darauf beruhenden Rechtsverordnungen erfüllt sind. (2) Die Erlaubnis gilt als erteilt, wenn der Eisenbahn nicht innerhalb von sechs Wochen nach Eingang ihres Antrags eine von dem Antrag abweichende Entscheidung der Aufsichtsbehörde zugeht. Dem Antragsteller ist der Eingang des Antrags unverzüglich schriftlich zu

bestätigen. (3) Wesentliche Änderungen des nach Absatz 1 zugelassenen Eisenbahnbetriebes, die die Betriebssicherheit berühren, sind der zuständigen Eisenbahnaufsichtsbehörde 14 Tage vor Inbetriebnahme anzuzeigen § 14 Versicherungspflicht

- (1) Eisenbahnverkehrsunternehmen und Eisenbahninfrastrukturunternehmen sind verpflichtet, eine Haftpflichtversicherung zur Deckung der durch Unfälle beim Betrieb einer Eisenbahn verursachten Personenschäden und Sachschäden bei einem im Inland zum Betrieb einer solchen Haftpflichtversicherung befugten Versicherer abzuschließen und aufrechtzuerhalten.

§ 14a Ausnahmen von der Versicherungspflicht

- (1) Eine Versicherungspflicht nach § 14 Absatz 1 besteht nicht für

1. Eisenbahninfrastrukturunternehmen, b) soweit sie Werksbahn sind.

§ 18 Erfordernis der Planfeststellung

Betriebsanlagen einer Eisenbahn einschließlich der Bahnfernstromleitungen dürfen nur gebaut oder geändert werden, wenn der Plan vorher festgestellt ist. Bei der Planfeststellung sind die von dem Vorhaben berührten öffentlichen und privaten Belange einschließlich der Umweltverträglichkeit im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen. Für das Planfeststellungsverfahren gelten die §§ 72 bis 78 des Verwaltungsverfahrensgesetzes nach Maßgabe dieses Gesetzes.

5. EBO

§1 (1) Diese Verordnung gilt für regelspurige Eisenbahnen. Sie gilt nicht für den Bau, den Betrieb oder die Benutzung der Bahnanlagen eines nichtöffentlichen Eisenbahninfrastrukturunternehmens.

§ 45 Besetzen der Triebfahrzeuge und Züge

- (1) Arbeitende Triebfahrzeuge müssen während der Fahrt mit einem Triebfahrzeugführer besetzt sein; gesteuerte Triebfahrzeuge (§ 18 Abs. 4) dürfen unbesetzt sein. Bei Kleinlokomotiven dürfen die Aufgaben des Triebfahrzeugführers auch von einem Bediener von Kleinlokomotiven wahrgenommen werden.
- (2) Der Triebfahrzeugführer muss sich während der Fahrt bei Triebfahrzeugen mit zwei Führerräumen im vorderen Führerraum, bei Triebfahrzeugen, die von einem führenden Fahrzeug aus gesteuert werden, an der Spitze des Zuges aufhalten. Bei Rangierfahrten oder bei kurzen Rückwärtsbewegungen braucht er den Führerraum nicht zu wechseln; ferngesteuerte Rangierfahrten dürfen unbesetzt sein.
- (3) Sofern in den Absätzen 4 und 6 nichts anderes bestimmt ist, sind führende Fahrzeuge in Zügen außerdem mit einem Triebfahrzeugbegleiter zu besetzen, wenn sie keine wirksame Sicherheitsfahrerschaltung haben. Der Triebfahrzeugbegleiter hat sich an der Strecken- und Signalbeobachtung zu beteiligen und den Zug erforderlichenfalls zum Halten zu bringen.
- (4) In den besetzten besonderen Führerräumen der Triebfahrzeuge und Steuerwagen darf außer den dienstlich dazu berechtigten Personen niemand ohne Erlaubnis der zuständigen Stellen mitfahren.
- (5) Das vorderste Fahrzeug geschobener Züge ist mit einem Betriebsbeamten zu besetzen. Hiervon darf bei kurzem Zurücksetzen abgewichen werden. Der Betriebsbeamte muß sich mit dem Triebfahrzeugführer verständigen können und Signalmittel

zur Warnung der Wegebenutzer vor Bahnübergängen ohne technische Sicherung mitführen.

