



ÖSTERREICHISCHE
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE
GESELLSCHAFT

ÖVG-Spezial Nr. 116



Abschlussbericht 2021
Rail & Road Traffic Management

Christian Sagmeister (Hrsg.)

Impressum

Medieninhaber: Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft - ÖVG
Chefredakteur: Prof. Mag. Dr. Gerhard H. GÜRTLICH
1090 Wien, Kolingasse 13
ZVR 312 31 72 64
Tel +43/1/587 97 27
E-Mail: office@oevg.at
Internet: www.oevg.at

Herausgeber: Dipl.-Ing. Christian SAGMEISTER, ÖVG-Arbeitskreis Rail & Road Traffic Management

Layout & Satz: Mag. Thomas KRATOCHVIL, ÖVG-GmbH

Der Nachdruck von Artikeln ist, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Offenlegung gemäß Mediengesetz:

Ziel der Österreichischen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft ist es, die Verkehrswissenschaft zu fördern, verkehrswissenschaftliche, -technische und -politische Themen zu behandeln, Lösungen aufzuzeigen sowie neue Erkenntnisse der der verkehrswissenschaftlichen Forschung bekannt zu machen.

Im Sinne einer geschlechtergerechten Sprache wird grundsätzlich auf die Verwendung des Binnen-I geachtet. Teilweise wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit auf die weibliche Form verzichtet, was jedoch nicht bedeutet, dass Frauen ausgeschlossen sind. Gemeint sind selbstverständlich immer beide Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Genehmigungsverfahren/Cross Acceptance für Infrastrukturanlagen und Rolling Stock	7
Weiterentwicklung von Leittechnik- Sicherungsanlagen für das Zielnetz 2025+	15
Vernetzte digitalisierte Informationsservices	87
Cargo Infra Informationsmanagement	93
Autonomes Fahren	107

Arbeitsgruppe 1:

**Genehmigungsverfahren/Cross Acceptance für
Infrastrukturanlagen und Rolling Stock**

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung der Arbeitsgruppe 1 des AK RRTM

In diese Periode des AK RRTM fiel als wesentliches „gesetzliches“ Vorhaben die Umsetzung des 4. Eisenbahnpakets gemäß RICHTLINIE (EU) 2016/797 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union. Die Umsetzung hätte bis zum 16.6.2020 erfolgen sollen.

2. Umsetzung durch das BMK (damals noch BMVIT)

Das BMK wollte im Zuge dessen gleich die Eisenbahngesetzgebung im größeren Stil novellieren und dafür wurden seitens des BMK 3 Arbeitsgruppen gebildet –

- eine für die Novellierung des EisbG (Eisenbahngesetz),
- eine für die Novellierung der EisbKrV (Eisenbahnkreuzungsverordnung) und
- eine zur Novellierung der Sekundärlegistik.

3. Aufgabenstellung und Zielsetzung der Arbeitsgruppe im RRTM

Die Aufgabenstellung für die Arbeitsgruppe im RRTM ergab sich aus dem Titel und wurde wie folgt umgesetzt:

Da die Novellierung des Eisenbahngesetzes (EisbG), der Eisenbahnkreuzungsverordnung (EisbKrV) und der Sekundärlegistik anstand, waren diese Themen natürlich für den Arbeitskreis vorrangig.

Die Notwendigkeit der Novellierung des EisbG ergibt sich aufgrund der EU-Gesetzgebung, welche in nationales Recht übergeführt werden musste.

Die Novellierung der EisbKrV ergibt sich aufgrund der doch erkannten Probleme der praktischen Umsetzung derselben.

Das Ziel der Tätigkeit des RRTM war die externe fachliche Begleitung der Novellierungen. Dies war nur indirekt möglich, da die ÖVG nicht in den Arbeitsgruppen des BMK vertreten war, sehr wohl aber einzelne Mitglieder der ÖVG.

4. Chronologischer Ablauf der Arbeitsgruppen des BMK

4.1 Generell

Die drei Arbeitsgruppen wurden mit einer gemeinsamen Kick-Off-Sitzung gestartet. Diese gemeinsame Kick-Off-Sitzung fand im März 2019 statt.

4.2 EisbKrV

Die erste Sitzung der Arbeitsgruppe fand ebenfalls im März 2019 statt und es gab über 10 Sitzungen.

Die neue Fassung hätte sowohl die öffentlichen als auch die nicht öffentlichen schienengleichen Eisenbahnübergänge regeln sollen und daher hätte sich der Titel auch auf Eisenbahnübergangsverordnung 2020 (EisbÜgV) geändert.

Der finale Entwurf zur Verordnung lag am 24.6.2020 vor und die Arbeitsgruppe wurde beendet. Die Verordnung wurde bisher jedoch nicht umgesetzt.

4.3 EisebG

Die erste Sitzung der Arbeitsgruppe fand im März 2020 statt und es gab 10 Sitzungen.

Aufgrund der Corona-Pandemie wurde seitens der EU/ERA mit der Änderungsrichtlinie (EU) 2020/700 bezüglich des Inkrafttretens des 4. Eisenbahnpakets die Möglichkeit geschaffen, diese (den Übergang der Verantwortung zur ERA) vom 16.6.2020 auf den 31.10.2020 zu verschieben. Hierfür musste der jeweilige Nationalstaat einen Antrag stellen. Von dieser Möglichkeit haben Österreich, Belgien, die Tschechische Republik, Frankreich, Ungarn, Irland, Litauen, Luxemburg, Polen, Portugal, Spanien, Schweden und das Vereinigte Königreich Gebrauch gemacht.

Seit dem 22.12.2020 ist das „Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (Eisenbahngesetz 1957 - EisebG)“ BGBl. I Nr. 143/2020 in Kraft.

4.4 Weitere Verordnungen

Es wurde die „Verordnung über die Benennung von Konformitätsbewertungsstellen und über die Pflichten von benannten Stellen im Eisenbahnbereich“ BGBl. II Nr. 457/2020 und die „Änderung der Zertifizierungsstellen-Akkreditierungs-Verordnung – ZeStAkk-V Novelle 2021“ BGBl. II Nr. 149/2021 erlassen.

5. Die wesentlichen Änderungen im EisebG und verbundene Probleme

Die Änderungen im EisebG, die mit 22.12.2020 in Kraft getreten sind, beschränken sich auf die Umsetzung des 4. Eisenbahnpakets und alle anderen Themen, die auch im Zuge der Überarbeitung angeregt wurden, wurden auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Dies war der Dringlichkeit bei der Fertigstellung geschuldet und es hat sich auch gezeigt, dass bei den sonstigen Änderungen noch kein Konsens gefunden wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind daher im 2. Hauptstück „Interoperabilität des Eisenbahnsystems“ und im 3. Hauptstück „Europäisches Fahrzeugeinstellungsregister“ zu finden.

Der Inhalt des 2. Hauptstücks und des 3. Hauptstücks ist anhand der einzelnen Paragraphen erkenntlich.

2. Hauptstück: Interoperabilität des Eisenbahnsystems

1. Abschnitt: Allgemeines

§ 88. Interoperabilität

§ 89. Technische Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI)

§ 90. Grundlegende Anforderungen

§ 91. Aufrüstung

§ 92. Erneuerung

§ 93. Bereitstellung von Daten

2. Abschnitt: Interoperabilitätskomponenten

§ 94. Begriffsbestimmung

§ 95. Inverkehrbringen von Interoperabilitätskomponenten

§ 96. Konformität und Gebrauchstauglichkeit

§ 97. EG-Erklärung

§ 98. Unrichtige EG-Erklärung

- 3. Abschnitt: Teilsysteme
 - § 99. Begriffsbestimmung
 - § 100. Erfüllung der grundlegenden Anforderungen
 - § 101. Nichtanwendbarkeit der TSI
 - § 102. Verfahren zur Ausstellung der EG-Prüferklärung
 - § 103. Nichtübereinstimmung von Teilsystemen mit grundlegenden Anforderungen
- 4. Abschnitt: Inbetriebnahme ortsfester technischer Einrichtungen
 - § 104. Erforderlichkeit einer Genehmigung zur Inbetriebnahme
 - § 105. Antrag
 - § 106. Ermittlungsverfahren und Bescheiderlassung
 - § 107. Entscheidung über eine Genehmigungspflicht bei Erneuerung oder Aufrüstung
 - § 108. Harmonisierte Einführung des „Europäischen Eisenbahnverkehrsleitsystems“ (ERTMS)
- 5. Abschnitt: Mobile Teilsysteme
 - § 109. Inverkehrbringen
- 6. Abschnitt: Schienenfahrzeuge
 - § 110. Genehmigung für das Inverkehrbringen, Fahrzeugtypengenehmigung
 - § 111. Dateneingabe in das Europäische Register genehmigter Fahrzeugtypen
 - § 112. Prüfung vor Nutzung eines genehmigten Schienenfahrzeuges
 - § 113. Nichterfüllung grundlegender Anforderungen
- 3. Hauptstück: Europäisches Fahrzeugeinstellungsregister
 - § 114. Registrierung von Schienenfahrzeugen
 - § 115. Europäische Fahrzeugnummer
 - § 116. Eintragungsverfahren
 - § 117. Auskünfte über Daten und Angaben

Der neue Prozess im 4. Eisenbahnpaket sieht für die Fahrzeugzulassung im Wesentlichen vor, dass die Fahrzeuge, welche in mehr als einem europäischen Land eingesetzt werden sollen, bei der ERA (Europäischen Eisenbahnagentur) „zugelassen“ – genau genommen wird die Genehmigung für das Inverkehrbringen (vehicle authorisation for placing on the market) erteilt – werden und die spezifischen Anforderungen jedes Landes werden über NNTRs berücksichtigt. Die österreichischen NNTRs sind aber seitens der ERA (Stand Juni 2021) noch nicht ratifiziert. Was dies bedeutet wird im Detail im Kapitel 0 dargestellt.

Dieser Prozess wurde nun im EisbG abgebildet.

6. Ergebnisse

6.1 EisbG

Es ist nur das 4. Eisenbahnpaket im EisbG umgesetzt. Die Fahrzeugzulassung für Schienenfahrzeuge, welche in mehr als einem Mitgliedsland eingesetzt werden sollen, liegt nun bei der ERA, welche die Verfahren als One-Stop Shop (OSS) abwickeln will. Die nationalen Aspekte werden über NNTRs der jeweiligen Einsatzländer berücksichtigt.

Der Prozess, der auf den ersten Blick sehr einfach aussieht, hat aber ein paar Punkte, welche sich in der Praxis noch einspielen müssen bzw. durch das Gesetz nicht eindeutig gelöst sind.

Es gibt nun die definierten Zulassungskriterien der ERA (TSI inklusive der NNTRs), welche alle (relevanten) Zulassungskriterien enthalten (sollten). Daher wäre die Erwartung, dass, wenn eine „Genehmigung für das Inverkehrbringen“ (dies ist das Zertifikat, welches die ERA ausstellt) vorliegt, nur noch die Kompatibilität mit der Infrastruktur, und zwar auf Grundlage des Infrastrukturregisters, zu überprüfen ist.

Da die nunmehrigen Änderungen im EisbG aber zusätzlich zu den bestehenden Paragraphen eingebracht wurden, entstanden dadurch einige Diskussionsfelder.

Es wird unter anderem diskutiert, dass neben dem Prozess bei der ERA (Nachweis der TSI und NNTRs) auch noch weitere Aspekte, welche in den Paragraphen §32b, §33b und §35 gefordert sind, nachzuweisen sind und dies tunlichst auch mit Gutachten. Wenn dies der Fall ist, ist dies ein klarer Widerspruch zur Idee des One-Stop Shop (OSS) der ERA.

Eine weitere Diskussion ist, dass der §41 regelt (war auch bisher so, nur ohne zeitliche Befristung), dass der Betrieb von Fahrzeugen, die vor dem 31.10.2020 eine Genehmigung im Ausland (EU-Mitgliedsstaaten, Schweiz und Norwegen) erhielten, in Österreich eingesetzt werden dürfen. Das bedeutet in der Praxis, dass Bestandsfahrzeuge im aktuellen Stand „eingefroren“ werden und jede Änderung zu einem neuen Genehmigungsvorhaben führt, da kein ERATV (European Register of Authorised Types of Vehicle)-Eintrag durch den Mitgliedsstaat Österreich gemäß des 4. Eisenbahnpakets erstellt wurde. Dies könnte bedeuten, dass Fahrzeuge in Österreich nicht mehr eingesetzt werden können oder Betreiber Fahrzeuge nicht mehr einsetzen wollen (da ihnen die Kosten für einen weiteren Einsatz durch das zusätzliche Genehmigungsverfahren zu hoch erscheinen). Diese Problematik betrifft sowohl Sicherheitsupdates (z.B. ETCS) als auch Verbesserungen für die Verfügbarkeit oder Erhöhung des Fahrgastkomforts. Betroffen davon sind mehrere tausend Fahrzeuge, darunter wichtige Züge im Personenverkehr (ICT, Railjet), aber auch eine große Zahl an Lokomotiven für den Güterverkehr (Traxx, 189, Taurus, Vectron,...).

6.2 Weitere Verordnungen

Grundsätzlich ist die „Verordnung über die Benennung von Konformitätsbewertungsstellen und über die Pflichten von benannten Stellen im Eisenbahnbereich“ BGBl. II Nr. 457/2020 zu begrüßen.

Was noch fehlt ist jedoch eine Verordnung, wie DeBos ernannt werden (Stand August 2021).

7. Empfehlungen und Wünsche

Folgende Empfehlungen und Wünsche würde der AK RRTM bezüglich der Eisenbahngesetzgebung abgeben:

7.1 Rechtssicherheit

Es sollte Rechtssicherheit für alle Beteiligten gegeben sein. Dies bedeutet, dass für alle Beteiligten am Beginn eines Projektes klar ist, welche Schritte aus rechtlicher Sicht notwendig sind, um in Betrieb gehen zu können. Diese Anforderungen sollten in Form von SMARTen (specific, measurable, attainable (achievable/actionable/appropriate), realistic, time-bound (timely, traceable)) Anforderungen definiert sein.

Diese Rechtssicherheit umfasst damit auch die zeitliche Komponente. Das bedeutet, dass nachdem alle Unterlagen korrekt vorliegen die entsprechenden Genehmigungen innerhalb einer vorgegebenen Frist zu erfolgen haben. Für das derzeitige EisbG bedeutet dies konkret, dass die Frage, ob oder was über die NNTRs noch zu erfüllen ist, schnellstmöglich geklärt werden muss und alles unternommen werden sollte, dass die NNTRs ratifiziert werden.

7.2 Einfache Verfahren

Es sollten einfache Verfahren in dem Sinn angestrebt werden, dass neben den schon in Abschnitt 0 gestellten Wünschen, die Schnittstelle zwischen dem Antragsteller und der Behörde eine schmale und einfache ist. Dies bedeutet, dass das Verfahren wirklich die Idee des One-Stop Shop der ERA erfüllt und nicht parallel dazu noch Verfahrensschritte in Österreich abzuwickeln sind.

7.3 §41

Der §41 regelt (war auch bisher so, nur ohne zeitliche Befristung), dass der Betrieb von Fahrzeugen, die vor dem 31.10.2020 eine Genehmigung im Ausland (EU-Mitgliedsstaaten, Schweiz und Norwegen) erhielten, in Österreich eingesetzt werden dürfen. Das bedeutet in der Praxis, dass Bestandsfahrzeuge im aktuellen Stand „eingefroren“ werden und jede Änderung zu einem neuen Genehmigungsvorhaben führt. Dies könnte bedeuten, dass Fahrzeuge in Österreich nicht mehr eingesetzt werden können oder Betreiber Fahrzeuge nicht mehr einsetzen wollen (da ihnen die Kosten für einen weiteren Einsatz durch das zusätzliche Genehmigungsverfahren zu hoch erscheinen). Diese Problematik betrifft sowohl Sicherheitsupdates (z.B. ETCS) als auch Verbesserungen für die Verfügbarkeit oder Erhöhung des Fahrgastkomforts. Betroffen davon sind mehrere tausend Fahrzeuge, darunter wichtige Züge im Personenverkehr (ICT, Railjet), aber auch eine große Zahl an Lokomotiven für den Güterverkehr (Traxx, 189, Taurus, Vectron,...).

Diese Problematik ist einer pragmatischen Lösung im Sinne des Systems Eisenbahn zuzuführen.

7.4 Erleichterungen für vernetzte Nebenbahnen

Es sollte auch für vernetzte Nebenbahnen möglich sein, eine kostengünstige und schlanke Infrastruktur zu errichten und sie zu attraktiveren, selbst wenn dann die volle Interoperabilität im Sinne der Interoperabilität-Richtlinie (EU) 2016/797 nicht mehr gegeben ist und spezielle Triebfahrzeuge eingesetzt werden müssen.

7.5 Eisenbahnkreuzungsverordnung (für nicht öffentlichen schienengleichen Eisenbahnübergänge)

Eine Eisenbahnkreuzungsverordnung für nicht öffentlichen schienengleiche Eisenbahnübergänge gemäß §49(1) EisbG sollte möglichst schnell erlassen werden, um Rechtssicherheit für die Bahnbetreiber und Wegeberechtigten sicher zu stellen.

Weiters sollte die bestehende Eisenbahnkreuzungsverordnung (EisbKrV) überarbeitet werden, um zu verhindern, dass hinreichend sichere und funktionstüchtige Sicherungseinrichtungen durch neue ersetzt werden, anstatt zusätzliche bei bis jetzt nicht technisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen zu errichten.

7.6 SchLV

Die „Verordnung des Bundesministers für öffentliche Wirtschaft und Verkehr über die Lärmzulässigkeit von Schienenfahrzeugen (Schienenfahrzeug-Lärmzulässigkeitsverordnung – SchLV)“ BGBl. Nr.

414/1993 war im Jahre 1993 sehr innovativ und Österreich war zu diesem Zeitpunkt ein Vorreiter. Mittlerweile gibt es aber die „technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge – Lärm““ (EU) Nr. 1304/2014 und passierend auf dieser wurde die SchLV überarbeitet, aber noch nicht veröffentlicht (Stand August 2021).

Die Veröffentlichung sollte möglichst bald erfolgen um bei neuen Projekten auch den Stand der Technik bezüglich des Lärmes anwenden werden zu können.

7.7 Weitere Verordnungen

Es fehlt eine Verordnung, wie DeBos ernannt werden. Diese sollte möglich schnell erlassen werden.

7.8 Generelle Überlegungen zu System Schiene und System Straße

Offiziell wird seitens der Politik das System Schiene immer hochgehalten und als eine Lösung für die Klimaproblematik gesehen.

In der Gesetzgebung ist es aber so, dass das System Schiene in ein sehr enges und kostenintensives Korsett gezwängt wird und die Gesetzgebung beim System Straße sehr liberal ist. Konkret sieht man dies an kleinen Beispielen, wie, dass man sehr schnell die Möglichkeiten für Testfahren für autonomes Fahren auf der Straße geschaffen hat und im Bereich der Schiene nichts Vergleichbares angedacht ist, und zieht sich über die Themen Kostenwahrheit und Freizügigkeit des Fahrzeugeinsatzes weiter. So ist es auf der Straße kein Problem mit einer Zulassung aus irgendeinem Land und mit einem Fahrer der einen Führerschein aus irgendeinem Land besitzt, durch ganz Europa zu fahren. Da muss der LKW keine NNTRs erfüllen oder gar der Frächter noch zusätzliche Gutachten beibringen und da ist es auch vollkommen unerheblich welche Sicherheitsstands in dem zulassenden Land gültig sind (gibt es zum Beispiel vorgeschriebene jährliche Überprüfungen der LKWs „Pickerl-Überprüfung“). Auch muss der Fahrer nicht für jedes Land eine Fahrberechtigung und Sprachkenntnisse B2 erwerben, um durch diese fahren zu dürfen. Dies bewirkt, dass die Produktionskosten für Transporte auf der Straße oft billiger sind als auf der Schiene und sich der Modalsplit zu Ungunsten der Schiene verschiebt.

Es sollten daher aus Sicht des Arbeitskreises keine zusätzliche Zulassungs- und Betriebshürden seitens des BMK aufgebaut, sondern die Prozesse vereinfacht werden, schon allein im Interesse des Klimaschutzes und zur Erreichung der Klimaziele. Die Forderung bedeutet nicht, dass die Sicherheit des Systems Bahn reduziert werden soll.

8. Management Summary

Es ist nur das 4. Eisenbahnpaket im EisbG umgesetzt und die Fahrzeugzulassung für Schienenfahrzeuge, welche in mehr als einem Mitgliedsland eingesetzt werden sollen, liegt bei der ERA, welche die Verfahren als One-Stop Shop (OSS) abwickeln will. Die nationalen Aspekte werden über NNTRs der jeweiligen Einsatzländer berücksichtigt.