- (6) Reisezüge sind mit mindestens einem Zugbegleiter zu besetzen, sofern dessen betriebliche Aufgaben nicht von einem anderen Betriebsbeamten oder von technischen Einrichtungen übernommen werden. Sie dürfen ohne Zugbegleiter verkehren, wenn das Schließen der Wagentüren auf den Fahrgastwechsel abgestimmt und das Geschlossenein der Wagentüren vor Abfahrt dem Triebfahrzeugführer angezeigt oder bei einfachen Verhältnissen von ihm festgestellt wird.

§ 47 [1] Betriebsbeamte

- (1) Betriebsbeamte im Sinne dieser Verordnung sind Personen, die tätig sind als
1. Leitende oder Aufsichtführende in der Erhaltung der Bahnanlagen und im Betrieb der Bahn,
 2. Betriebskontrolleure und technische Bahnkontrolleure,
 3. Fahrdienstleiter, Zugleiter, Aufsichtsbeamte und Zugmelder,
 4. Leiter von technischen Dienststellen des äußeren Eisenbahndienstes sowie andere Aufsichtführende im Außendienst dieser Stellen,
 5. Weichensteller und Rangierleiter,
 6. Wagenuntersuchungs- und Bremsbeamte,
 7. Strecken- und Schrankenwärter,
 8. Zugbegleiter,
 9. Triebfahrzeugführer, einschließlich Bediener von Kleinlokomotiven und Führer von Nebenfahrzeugen,
 10. Heizer und Triebfahrzeugbegleiter.

§ 39 Zugfolge

- (1) Die Folge der Züge wird durch Zugfolgestellen, die Reihenfolge durch Zugmeldestellen, die stets auch Zugfolgestellen sind, geregelt. Für die Zugfolge ist der Fahrdienstleiter verantwortlich. Örtlich nicht besetzte Zugfolgestellen sind einem Fahrdienstleiter zuzuordnen.

6. TSI

TSI – 1692/96/EG, Artikel 10:

Das konventionelle Eisenbahnnetz besteht aus Strecken für den konventionellen Eisenbahnverkehr, einschließlich der in Artikel 14 genannten Eisenbahnverbindungen des kombinierten Verkehrs.

Gemäß Artikel 10 gilt Folgendes:

(4) Das Netz

- spielt eine wichtige Rolle für die Beförderung von Gütern und Personen im Schienenfernverkehr,
 - spielt eine wichtige Rolle für die Nutzung des kombinierten Fernverkehrs, ermöglicht die Verknüpfung mit anderen Verkehrsträgern und die Anbindung an die regionalen und lokalen Eisenbahnnetze.
-

- (5) Das Netz bietet den Benutzern dank seiner Kontinuität und der schrittweisen Herstellung der Interoperabilität, insbesondere durch technische Harmonisierung und ein harmonisiertes Zugsteuerungs- und -sicherungs-system, einen hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandard.

7. Verordnung (EU) 2015/995

1.2. Geografischer Anwendungsbereich

Der geografische Anwendungsbereich dieser TSI ist das Netz des gesamten Eisenbahnsystems, bestehend aus:

- dem konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem (TEN) gemäß Anhang I Nummer 1.1 ‚Netz‘ der Richtlinie 2008/57/EG,
- dem transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystem (TEN) gemäß Anhang I Nummer 2.1 ‚Netz‘ der Richtlinie 2008/57/EG,
- sonstigen Teilen des Netzes des gesamten Eisenbahnsystems nach der Ausweitung des Anwendungsbereichs gemäß Anhang I Nummer 4 der Richtlinie 2008/57/EG,

mit Ausnahme der in Artikel 1 Absatz 3 der Richtlinie 2008/57/EG genannten Fälle.