Da die nunmehrigen Änderungen im EisbG aber zusätzlich zu den bestehenden Paragraphen eingebracht wurden, ist nicht ganz klar, ob neben dem Prozess bei der ERA (Nachweis der TSI und NNTRs) auch noch weitere Aspekte, welche in den Paragraphen §32b, §33b und §35 gefordert sind, nachgewiesen werden müssen und dies tunlichst auch mit Gutachten. Wenn dies der Fall ist, ist dies ein klarer Widerspruch zur Idee des One-Stop Shop (OSS) der ERA.

In der Gesetzgebung ist es aber so, dass das System Schiene in ein sehr enges und kostenintensives Korsett gezwängt wird und die Gesetzgebung beim System Straße sehr liberal ist. Dies bewirkt, dass die Produktionskosten für Transporte auf der Straße oft billiger sind als auf der Schiene und sich der Modalsplit zu Ungunsten der Schiene verschiebt.

Es sollten daher aus Sicht des Arbeitskreises keine zusätzliche Zulassungs- und Betriebshürden seitens des BMK aufgebaut, sondern die Prozesse vereinfacht werden, schon allein im Interesse des Klimaschutzes und zur Erreichung der Klimaziele. Die Forderung bedeutet nicht, dass die Sicherheit des Systems Bahn reduziert werden soll.

9. Abkürzungsverzeichnis

AK	ArbeitsKreis
BMK	BundesMinisterium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
EisbG	EisenbahnGesetz 1957
EisbKrV	EisenbahnKreuzungsVerordnung
EisbÜgV	EisenbahnÜbergangsVerordnung 2020
ERA	European Rail Agency
ERATV	European Register of Authorised Types of Vehicle
NNTR	Notified National Technical Rules
OSS	One-Stop Shop
RRTM	Rail & Road Traffic Management
SchLV	Schienenfahrzeug-LärmzulässigkeitsVerordnung
TSI	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität/Technical Specification for Interoperability

10. Quellen

- RICHTLINIE (EU) 2016/797 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union
- VERORDNUNG (EU) Nr. 1304/2014 DER KOMMISSION vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“
- Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (Eisenbahngesetz 1957 - EisbG) BGBl. I Nr. 143/2020
- Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (Eisenbahngesetz 1957 - EisbG) BGBl. I Nr. 60/2019
- Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (Eisenbahngesetz 1957 - EisbG) BGBl. I Nr. 137/2015
- 216. Verordnung der Bundesministerin für Verkehr, Innovation und Technologie über die Sicherung von Eisenbahnkreuzungen und das Verhalten bei der Annäherung an und beim Übersetzen von Eisenbahnkreuzungen (Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012 - EisbKrV) BGBl. II Nr. 216/2012
- Verordnung über die Benennung von Konformitätsbewertungsstellen und über die Pflichten von benannten Stellen im Eisenbahnbereich BGBl. II Nr. 457/2020
- Änderung der Zertifizierungsstellen-Akkreditierungs-Verordnung – ZeStAkk-V Novelle 2021 BGBl. II Nr. 149/2021

Arbeitsgruppe 2:

Weiterentwicklung von Leittechnik- Sicherungsanlagen für das Zielnetz 2025+

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Angela BERGER, Christian BIESTER, Karl BRUNNER, Ronald CHODÁSZ, Florian DIERNHOFER, Günter FADERBAUER, Walter FUSS, Wolfgang GINNER, Wolfgang KANOVSKY, Peter KNEZU, Otfried KNOLL, Johannes KOZLIK, Johannes KREINBUCHER, Michael KUKACKA, Martin LENGAUER, Gerhard LUEGER, Christian MAUSER, Robert NIESCHLAG, Harald PETSCHACHER, Gottfried SCHUSTER, Franz WAGENHOFER, Walter WEILINGER, Wolfgang WERNHART, Thomas WIENER, August ZIERL

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

1.1 Historie

Die Aufgabenstellung der Arbeitsgruppe 2 wurde im Oktober 2014 in Form eines Dokuments an die Mitglieder der Arbeitsgruppe übergeben. Inhaltlich waren damit folgende Themen angesprochen:

- Betrachtung der Verfügbarkeit von Bestandsanlagen und auch technologischer Neuerungen, deren Umsetzung im nächsten Jahrzehnt realistisch angenommen werden kann, hinsichtlich des Zielnetzes 2025+.
- Die Verfügbarkeitsbetrachtung umfasst vorrangig den Themenbereich Gesamtnetz Schiene Österreich. Der Themenbereich Straßenbahn und U-Bahn wird soweit möglich mitbetrachtet. Verfügbarkeitsbeschränkung wird als Abweichung vom Planbetrieb verstanden. Daher Analyse von geplanten und ungeplanten Beeinträchtigungen der Verfügbarkeit und deren Auswirkungen sowie Erarbeitung von Empfehlungen für mögliche Gegenmaßnahmen.
- Ausarbeitung von Empfehlungen betreffend Verbesserung der Diagnose für Services zur Steigerung der Verfügbarkeit.
- Ausarbeitung einer Empfehlung für eine systematische Vorgehensweise mit dem Ziel der kontinuierlichen Verbesserung der Verfügbarkeit des Gesamtsystems.

Folgende Themen waren als Ziele explizit ausgenommen:

- Betrachtung der Verfügbarkeit von Straßenverkehr
- Betrachtung der Verfügbarkeit des Schienenverkehrs außerhalb Österreichs
- Betrachtung von Kapazitätsengpässen vorhandener Infrastrukturen

Die Arbeit der Arbeitsgruppe 2 hat sich in 3 Phasen gegliedert. Die Phasen 1+2 (2014-2018) sind bereits abgeschlossen, entsprechende Berichte liegen vor. Die aktuelle Phase 3 hat Ende 2018 begonnen und wird nun im April 2021 abgeschlossen werden.

1.2 Phase 3

Die Phase 3 wurde mit einem Wechsel der Arbeitskreisleitung begonnen. Folgende Arbeitsweise wurde vereinbart:

Guidance für AG Leiter und AG Mitarbeiter

Erwartungen an die Umsetzung in der AG (Arbeitsgruppe):

- Selbstständiges Formulieren der präzisen Inhalte der AG anhand der AG Ziele
- Für fachliche Themen Spezifizierung und Abgrenzung zu anderen Arbeitsgruppen/-paketen und Projektumwelten
- Planung und Organisation der Inhalte in Teil-Arbeitspakete sowie Darstellung deren Ergebnisse und Meilensteine
- Erstellung und laufende Aktualisierung eines Zeitplanes
- Zusammenführung und regelmäßige Aktualisierung im AK (Arbeitskreis)
- Regelmäßiges Status-Reporting aus der Arbeitsgruppe
- Selbstorganisation und Kommunikation mit anderen AGs
- Organisation von Meetings und Workshops
- Dokumentation

Dabei sind zu berücksichtigen, zu kommunizieren und abzustimmen:

- Inputs für die AG Mitglieder, Outputs der Arbeitsgruppe

- Themen aus anderen Arbeitsgruppen/-paketen soweit angebracht
- Kommunikation von Risiken und Management derer

Ziele der Arbeitsgruppe

Zu den Aufgabenstellungen werden in den ersten Arbeitsgruppenrunden Knowhow-Träger (AG-intern oder extern) eingeladen, über bestimmte Themen zu referieren. Aus diesen Referaten und darauffolgenden Gruppendiskussionen werden Inhalte definiert, welche im Rahmen eines Arbeitsgruppenberichtes als Fakten dargestellt werden. Die Arbeitsgruppe wird auch versuchen, Handlungsempfehlungen festzulegen und diese in Form von Empfehlungen im Abschlussbericht zu dokumentieren.

Alle Themen werden unter dem Blickwinkel „Transportsektor Österreich“ gesehen und auch dementsprechend firmenneutral ausformuliert.

Nicht-Ziele der Arbeitsgruppe

Die Arbeitsgruppe ist keine Lobbying-Plattform, um einzelne Projektpartner (Infrastrukturbetreiber, Zulieferindustrie, Beraterfirmen) betreffend ihre Zielrichtung / ihres Standpunktes zu unterstützen.

Ideen anderer Länder werden hinsichtlich Anwendbarkeit behandelt und explizit auf Österreich-Tauglichkeit untersucht, da es nicht Ziel ist, Strategien oder Ideen für andere Länder festzulegen.

Hauptaufgaben und Teilaufgaben / Meilensteine (Arbeitsschritte zum Erreichen des Ergebnisses)

MS1.1 Analyse der Themen bis Ende 2019

Alle 4 Themenbereiche werden im Zuge von Fachvorträgen und Diskussionen näher beleuchtet.

MS 1.2: Vertiefung der Themen bis Ende 2020

Im Zuge vertiefender Diskussionen werden Handlungsempfehlungen erarbeitet.

MS 1.3: Abschlussberichtsentwurf bis März 2021

Ein Abschlussbericht wird in seiner Struktur und seinem Inhalt entworfen.

MS 1.4: Finaler Abschlussbericht bis April 2021

Der Abschlussbericht steht final zur Verfügung.

2. Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten

Im Zuge der in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgelisteten Treffen wurde eine Serie von „Tiefstichen“ zu den Themen „SmartRail 4.0“, „Tunnel“, „Netzwerke“ und „Regionalbahnen“ durchgeführt.

Zusätzlich hatte die Arbeitsgruppe die Chance, eine Standardisierungs-Initiative aus dem Energiesektor kennenzulernen. Dieser Beitrag wurde als wertvoll erachtet, eine Beschreibung findet sich im letzten Kapitel dieses Berichts.

Zunächst wurden die einzelnen Themengebiete während der einzelnen Treffen ausgiebig diskutiert. Sodann wurden externe Vortragende zu Spezialthemen eingeladen. Alle Diskussionen und Ergebnisse wurden protokolliert, die vorgetragene Präsentationen und zur Verfügung gestellten Informationen wurden katalogisiert und systematisch abgelegt.

Aus diesem Wissenspool wurden später die Inhalte dieses Berichtes erstellt.

Nachdem der größte Teil der Information durch Diskussionen oder anhand von konkreten Beispielen oder Vorgehensweisen von Produkten oder Systemen erarbeitet wurde, stellt die resultierende Beschreibung der Themen im Bericht eine Interpretation der oben genannten Informationen dar, die innerhalb der Gruppe abgestimmt wurde. Die Berichtsentwürfe wurden einem Review durch die Gruppenmitglieder unterzogen, wodurch der jeweilige Endbericht als innerhalb der Arbeitsgruppe akzeptiert gilt.

2.1 SmartRail 4.0

Autoren: Walter FUß, Wolfgang WERNHART

2.1.1 Ziele des Programms

SmartRail 4.0 ist ein Programm, das von den Bahnbetreibern SBB (Schweizerische Bundesbahnen), BLS (ehem. Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn), der Schweizerischen Südostbahn AG (SOB), der Rhätischen Bahn (RhB) und dem Verband öffentlicher Verkehr (VöV) ins Leben gerufen wurde, um das Schweizer Bahnsystem umfänglich zu modernisieren. Später kam auch noch „transport public fribourgeois“ (tpf) hinzu. Ausgangspunkt der Überlegungen war unter anderem die Unzufriedenheit mit dem Fortschritt in der Einführung von ETCS Level 2. Diese Technologie versprach einerseits eine Effizienzsteigerung des Bahnbetriebs und damit langfristig auch eine Kosteneinsparung, andererseits lagen die Anschaffungskosten und Zulassungsaufwände in einer Größenordnung, dass mit einem Vollausbau im schweizerischen Bahnnetz bei gleichbleibendem Investitionsvolumen bis zum angestrebten Zieltermin 2035 bei Weitem nicht zu rechnen war. Interne Schätzungen gingen sogar von einem Zeithorizont 2050 bis 2060 aus. Da die Potentiale der Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung erst durch die Ausrüstung von größeren und zusammenhängenden Bereichen gehoben werden können, war diese Situation höchst unbefriedigend.

Als Reaktion darauf wurde das Programm SmartRail 4.0 gestartet, in dem die schweizerischen Bahngesellschaften begannen, aus Betreibersicht alternative Konzepte zu überlegen. Die grundlegenden Ziele wurden dabei wie folgt beschrieben:

- Kapazitäts-Steigerung um 15 – 30%
- Kosteneinsparung von CHF 500 Mio. pro Jahr bei gleichzeitiger Steigerung der Energieeffizienz des Gesamtsystems
- Erhöhung der Verfügbarkeit und in bestimmten Bereichen auch der Sicherheit (z.B. Rangieren)

Ziele von smartrail 4.0



- 15 – 30 % mehr Kapazität aus der bestehenden Schieneninfrastruktur



- bis zu CHF 500 Mio. weniger Unterhalts- und Betriebskosten pro Jahr
- markante Steigerung der Energieeffizienz des Gesamtsystems



- höhere Verfügbarkeit
- mehr Stabilität und Flexibilität bei Abweichungen und Störungen
- höhere Sicherheit im Bereich Rangieren

Abbildung SR40-1: Ziele von SmartRail 4.0 [Quelle VöV Branchentagung Mai 2019]

Die Maßnahmen für die Erreichung dieser Ziele sind in sechs Bereiche gegliedert:

1. Prozesse und Anforderungen
2. Traffic Management System (TMS)
3. ETCS-Stellwerk mit geometrischer Logik

4. Connectivity und präzise Lokalisierung
5. Automatisierter Fahrbetrieb (ATO = Automatic Train Operation)
6. CCS Fahrzeugarchitektur (COAT = CCS onboard application platform for trackside related functions; CCS = Command and Control System)

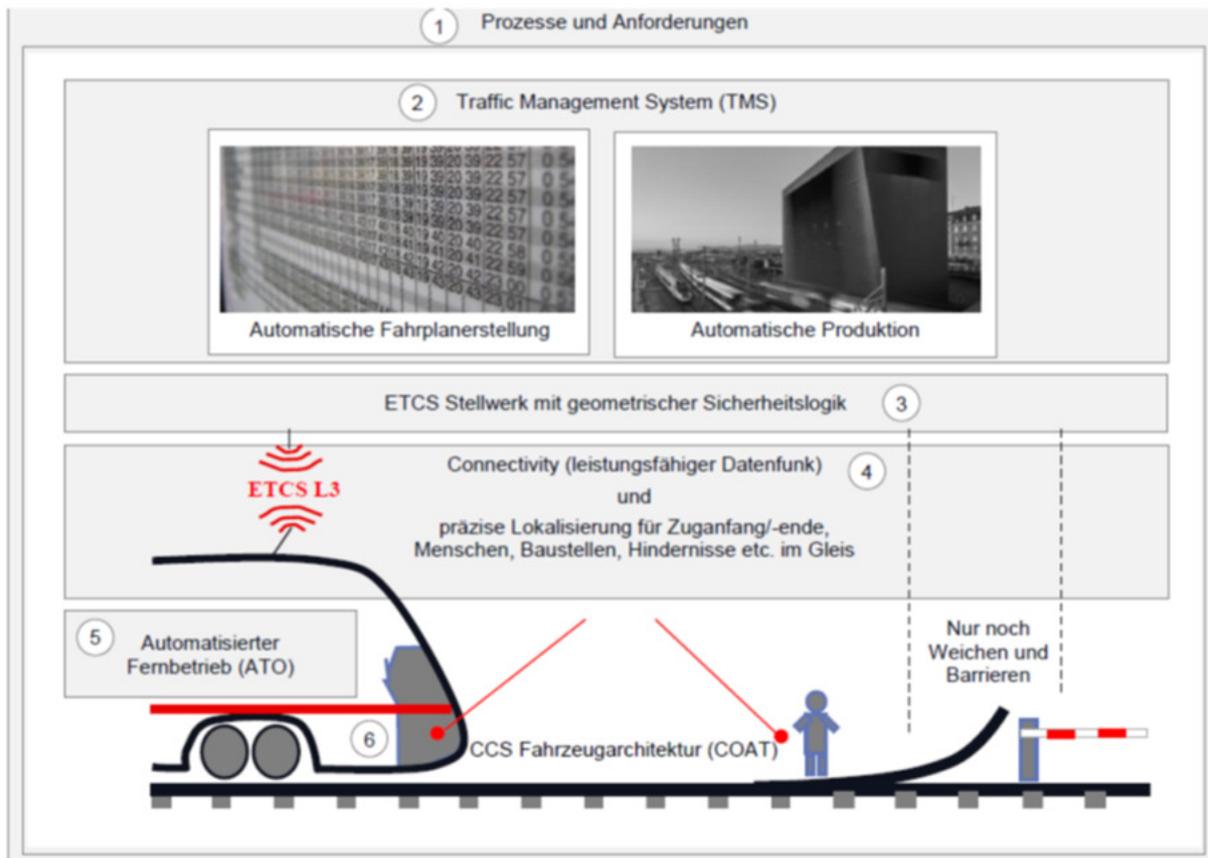


Abbildung SR40-2: Die sechs Bereiche [Quelle VöV Branchentagung Mai 2019]

Dahinter stehen konkrete Lösungsansätze und technische Zielvorstellungen. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die strikte Trennung aller nicht-sicherheitsrelevanten Funktionen von den möglichst eng gefassten Funktionen der eisenbahntypischen Sicherheitsanforderungen. Damit wird der Bereich „ETCS Stellwerk“ oder auch „Advanced Protection System“ (APS), wie er zuletzt genannt wurde, zum Angelpunkt der Systemarchitektur, in dem die safetyrelevanten Funktionen konzentriert sind. Im Bereich darüber ist das TMS angesiedelt, das von der Erstellung des Jahresfahrplans über die gleisgenaue Ausprägung desselben für jede Betriebsstelle bis hin zur zeitgerechten Einstellung der gewünschten Fahrwege alle operativen Aufgaben übernimmt.

Auf der Seite der ausführenden Systemteile sind einerseits die Züge und eventuell auch die Rangierbewegungen angesiedelt und andererseits die streckenseitigen Einrichtungen wie Weichen und Bahnübergangssicherungsanlagen (österr.: EKSA). Durch die Logiken von ETCS Level 2 und Level 3 sollen weitere Elemente, insbesondere Signale, so weit wie möglich vermieden werden, da der Triebfahrzeugführer über die Führerstandssignalisierung mit allen nötigen Informationen versorgt wird. Dadurch wird eine Reduktion der Außenanlagen um 70% und eine entsprechende Kosteneinsparung in Bau und Unterhalt erwartet. Mit der Moving-Block-Logik wird zudem eine Maximierung der Streckenkapazität angepeilt.

Die Zugsrüstung spielt dabei insofern eine entscheidende Rolle, als dort Funktionen wie Positionierung (Fahrzeugortung), Führerstandssignalisierung und automatisierter Fahrbetrieb angelagert sind, die wesentlichen Beiträge zur Gesamtfunktionalität leisten. Diese Verlagerung von Funktionalitäten ins Fahrzeug, die vormals in der Infrastruktur enthalten waren, läuft unter dem Titel COAT (CCS onboard application platform for trackside related functions) und soll dazu beitragen, die Kosten des Gesamtsystems zu reduzieren. Dabei wird auf die Standardisierung gemäß OCORA (Open CCS-Onboard Reference Architecture) gesetzt, um diesen Bereich sowohl wirtschaftlich (günstige Preise durch hohe Stückzahlen) als auch operativ („plug and play“-kompatible Komponenten ermöglichen kurze Umrüstzeiten) in den Griff zu bekommen. [Document ID: STI-BUS004, Version 1.00 vom 08.06.2020; auch <https://www.smartrail40.ch/index.asp?inc=programm/uebersicht.asp>]