4.2.1. Spezifikationen zum Personal

4.2.1.1. Allgemeine Anforderungen

Dieser Punkt betrifft das Personal, das am Betrieb des Teilsystems durch Ausübung sicherheitsrelevanter Aufgaben beteiligt ist, sofern eine direkte Schnittstelle zwischen dem EVU und dem IB besteht.

1. Personal des Eisenbahnverkehrsunternehmens:

- (a) Mit dem Führen des Zugs beauftragte Personen („Triebfahrzeugführer“), die Teil des ‚Zugpersonals‘ sind,
- (b) mit sonstigen Aufgaben im Zug beauftragte Personen (außer Triebfahrzeugführer), die Teil des ‚Zugpersonals‘ sind,
- (c) mit der Vorbereitung von Zügen beauftragte Personen.

2. Mit der Zulassung von Zugfahrten beauftragtes Personal des Infrastrukturbetreibers.

Die davon abgedeckten Bereiche sind:

- Dokumentation
- Kommunikation.

Für das Personal gemäß Definition in Punkt 2.2.1 legt diese TSI zusätzlich Anforderungen fest bezüglich:

- der Qualifikationen (siehe Punkt 4.6 und Anlage G)
- Bedingungen für den Gesundheitsschutz und die Sicherheit am Arbeitsplatz (siehe Punkt 4.7).

4.2.1.2. Unterlagen für Triebfahrzeugführer

Das für die Durchführung der Zugfahrt zuständige Eisenbahnverkehrsunternehmen muss dem Triebfahrzeugführer alle zur Durchführung seiner Aufgaben erforderlichen Informationen und Unterlagen zur Verfügung stellen.

Dabei sind auch die Informationen zu berücksichtigen, die im Normalbetrieb, bei gestörtem Betrieb und in Notsituationen für die befahrenen Strecken und die darauf eingesetzten Fahrzeuge erforderlich sind.

8. ESiV

§ 1 Anwendungsbereich

Diese Verordnung gilt für regelspurige öffentliche Eisenbahnen, soweit diese nicht Netze des Regionalverkehrs oder Serviceeinrichtungen betreiben oder Regionalbahnen sind.

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung bedeuten:

1. "Sicherheitsvorschriften" alle Regeln, die Anforderungen zur Gewährleistung der Eisenbahnbetriebssicherheit enthalten und für mehr als eine Eisenbahn gelten, unabhängig davon, welche Stelle diese Regeln festlegt;

§ 3 Sicherheitsvorschriften

(2) Eisenbahnen haben der Sicherheitsbehörde unverzüglich sämtliche Änderungen an den von ihnen festgelegten und bereits nach Absatz 1 übermittelten Sicherheitsvorschriften im Sinne des Anhangs II der Richtlinie 2004/49/EG schriftlich mitzuteilen. Satz 1 gilt entsprechend für die Übermittlung von Sicherheitsvorschriften, die von den Ländern als Rechts- oder Verwaltungsvorschriften erlassen worden sind.

§ 4 Beantragung von Sicherheitsbescheinigungen und Sicherheitsgenehmigungen

(1) Die Sicherheitsbehörde stellt den Antragstellern im Rahmen der Antragstellung kostenlos einen Leitfaden zur Verfügung, in dem die Anforderungen für Sicherheitsbescheinigungen und Sicherheitsgenehmigungen erläutert sowie die vorzulegenden Dokumente aufgelistet sind.

9. CSM-VO (EU) Nr. 402/2013

4. Unbeschadet der Rechtsvorschriften der Union kann der Vorschlagende die nationale Sicherheitsbehörde als Bewertungsstelle auswählen, falls diese nationale Sicherheitsbehörde diesen Dienst anbietet und die signifikanten Änderungen folgende Fälle betreffen:

- a) für die Inbetriebnahme eines Fahrzeugs ist eine Genehmigung gemäß Artikel 22 Absatz 2 und Artikel 24 Absatz 2 der Richtlinie 2008/57/EG erforderlich;
 - b) für die Inbetriebnahme eines Fahrzeugs ist eine zusätzliche Genehmigung gemäß Artikel 23 Absatz 5 und Artikel 25 Absatz 4 der Richtlinie 2008/57/EG erforderlich;
 - c) aufgrund einer Änderung der Art oder des Umfangs des Betriebs muss gemäß Artikel 10 Absatz 5 der Richtlinie 2004/49/EG die Sicherheitsbescheinigung aktualisiert werden;
 - d) aufgrund wesentlicher Änderungen des rechtlichen Rahmens im Bereich der Sicherheit muss gemäß Artikel 10 Absatz 5 der Richtlinie 2004/49/EG die Sicherheitsbescheinigung überprüft werden;
 - e) aufgrund wesentlicher Änderungen der Infrastruktur, der Signalgebung oder der Energieversorgung oder der Grundsätze für ihren Betrieb und ihre Instandhaltung muss gemäß Artikel 11 Absatz 2 der Richtlinie 2004/49/EG die Sicherheitsgenehmigung aktualisiert werden;
-

- f) aufgrund wesentlicher Änderungen des rechtlichen Rahmens im Bereich der Sicherheit muss gemäß Artikel 11 Absatz 2 der Richtlinie 2004/49/EG die Sicherheitsgenehmigung überprüft werden.

Betrifft eine signifikante Änderung ein strukturelles Teilsystem, für dessen Inbetriebnahme eine Genehmigung gemäß Artikel 15 Absatz 1 oder Artikel 20 der Richtlinie 2008/57/EG erforderlich ist, kann der Vorschlagende die nationale Sicherheitsbehörde als Bewertungsstelle auswählen, falls diese nationale Sicherheitsbehörde diesen Dienst anbietet und sofern der Vorschlagende diese Aufgabe nicht bereits einer gemäß Artikel 18 Absatz 2 der Richtlinie benannten Stelle übertragen hat.

10. LEG

§ 2 Bau- und Betriebsgenehmigung

- (1) Der Bau und Betrieb einer Eisenbahn des öffentlichen Verkehrs bedarf der Genehmigung der zuständigen Behörde. Dasselbe gilt für wesentliche Erweiterungen oder andere wesentliche Änderungen des Unternehmens, der Anlagen oder des Betriebes.
- (2) Die Genehmigung wird erteilt, wenn
 2. die Sicherheit und Leistungsfähigkeit des Unternehmens gewährleistet sind,
 3. das Vorhaben den öffentlichen Interessen nicht zuwiderläuft,
 4. ein Verkehrsbedürfnis vorliegt.

§ 4 Änderungsanzeige

- (3) Der Unternehmer einer Eisenbahn hat Änderungen der Betriebsweise sowie nicht genehmigungspflichtige Änderungen und Erweiterungen der Bahnanlagen der zuständigen Behörde vorher anzuzeigen.

§ 5 Planfeststellung

- (4) Neue Eisenbahnanlagen dürfen nur gebaut und bestehende erst wesentlich geändert oder erweitert werden, wenn der Plan rechtskräftig festgestellt ist.
- (5) Die Planfeststellungsbehörde setzt die Bedingungen und Auflagen fest, die für die Sicherheit des Betriebes und der Eisenbahnanlagen, der Leistungsfähigkeit des Unternehmens, für den Schutz der Allgemeinheit oder Nachbarschaft vor Gefahren, Nachteilen oder Belästigungen und für den Schutz des Landschaftsbildes notwendig sind.

§ 15 Mitteilungspflicht

Der Eisenbahnunternehmer hat der zuständigen Behörde unverzüglich alle Vorkommnisse mitzuteilen, die für die Sicherheit des Betriebes und für die Leistungsfähigkeit des Unternehmens von Bedeutung sind.