Der Weg zum Ziel

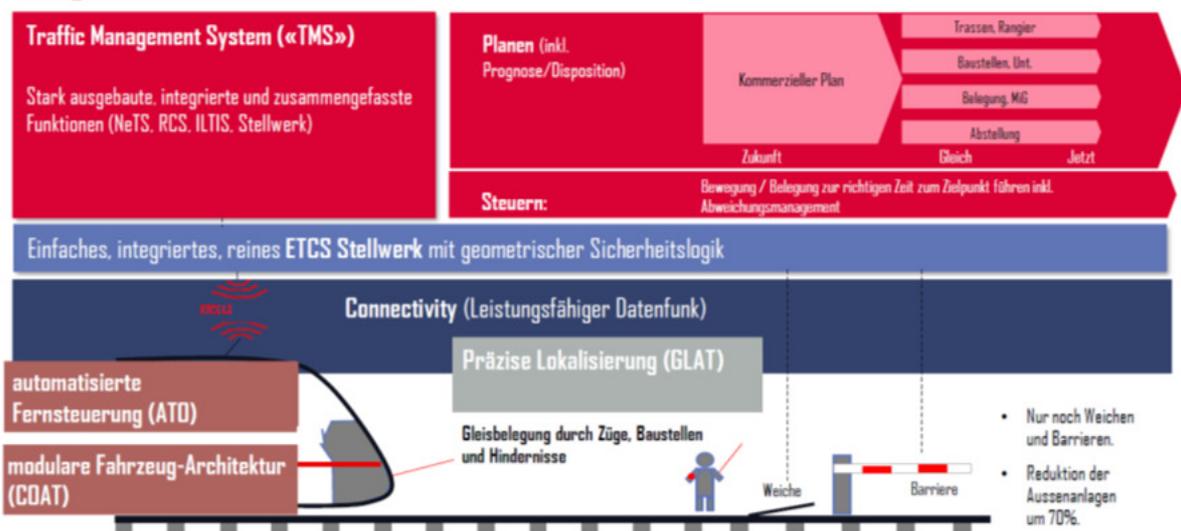


Abbildung SR40-3: Die Umsetzung [Quelle VöV Branchentagung Mai 2019]

Wie Abbildung SR40-3 zeigt, ist die Verbindung zwischen dem ETCS-Stellwerk und den Zügen bzw. Außenelementen ein entscheidender Teil der Gesamtarchitektur. Insbesondere die Verbindung des ETCS-Stellwerks zu den Zügen erfolgt funkbasiert und setzt eine hohe Dichte und Verfügbarkeit dieses Mediums voraus. Dabei werden nicht nur Movement Authorities (MA), also Fahrerlaubnismeldungen, an die Fahrzeuge gesendet, sondern auch Anweisungen bzw. Empfehlungen zu einem energieoptimierten Geschwindigkeitsprofil. Andererseits werden Informationen von den Fahrzeugen entgegengenommen und ausgewertet. Das umfasst die fahrzeugeigene Lokalisierung – sei es durch balisengestützte Odometrie und/oder durch Funkortung – sowie Integritätsmeldungen und allfällige statische und dynamische Zustandsinformationen.

Über alle Bereiche spannt sich die Thematik der Betriebs- und Zulassungsprozesse. Im Programm SmartRail 4.0 wurde klar erkannt, dass die Betriebsprozesse bei Einführung dieses neuartigen Systems nicht so bleiben können, wie bisher. Doch genau da wird auch eine Verbesserung der heutigen Situation erwartet, indem einheitliche Technologien mit einheitlichen Betriebsvorgängen eine deutliche Vereinfachung gegenüber dem heutigen Mix von Stellwerkstypen aus den letzten 100 Jahren bringen. Um aber den Mix mit dem neuen System nicht noch zusätzlich zu erhöhen, wird auf einen zügigen und gebietsweisen Rollout gesetzt, der wiederum deshalb möglich sein soll, weil damit rasch wirksame Einsparungen die Investitionen in verhältnismäßig kurzer Zeit amortisieren.

Die für alle Beteiligten hohen Aufwände in den Zulassungsprozessen wiederum werden nach den Plänen von SmartRail 4.0 durch einen sehr innovativen Ansatz signifikant reduziert. Während heute nämlich die örtlichen Gegebenheiten und viele betriebliche Regeln durch die anlagenspezifische Konfiguration (Projektierung) berücksichtigt werden müssen, die wiederum einer genauen Prüfung zu unterziehen und behördlich zu bestätigen ist, setzt das Programm auf eine „Sichere Topologie“, d.h. auf validierte Daten zur Infrastruktur, die die Grundlage für die Sicherungs- und Betriebsführungslogik sein soll. Dazu wurde im Programm SmartRail 4.0 ein eigenes Projekt namens TOPO4 installiert, das die Struktur und den Umfang der zu erhebenden Daten, aber auch die hinterlegten Prozesse definieren soll. Die Sicherungslogik des ETCS-Stellwerks soll nun nach den topografischen Gegebenheiten die Sicherung jedes bewegten oder stehenden Objekts übernehmen, und zwar nach Maßgabe der Physik, der Topologie, der Fahrzeugeigenschaften und der realen Abstände der Objekte zueinander. Diese Logik berücksichtigt die Gleislagen und Weicheneigenschaften und alle anderen Parameter in einer generischen Art und Weise, sodass mit jeder konkreten Ausprägung der Gleistopographie gleichermaßen sicher verfahren wird. Nach der Zulassung dieser umfassenden Logik ist eine Änderung der Infrastruktur lediglich über den Prozess der sicheren Topologie dem ETCS-Stellwerk zugänglich zu machen und schon kann auf diesen Abschnitten sicher gefahren werden, ohne eine Stellwerksprojektierung im Speziellen zulassen zu müssen.

Die dafür nötigen Eigenschaften der sicherheitsrelevanten Ebene verbergen sich hinter dem Begriff des „ETCS-Stellwerks mit geometrischer Sicherheitslogik“. Dabei weist der Begriff „geometrisch“ auf die Berücksichtigung der tatsächlichen Längen von Gleisen und der aktuellen Abstände von Zügen hin, was in gegenwärtigen Stellwerken typischerweise nicht Gegenstand der Logik ist, sondern bestenfalls in der Projektierung Berücksichtigung findet, und zwar über den Umweg von starren Geschwindigkeitseinschränkungen und Signalisierungsregeln. Der geometrische Ansatz dagegen kann die Züge örtlich viel präziser führen und damit Betriebsfälle wie besetzte Einfahrten oder die Annäherung an Arbeitertrupps effizient behandeln. Das wesentliche Merkmal dieses Ansatzes ist dabei, dass die Logik fahrzeug-zentriert arbeitet und nicht strecken-zentriert.

In einem Signal&Draht-Artikel der Ausgabe Oktober 2018 schreiben Steffen Schmidt und David Grabowski, dass die hohen Kosten der gegenwärtigen Systeme auf die Trennung von ETCS (Zugsicherung) und Stellwerk (Fahrwegsicherung) zurückzuführen seien und die Integration der modernen Zugsicherung in die Altarchitekturen der gewachsenen Stellwerkslandschaft nicht nur technische Probleme mit sich bringt, sondern auch die betrieblichen Möglichkeiten und Vorteile beschränkt. Mit der Verbindung der klassischen Stellwerksaufgaben mit jenen des Radio Block Centers (RBC) entsteht eine kompakte und effektive Instanz, die ungeteilt die Agenden der Sicherung übernimmt und alle Möglichkeiten der Feinsteuerung nutzen kann.

Von der Konzeption zum Rollout Kernnetz

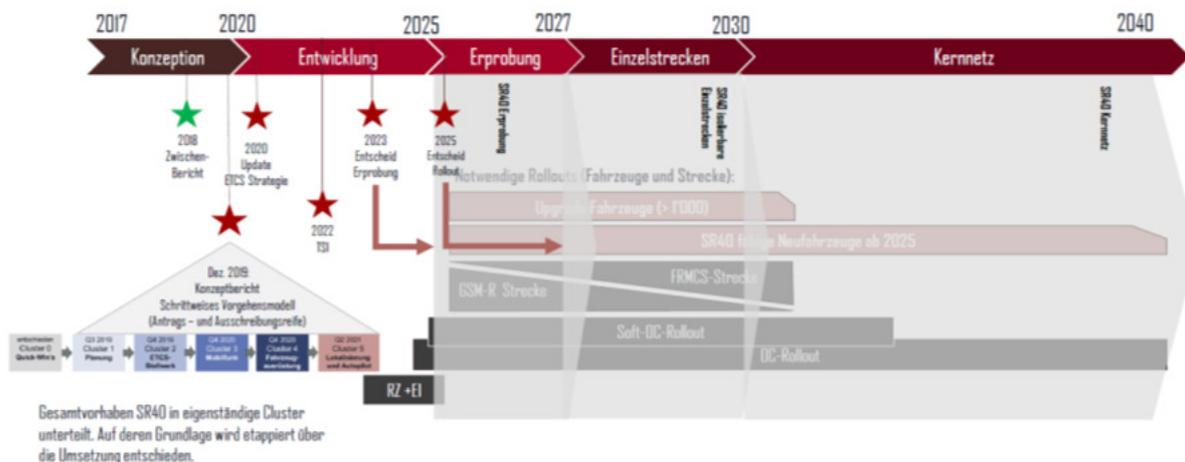


Abbildung SR40-4: Der Zeitplan [Quelle VöV Branchentagung Mai 2019]

Die Abbildung SR40-4 zeigt den Ablaufplan des Programms SmartRail 4.0 von der Konzeption über die Entwicklung und die Erprobung bis zum Rollout aus der Sicht des Jahres 2019. Anfang 2019 veröffentlichte das BAV noch eine „Information zum Entscheid der Direktion BAV vom 4. Februar 2019 zu ETCS L2 / GSM-R“, worin unter anderem steht:

Das BAV unterstützt die Bestrebungen von smartrail 4.0. Es erwartet im dritten Quartal 2019 die Entscheidungsgrundlagen, um das weitere Vorgehen für die ab 2020 vorgesehene Entwicklungs- und Erprobungsphase festzulegen. Der vorzusehende Lösungsansatz muss die Interoperabilität weiterhin gewährleisten. Eine hohe Dringlichkeit sieht das BAV in der **Ablösung von GSM-R durch FRMCS**. Es wird erwartet, dass ab **2025** die neuen Systeme implementiert werden können.