11. BOA

§ 3 Genehmigung

- (6) Zum Bau und Betrieb einer Anschlussbahn sowie für wesentliche Erweiterungen oder andere wesentliche Änderungen ist eine Genehmigung erforderlich. Das gleiche gilt für Baulichkeiten und maschinelle Anlagen aller Art, die über, unter oder neben Gleisen errichtet werden sollen. Die Genehmigung wird, soweit gesetzlich nichts anderes bestimmt ist, erteilt, wenn die Sicherheit des Betriebes und der Schutz gegen schädliche

Einwirkungen der Anlage und des Betriebes gewährleistet sind. Das gleiche gilt für die Beförderung von Personen auf einer Anschlussbahn.

(7) Die Genehmigung erteilt der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr.

§ 4 Aufsicht

(8) Aufsichtsbehörde ist der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr. Er kann die ihm auf Grund dieser Verordnung zustehenden Befugnisse ganz oder teilweise auf andere Behörden übertragen.

§ 5 Ausnahmen und Sonderbestimmungen

(1) Die Aufsichtsbehörde kann für einzelne Bahnen, sofern die Sicherheit gewährleistet ist, in folgenden Fällen Abweichungen von den Bestimmungen dieser Verordnung anordnen:

- a. bei bereits bestehenden Anlagen,
- b. bei Versuchsanlagen,
- c. wenn eine anders nicht zu behebende technische oder wirtschaftliche Notwendigkeit besteht.

§ 18 Signale

(2) Ob Signale erforderlich sind, bestimmt die Aufsichtsbehörde. Sie bestimmt auch die Grundstellung der Signale.

§ 28 Bedienstete

(1) Auf Anschlussbahnen, die den Eisenbahnbetrieb mit schienengebundenen Triebfahrzeugen selbst führen, leitet und überwacht ein dazu befähigter Bediensteter (Eisenbahnbetriebsleiter) den gesamten Betriebsdienst. Er ist von der Aufsichtsbehörde zu bestätigen. Bei einfachen Verhältnissen kann die Aufsichtsbehörde Ausnahmen zulassen.

§ 31 Fahrgeschwindigkeit

Die größte zulässige Fahrgeschwindigkeit beträgt 25 km/h, in Neigungen über 1:100 (10 0/00) 15 km/h.

§ 34 Rangierdienst

- (1) Wer ein Fahrzeug bewegt, ist für die sichere Durchführung der Bewegung verantwortlich. Wer ein Fahrzeug abstellt, hat es gegen unbeabsichtigtes Bewegen zu sichern, sofern der Eisenbahnbetriebsleiter es nicht anders geregelt hat.
 - (2) Die Wagen sind richtig zu kuppeln. Unbenutzte Luftschläuche sind in die Leerkupplung zu hängen.
 - (3) Rangierbewegungen hat nur ein Bediensteter zu leiten. Er prüft den Fahrweg und beauftragt den Lokomotivführer zur Ausführung der Rangierbewegungen mündlich oder durch Signale (siehe Anlage L). Er sorgt für die Befolgung der Vorschriften und wacht über die Sicherheit des Rangierpersonals. Dazu hat er sich so aufzustellen, dass er das Rangiergeschäft möglichst gut übersehen und sich mit dem Lokomotivpersonal leicht verständigen kann.
 - (4) Die zu bedienenden Bremsen sind möglichst gleichmäßig zu verteilen.
-