2.1.2 Diskussion der Ziele und der Umsetzungsstrategien

Der Ansatz und die Auswirkungen der Architektur des Gesamtsystems, das SmartRail 4.0 in der ursprünglichen Fassung vorschlägt, sind im höchsten Maße disruptiv. Eine kurze und unvollständige Aufzählung solch markanter Vorstöße möge dies verdeutlichen:

- Einführung der „Sicheren Topologie“
- Ortung aller Fahrzeuge (nicht nur jener der Züge!)
- Ersatz der bisherigen Stellwerke durch Einführung von Object Controllern (OC) zur gleisnahen Elementansteuerung einerseits und dem ETCS-Stellwerk mit MA-Vergabe andererseits (d.h. bisherige Stellwerke haben keinen Platz mehr)
- Die Wahl des Fahrwegverlaufs ist nicht mehr Aufgabe des Stellwerks, sondern wird als eine von vielen Aufgaben vom TMS übernommen. Das ETCS-Stellwerk kennt keine Fahrstraßen mehr, sondern übernimmt nur die Prüfung und allfällige Weiterleitung von Stellbefehlen für Weichen und EKSA sowie die Prüfung und allfällige Weiterleitung von MA-Telegrammen. Die auslösende Instanz ist dabei stets das TMS.
- Level 3-Fähigkeit aller Züge

Die technischen Voraussetzungen für die Einführung dieser Funktionen sind zum guten Teil noch zu entwickeln, aber das ist nicht das Problem. Selbst der Aufbau und die Pflege eines Datenbestands zur

„Sicheren Topologie“ erscheint mit dem entsprechenden Einsatz von technischen und organisatorischen Mitteln als machbar. Die Probleme des Ansatzes kommen aber

- aus dem grenzüberschreitenden Verkehr, mit dem Fahrzeuge in die Schweiz gelangen, die die geforderten Eigenschaften und Fähigkeiten (Ortung, Integritätsüberwachung und Identifikation) noch lange nicht aufweisen werden,
- aus der radikalen Umstellung der Sicherungssysteme anstatt einer sukzessiven Migration und
- aus dem Alleingang der Schweiz, in dem keine Skaleneffekte einer zumindest europaweit eingesetzten Technologie abgewartet werden und somit die Entwicklungskosten so gut wie gänzlich auf die Schweiz zurückfallen.
-

Diese Probleme wurden um etwa 2018 erkannt und die Verantwortlichen für das Programm begannen gegenzusteuern. So wurde ein Übergangszeitraum zugestanden, in dem die klassische Gleisfreimeldung und die neuen Fahrzeugortungsmethoden koexistieren werden, um auch den grenzüberschreitenden Verkehr weiterhin zu ermöglichen. Die bestehenden elektronischen Stellwerke sollen durch Modifikation der Software-Funktionen als Multi-Object-Controller unter einem ETCS-Stellwerk bestehen bleiben, womit der Investitionsschutz zumindest für die jüngste Technologie im Feld erreicht wird. Und letztlich wurde die Industrie zu Gesprächen eingeladen, um die Ideen aus dem Programm mit Umsetzungsvorschlägen und Produkten zu unterstützen.

Da es trotz dieser Bemühungen nicht zu dem vom BAV geforderten Fortschritt kam, wurde in der Mitte des Jahres 2020 ein neuerlicher Richtungsentscheid durch das BAV gefällt. Dieser gründet sich auf die allgemeine Einschätzung der bislang erreichten Ergebnisse und beurteilt diese von ihrem gesamtheitlichen Ansatz her als richtig, aber als zu sehr technisch orientiert. Der Faktor Mensch würde zu wenig beleuchtet, ebenso die allgemeinen Grundlagen des Bahnbetriebs. Die Bewältigung der Komplexität der vielen miteinander verknüpften Vorhaben wird der Organisation von SmartRail 4.0 nicht zugetraut. Die Fokussierung auf den Vollausbau und die vorgelegte Planung, diesen zu erreichen, werden als zu optimistisch eingestuft. Letztlich bemängelt das BAV, dass keine Strategie für den Umgang mit den bestehenden Sicherungsanlagen und zu einer Migration hin zu SmartRail 4.0 vorgelegt wurde.

Da die unbefriedigend verlaufende ETCS-Migration aber kein Schweiz-Spezifikum ist, sondern ganz Europa betrifft, wird eine aktive Beteiligung am ERTMS-Innovationsprogramm der EU gefordert. Ferner behält sich das BAV Richtungsentscheide bezüglich Interoperabilität bis zur Festlegung der EU-Konzepte vor.

Im Einzelnen werden einige Programmteile in der geplanten Form weitergeführt, während andere einer Neuplanung zu unterziehen sind. In die erste Kategorie fallen die Entwicklung des TMS und der ATO auf Basis der Führerstandssignalisierung sowie COAT und OCORA, wobei explizit gefordert wird, proprietäre Produktentwicklungen zu vermeiden. Vielmehr sollen Schweiz-spezifische Erfahrungen in die ERA-Arbeitsgruppen einfließen. Ferner ist die Migration von GSM-R auf FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) weiter zu verfolgen, und zwar in enger Zusammenarbeit mit SBB Telecom.

In die zweite Kategorie fällt neben der „Baustellensicherung unter SmartRail 4.0“ insbesondere der Programmteil „ETCS-Stellwerk“. Dieses ist der ERTMS-Strategie des BAV unterzuordnen und unter

diesem Titel muss auch eine konsolidierte Strategie für den zukünftigen Lebenszyklus bestehender Sicherungsanlagen ausgearbeitet werden.

Generell wird die Verbesserung der Zusammenarbeit mit der Industrie gefordert, wobei die Erstellung von Konzepten für die Handhabung von Besitzverhältnissen des geistigen Eigentums gefordert wird. Schlussendlich kündigt das BAV eine stärkere Kontrolle der Verwendung von Finanzmitteln und der damit erreichten Ziele an. Wenn heute¹ die Homepage des SmartRail4.0-Programms [<https://www.smartrail40.ch/>] aufgerufen wird, erscheint eine Information, in der unter anderem steht:

Mit dem Abschluss der Konzeptphase von Smartrail 4.0 per Ende 2020 wird die Umsetzung in separaten Einzelprojekten innerhalb der Linienorganisation der SBB weitergeführt. Eine enge Zusammenarbeit innerhalb der schweizerischen Bahnbranche wird auch in Zukunft angestrebt und ist in Vorbereitung. Zusätzlich wird in den nächsten Monaten geklärt, wie die Schweizer Bahnbranche auf europäischer Ebene eingebunden sein wird. [<https://www.smartrail40.ch/> aufgerufen am 30.04.2021]

2.1.3 Die Sicht von außen und weitere Ideen

Zu den Einsparungsideen und Realisierungsansätzen wurden folgende Anregungen genannt:

- Automatische Kupplung als Voraussetzung, um Integrität zu prüfen.
- Die „Mittelpufferkupplung“ für Güterwagen stellt eine Option für diesen Bereich dar. Die Einführung müsste aber gefördert werden, weil sehr viel Geld zur Ausrüstung nötig ist!
- Es gibt Forschungen an Universitäten in Deutschland mit dem Ziel, die Zugsvollständigkeit per Schallwellen in der Bremsleitung zu prüfen.
- Die Lokalisierung von Fahrzeugen ist ein generelles Problem des Fahrens auf Level 3-Niveau. Dazu existieren auch verschiedene Ansätze, denen meist eines gemeinsam ist, dass nämlich nicht ein Produkt alle Ansprüche erfüllen können wird. Daher ist der Bereich der Lokalisierungsmethoden für sicherheitsrelevante Ortsinformationen unter dem Begriff GLAT (Generic Location Aware Toolbox) zusammengefasst.
- Im ÖBB Smart Cargo Programm wird mit Greenlight ein Ansatz verfolgt, die Güterwagen einzeln orten und verfolgen zu können, aber ohne Sicherheitsrelevanz. Der Plan ist, alle 15min ein Lokalisierungssignal zu senden.
- Der Umgang mit den Bestandsanlagen bei Einführung von neuen Systemen wird unterschiedlich betrachtet. Die DB erstellte einen Business-Case, nach dem die ESTW-Umrüstung der Erhaltung von Altstellwerken vorzuziehen sei. In diese Kerbe schlug auch Dr. Markus Montigel, der am Industrietag SmartRail 4.0 am 21.02.2019 in seiner Funktion als Präsident der IRSE den radikalen Schnitt empfahl. Doch das BAV setzte 2020 auf die sukzessive Migration, um getätigte Investitionen zu schützen und das Risiko zu minimieren. Folgende Aspekte sind aber den meisten Ansätzen gemein:
 - Vermeidung des Vendor-Lock durch standardisierte Produkte!
 - Ausrüstung von Netzbezirken statt Einzelanlagen!
 - Die Grenzen der Erneuerung sind oft nicht nur finanzieller Natur, sondern auch den Umsetzungsproblemen geschuldet, insbesondere den benötigten Personen und Fachkräften.

¹ Stand 30.April 2021

- Die flexible Vergabe von Fahrplantrassen ist ein entscheidender Hebel zur Erhöhung der Kapazitäten des Bahnnetzes. Die SBB hat dazu einen durchgängigen Prozess zur Trassenbehandlung und aktualisiert den Trassenstatus alle 2 Sekunden!
- In der Schweiz ist ein „Fahrplan für Vershub“ im Gespräch, um diesen besser planen, kontrollieren und sichern zu können. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Vershub immer mehr in „Zentren“ zusammengezogen wird und immer weniger im einzelnen Bahnhof erfolgt. Die Realisierbarkeit ist umstritten. Unter dem Aspekt, dass in Österreich 70% des Güterverkehrs von Großindustrien (z.B. VOEST, OMV) ausgelöst werden, ist damit ein Grundaufkommen eventuell gut abzudecken. Vermutlich verursacht aber der restliche Anteil (30%) mehr Arbeit und ist weniger gut vorherbestimmbar.
- Moderner Bahnverkehr leidet am stärksten unter geplanten oder nicht geplanten Reparatur-, Umrüst- und Bauarbeiten. Ein modernes System muss sich insbesondere im „degraded mode“ bewähren. Das betrifft Störungen des Systems selbst wie auch die eingeschränkte Verfügbarkeit der gesteuerten Infrastruktur.
- Automatisierte Messung zwecks Projektierungs- und Zulassungsvermeidung ist eventuell ein Mittel, die Voraussetzungen für ein geometrisches Stellwerk zu schaffen.

2.1.4 Europäische Initiativen

Im Folgenden sind nur Initiativen angeführt, die Standards für Hauptbahnen mit Bezug auf Systemarchitektur herausgeben.

Die Pfeile zeigen an, ob und wie stark eine Initiative eine andere beeinflusst.

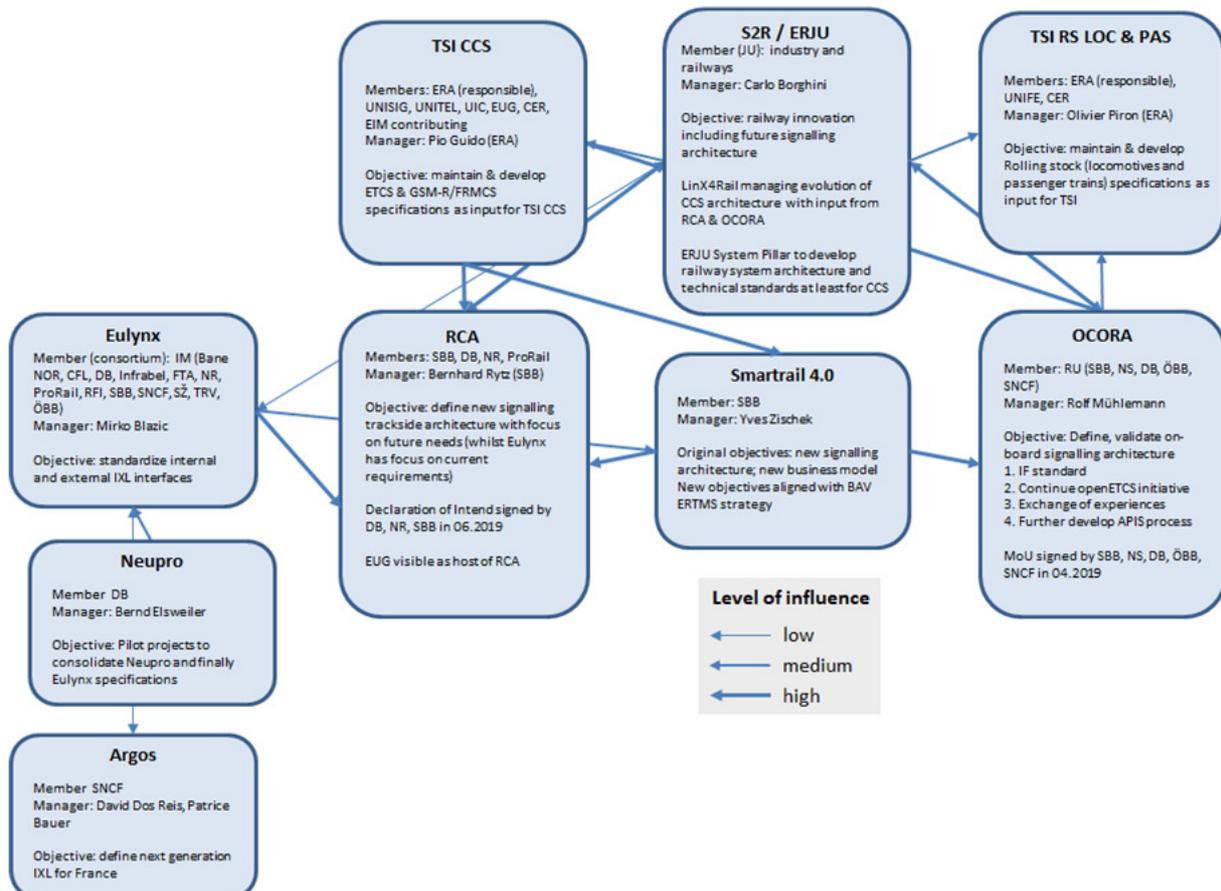


Abbildung SR40-5:

Zusammenhänge Europäischer Initiativen

Ein kurzer Abriss der Initiativen:

Argos

ARGOS ist der Name der neuen Stellwerksgeneration des französischen Bahnbetreibers SNCF. Sie basiert auf Kompatibilität mit PAI G2 (franz. Akronym bzw. Quasi-Standard für elektronische Stellwerke in Frankreich), erweitert um nötige Zusätze. Der ursprüngliche Name von ARGOS war PAI NG3. Ziele dieser neuen Generation von Stellwerken sind unter anderem die Verringerung der Lebenszyklus-Kosten um 15% und die Verkürzung der Inbetriebsetzungszeit um 30% (ganzheitliche Betrachtung inkl. SNCF-Aktivitäten). Des Weiteren werden eine verbesserte Leistung, Verfügbarkeit und Wartbarkeit der Systeme als Ziele gesehen. Weitere Informationen (mit Stand April 2021 nur auf Französisch) unter <https://www.sncf-reseau.com/fr/argos-parteneriat-innovation-developper-postes-aiguillage-demain>.

EULYNX

EULYNX ist eine europäische Standardisierungs-Initiative von 13 Infrastrukturbetreibern. Dabei zielt EULYNX dezidiert auf die Standardisierung der Signalisierungssysteme, sozusagen als Ergänzung zur TSI. EULYNX wird auch als Erbe der Euro-Interlocking und INESS-Initiativen gesehen. Das Programm selbst ist aus dem NeuPro-Programm der DB entstanden und auf europäische Ebene gehoben worden (<http://www.eulynx.eu/>).

Die Ziele von EULYNX umfassen das Definieren einer Standard-Architektur für Eisenbahn Signalisierungssysteme mit dem Ziel, durch Austauschbarkeit der Komponenten eine Reduktion der Lebenszykluskosten zu erreichen. Trotz des Zieles, Schnittstellen zu vereinheitlichen, lässt EULYNX dezidiert Raum für nationale Betriebsregeln im Sinne von Variabilität („Standardization is not Harmonization“). Durch die Möglichkeit der Infrastrukturbetreiber, als Integrator aufzutreten, soll der Wettbewerb unter den System-Lieferanten positiv beeinflusst und gleichzeitig „Vendor-Locks“ vermieden werden. Ein weiteres Ziel ist das Teilen von Wissen über Signalisierungssysteme mittels formalisierter Anforderungen und Prozesse. Siehe auch <https://de.wikipedia.org/wiki/Eulynx>.

NeuPro

Eine Initiative der DB zur Standardisierung und Vereinheitlichung von Schnittstellen zwischen den Komponenten der Sicherungstechnik.

Kernaussagen:

- Überwiegend soll eine Erneuerung der Stellwerksaltechnik bis 2040 umgesetzt werden.
- Zur Finanzierung wurde eine Machbarkeitsstudie durch den Bund beauftragt → Ergebnis war positiv, ein erstes Starterpaket wurde durch den Bund bewilligt.
- Die DSTW-Technik ist die Grundlage für den angestrebten DSTW/ESTW-Rollout.
- In einer zukünftigen „DSD AG“ wird der industrialisierte Serienrollout vorbereitet und zur Umsetzung gebracht.

Weitere Informationen unter https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Vortraege/FET_2019/2019-04_08_Fachtagung_Eisenbahnrecht_und_Technik_Digitalisierung_bei_der_Bahn.pdf.

OCORA

Das Akronym OCORA steht für Open CCS Onboard Reference Architecture. Es handelt sich dabei um eine europäische Initiative zur Standardisierung der CCS- (Control, Command and Signalling)

Fahrzeugarchitektur. Aktuell zeigen einige Infrastruktur-Betreiber, darunter SBB, NR (Network Rail), DB, ÖBB und SNCF, Interesse. Die Initiative scheint offen für alle Interessenten zu sein. OCORA ist das europäische Pendant zum COAT Programm von SmartRail (siehe Kapitel 5.5.1). Mittlerweile gibt es bereits die dritte Verfeinerung der Architektur.

Die Architektur-Definition zielt auf die Modularisierung der Fahrzeug-Funktionsblöcke in standardisierter Art und Weise ab. Dies beinhaltet die Trennung sinnvoller Teile, sei es aus Obsoleszenzgründen (z.B. DÜ-Technologie) oder Sicherheitsgründen (Safety). Erklärtes Ziel der Initiative ist, sowohl eine Vereinfachung der Architektur im Sinne einer sauberen Trennung als auch eine Standardisierung zur einfacheren Integration zu schaffen. Dabei wird besonderes Augenmerk auf Unabhängigkeit der unterschiedlichen Funktionsblöcke gelegt, da nur dadurch gewährleistet werden kann, dass eine hinreichende Vereinfachung auch tatsächlich ankommt. Des Weiteren soll die saubere Trennung dazu führen, dass eine Evolution der einzelnen Subsysteme leicht und mit möglichst wenig Beeinflussung des Gesamtsystems vorstatten gehen kann.

RCA

RCA (Reference CCS Architecture) ist eine Initiative der EUG- und EULYNX-Mitglieder mit dem Ziel, eine harmonisierte Architektur für das zukünftige Eisenbahn-CCS zu schaffen. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die Möglichkeiten der Steigerung der System-Leistungsfähigkeit und der Verbesserung des TCO (Total Cost of Ownership), verglichen mit heutigen Systemen, gelegt. Einige namhafte Infrastrukturbetreiber, darunter NR, DB und SBB, bekennen sich explizit zu der Initiative und engagieren sich auch entsprechend. Andere Betreiber (z.B. ProRail) sind sog. „Active Supporter“.

Die aktuelle Version „Baseline Set 0 Release 1“ beinhaltet neben Architektur auch bereits Security- und Migrations-Aspekte. Ein Zitat aus dem Whitepaper (<https://eulynx.eu/index.php/documents2/press-releases/194-18c044-1-white-paper-reference-ccs-architecture-final/file>, Stand 30. April 2021) bringt die Grundgedanken gut auf den Punkt: "The Reference CCS Architecture (RCA), developed using formalized methods, is the enabler for clear and unambiguous interface definitions. It is aimed to provide generic safety approvals (plug & play), a modular split of work, independent development of components (allowing for technical evolution), an important quality step in the specification of operators' needs towards the supply industry and the strengthening of this supply industry."

Hauptziele von RCA:

- „Low LCC“: RCA soll die Implementierung und den Betrieb von CCS-Systemen mit einer geringen Anzahl standardisierter Systemkomponenten ermöglichen. Diese Komponenten sollen in einem kompetitiven Marktumfeld beziehbar sein und unter definierten, automatisierten Integrationsbedingungen zur Anwendung kommen können.
- „A single modular framework“: RCA soll ein generisches Design eines CCS-Systems spezifizieren, das aufgrund seines modularen Aufbaus die Möglichkeit bietet, die für die Umsetzung von Migrations-Strategien und Anpassungen an Marktbedürfnisse optimalen Konfigurationen zu wählen.
- „Migratability“: Um existierende Investitionen zu schützen soll RCA die Möglichkeit bieten, diese Systeme kostengünstig einzubinden und anzusteuern.
- „Adaptability“: RCA soll einem generischen Design folgen, welches verschiedene Ebenen von Anforderungen (Safety, Kosten, Verfügbarkeit, Performance, ...) je nach Bedarf verknüpfen

kann. Dies soll einem „Plug-and-Play“ Konzept folgen und nach Möglichkeit die Einzelanpassung von Hard- oder Software-Komponenten vermeiden.