-
- (5) Bevor Fahrzeuge bewegt werden, müssen die Hindernisse beseitigt, an den Gleisen und Fahrzeugen beschäftigte Personen gewarnt und die Bremsen gelöst sein. Es ist darauf zu achten, dass die Ladung im Wagen gleichmäßig verteilt ist.
 - (6) Zwischen einer Dampflokomotive mit Feuerung und Wagen mit explosionsgefährlichen Ladungen müssen mindestens zwei Schutzwagen laufen.
 - (7) Über das Abstoßen von Wagen in Stumpfgleise oder Gleise, die im Gefälle liegen, sowie über das Ablaufen trifft der Eisenbahnbetriebsleiter besondere Bestimmungen und setzt die zulässige Anzahl der Wagen und die hierbei erforderliche Bremsbesetzung fest.
 - (8) Wenn die Bewegung einer geschobenen Wagengruppe nicht vollständig übersehen werden kann, muss sich vor oder auf dem vordersten Wagen ein Bediensteter befinden - bei Dunkelheit mit weiß leuchtender Laterne -, der die Fahrt sichert. Das gilt stets beim Befahren ungesicherter Wegübergänge.
 - (9) Mit Personen besetzte Wagen dürfen nur so verschlossen sein, dass sie von den Insassen geöffnet werden können. Bei Güterwagen müssen die Türen durch die Verschlussüberwürfe festgestellt und etwa Mitfahrende gewarnt sein.
-

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Gemeinsamer Abschlussbericht
3. Titel Verbundprojekt: Rang-E – Autonomes Rangieren auf der Hafenbahn – Gesamtbericht des Konsortiums	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Beland, Florian (IVE) Knoke, Benjamin (BIBA) Dreyer, Matthias (ISL) Dr. Landwehr, Thomas (ISL) - Verbundkoordinator Heemsoth, Jan Peter (IVE) Lisetska, Katharina (IVE) Jakob, Christina (IVE) Prof. Dr.-Ing. Siefer, Thomas (IVE) Knischka, Ralf Michael (ISL) Specht, Patrick (ISL)	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.10.2019
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation Printpublikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik Universitätsallee 11-13 28359 Bremen	9. Ber. Nr. Durchführende Institution ISL: 3329; IVE:19H17013C; BIBA
	10. Förderkennzeichen 19H17013A; 19H17013B; 19H17013C
	11. Seitenzahl 246
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 53175 Bonn	13. Literaturangaben 55
	14. Tabellen 20
	15. Abbildungen 89
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Rang-E untersucht die Potenziale und Hemmnisse für die Einführung einer intelligenteren Steuerung der Zugverkehre auf der Hafeneisenbahn am Beispiel des Pilothafens Bremerhaven. Dabei wurden insbesondere die Aspekte abgeklärt, die die Komplexität dieses Anwendungsbereichs im Vergleich zu bisherigen Ansätzen autonomer Rangiervorgänge, z. B. durch Personen und kreuzende Verkehre durch Umschlaggeräte, ausmachen. Das Projekt Rang-E war eine Durchführbarkeitsstudie zur Beurteilung der Machbarkeit von autonomen Rangiervorgängen am Beispiel der Hafenbahn Bremerhaven. Es wurden technische, ökonomische und rechtliche Aspekte beleuchtet. Das autonome Rangieren ermöglicht langfristig die optimierte Disposition und Einsatzsteuerung von Rangierloks im Hafen – sowohl beim Containerumschlag als auch im Automobilumschlag. Die Terminals in Bremerhaven bieten dabei eine ausgezeichnete Plattform, da Bremerhaven einen der höchsten Bahn-Anteile im Hinterlandverkehr aufweist. In Rahmen des Projektes wurden die drei Automatisierungsstufen Optimierung/Teilautomatisierung, Unbemannter Betrieb und Idealtypischer Hafen dargestellt und analysiert. Mittels verschiedener Basis- und Prozessszenarien wurden die unterschiedlichen Anforderungen an die Rangierprozesse für die drei Automatisierungsstufen herausgearbeitet und Umsetzungsoptionen für den Standort Bremerhaven dargestellt. Eine Visualisierung erfolgte auf Basis eines IT-gestützten H0-Demonstrators..	
19. Schlagwörter Autonomes Rangieren	
20. Verlag	21. Preis