- „Safe Investment“: Durch eine hohe Qualität der spezifizierten Schnittstellen sollen einmal getätigte Investitionen bestmöglich geschützt und Inkompatibilitäten vermieden werden. Die Definition der Schnittstellen erfolgt auf formaler, maschinengestützter Basis um herstellerabhängige Unschärfen zu vermeiden.

-

Charakteristiken der Architektur:

- RCA stellt eine Grundstruktur von Komponenten und Schnittstellen dar. Diese werden von existierenden, stabilen Industriestandards (z.B. TSI) abgeleitet oder, wenn nötig, neu definiert bzw. ergänzt.
- Der Umfang von RCA ist die Kernfunktionalität des schienengebundenen, sicherheitsrelevanten Teils eines CC-Systems. Komponenten außerhalb des schienengebundenen Teils werden einbezogen, sofern nötig. RCA definiert aber keine Details für Fahrzeuge; dies wird von einer anderen Initiative (OCORA, siehe oben) übernommen.
- Als Startpunkte von RCA gelten die entsprechenden ERTMS Spezifikationen der TSI CCS und die EULYNX Spezifikationen des EULYNX Konsortiums.
- Im RCA Zielbild sind die drahtlosen Übertragungstechniken zur Führerstandssignalisierung enthalten.
- Neue Technologien und Innovationen werden, soweit möglich und sinnvoll, berücksichtigt.

-

Shift2Rail ERJU

Shift2Rail ERJU (Europe's Rail Joint Undertaking) ist im Prinzip eine Forschungsplattform. Dabei wird aber darauf Augenmerk gelegt, dass einige S2R-Projekte Spezifikationen für ERTMS Standards vorbereiten, z.B. für ATO. Zusätzlich beteiligt sich S2R an der Finanzierung einiger UNISIG-Aktivitäten. Innerhalb von S2R gibt es das Programm LinX4Rail mit dem Ziel, eine gemeinsame funktionale Architektur für den Eisenbahnsektor zu liefern. LinX4Rail wurde auf Druck einiger in RCA und OCORA involvierter Eisenbahnunternehmen ins Leben gerufen, um der Kritik, S2R widme sich zu wenig architekturellen Fragen, entgegenzuwirken.

LinX4Rail ist also mit RCA und OCORA abgestimmt und stimmt interne und externe Themen auch im Sinne des Change-Managements aufeinander ab. Dabei versucht das Programm, sich nicht nur um technische Aspekte zu kümmern, sondern auch die wirtschaftlichen und geschäftlichen Auswirkungen von Entscheidungen zu berücksichtigen. Dabei werden gemeinsam entwickelte „Business Objectives“ als Messlatte benutzt um zu prüfen, ob Eisenbahn-Unternehmen und Zulieferer in adäquatem, ausgeglichenem Maße von einzelnen Themen profitieren. Diese Arbeit innerhalb von LinX4Rail wurde Anfang 2020 begonnen, erste Resultate liegen bereits vor.

Die zukünftige Aufgabe von ERJU ruht auf zwei Säulen, der „Innovation Pillar“ und der „System Pillar“. Letztere hat das Ziel, eine internationale Konvergenz der operativen Prozesse, Architekturen und Schnittstellen zu initiieren, und zwar durch Ausarbeitung harmonisierter und geprüfter Vorschläge zu folgenden Inhalten:

- Betriebskonzepte
- Funktionale Systemarchitektur
- Migrationspläne

- Fertige Spezifikationen (Schnittstellen, Anforderungen, TSI-Standards)
- Pflege der Spezifikationen

Somit kann der "System Pillar" von ERJU zur „**railway system authority**“ werden und die Spezifikationen (TSI) für den gesamten Bahn-Sektor vorgeben.

Weiterführende Infos sind unter <https://shift2rail.org/> zu finden.

SmartRail 4.0

Das SmartRail 4.0 Programm wurde dezidiert im Kapitel 0 behandelt.

TSI CCS

Die ETCS, GSM-R und FRMCS-Standards sind Resultate der TSI CCS (Control, Command and Signaling). Am Ende des Prozesses setzt die European Commission diese Standards per „Regulation“ in Kraft.

TSI RS (LOC & PAS)

Die TSI RS (Rolling Stock) definiert die Interoperabilitäts-Vorgaben für Triebfahrzeuge und Passagierzüge (EMU + DMU). Dabei existiert eine eigene Spezifikation zur Beschreibung des Zusammenwirkens von Gleisfreimeldeanlagen und Fahrzeugen.

Für CCS-Aspekte innerhalb der TSI RS verweist die Spezifikation auf die oben beschriebene TSI CCS. ERA (European Rail Association) ist für die Pflege der TSI RS (und auch CCS) verantwortlich. Die UNIFE SRG (Standards and Regulation Group) und die CER sind Mitglieder im Pflege- und Erstellungsprozess.

2.2 Tunnel

Autoren: Florian DIERNHOFER, Karl BRUNNER

Der Themenkreis „Tunnel“ beschäftigt sich mit der Herausforderung, die Anlagen und Systeme, insbesondere in langen Eisenbahntunneln, möglichst effizient Instand zu halten. Vor dem Hintergrund immer länger werdender Tunnel (wie z.B. Neubauprojekte Brenner-Basistunnel, Semmering-Basistunnel und Koralmtunnel) muss dem Spannungsfeld zwischen betrieblicher Verfügbarkeit und Anlagen(-mehrung) in Tunneln mehr Aufmerksamkeit eingeräumt werden. Denn die gewonnenen Erfahrungen aus dem Betrieb langer Eisenbahntunnel bestätigen, dass trotz aller logistischen Anstrengungen die Instandhaltung der bahntechnischen Ausrüstung zu großen zeitlichen und finanziellen Aufwänden einhergehend mit beträchtlichen Einschränkungen der betrieblichen Streckenverfügbarkeit führt.

Gegenwärtig befindet man sich bei Projekten wie dem Koralmtunnel bzw. Semmering-Basistunnel am Beginn der bahntechnischen Ausrüstungsphase, wodurch es in besonderem Maße gilt, die Installationen vorausschauend zu planen. Hier sind jedenfalls aktuell erkennbare Entwicklungen, wie z.B. rascher voranschreitende Entwicklungszyklen und tendenziell kürzere Lebensdauern von Anlagen, zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang sind auch die gängigen Regelwerke für die Tunnelausrüstung bzw. -instandhaltung kritisch zu hinterfragen, da diese großteils zu einem Zeitpunkt erstellt wurden, als derart lange Tunnelbauwerke noch nicht spruchreif waren und deshalb keine entsprechende Berücksichtigung in den aktuell gültigen Regelwerken gegeben ist.

2.2.1 Aktuelle Großprojekte in Österreich

Der 33 km lange **Koralmtunnel** und der 27 km lange **Semmering-Basistunnel** sind wesentliche Bestandteile der Ausbaumaßnahmen im Baltisch-Adriatischen Eisenbahnkorridor in Österreich. Der Koralmtunnel wird mit Ende 2025 als längster Tunnel Österreichs in Betrieb gehen. Er bildet das Kernstück der Koralmbahn zwischen Graz und Klagenfurt. Beide Tunnelröhren sind mittlerweile hergestellt und stehen am Beginn der Ausrüstungsphase. Der Semmering-Basistunnel, welcher eine neue leistungsfähige Verbindung zwischen Gloggnitz und dem Raum Mürtzschlag herstellt, wird kurze Zeit darauf (2028) für den Verkehr freigegeben. Beide Tunnel bestehen aus zwei eingleisigen Fahrtunneln, die alle 500 m über Querschläge miteinander verbunden sind und etwa in Tunnelmitte eine Nothaltestelle aufweisen. Ein Lüftungssystem sorgt bei einem Brandfall in einer Tunnelröhre dafür, dass die sogenannten sicheren Bereiche (die Gegenröhre bzw. die Nothaltestelle) als Wartebereiche für Flüchtende für die Dauer der Evakuierung rauchfrei bzw. rauchkontrolliert bleiben.

Der **Brenner-Basistunnel** ist Teil der Transeuropäischen Verkehrsachse Helsinki – Valletta. Das komplexe System Brenner Basistunnel schließt im Norden an die Bahnhöfe Innsbruck Hauptbahnhof und Innsbruck Frachtenbahnhof an. Mittels zweier eingleisiger Fahrtunnel wird zudem eine Verbindung zum Inntaltunnel der zweigleisigen Zulaufstrecken im Unterinntal hergestellt. Der Haupttunnel besteht aus einem System mit zwei 55 km langen, eingleisigen Fahrtunneln in Parallellage, die alle 333 m durch Querschläge miteinander verbunden sind. Aufgrund der großen Länge verfügt der Haupttunnel über 3 Nothaltestellen, die jeweils über eigene Zufahrtstunnel mit Straßenfahrzeugen erreichbar sind. Rund 12 m unter den beiden Haupttunnelröhren verläuft mittig ein befahrbarer Service- und Entwässerungstunnel, welcher in der Bauphase als Erkundungsstollen dient. Der Haupttunnel endet im Süden im viergleisigen Bahnhof PM Fortezza, an den die Neubaustrecke Richtung Verona anschließt. Kurz davor führen zwei eingleisige Abzweigtunnel aus den beiden Haupttunnelröhren zum Bahnhof Franzensfeste und zur Brenner-Bestandsstrecke. Misst man

vom Portal Tulfes des Inntaltunnels bis zum Portal Süd (Bahnhof PM Fortezza), beträgt die Tunnellänge 64 km, womit der Brenner Basistunnel der längste Tunnel der Welt sein wird.

Aufgrund ihrer besonderen Bauwerkslänge nehmen derartige Tunnelsysteme hinsichtlich Ausrüstung, Betrieb und Instandhaltung eine Sonderstellung ein. Überlegungen hinsichtlich der Tunnelausrüstung, der Lage der Instandhaltungsstützpunkte sowie der Konzeption des Fahrzeug-, Geräte- und Personaleinsatzes sind für die Instandhaltung sehr bedeutend, da bei zweiröhriigen Tunnelsystemen der instandzuhaltende Fahrtunnel für den Eisenbahnbetrieb komplett zu sperren ist.

2.2.2 Bisherige Erfahrungen bei langen Eisenbahntunneln

Beim zweiröhriigen, 57 km langen **Gotthard-Basistunnel** können die Instandhaltungstätigkeiten ebenso nur im Rahmen planmäßiger Sperren von einem der beiden parallelen Fahrtunnel (-abschnitte) abgewickelt werden. Durch die besondere Bauwerksdimension und die langen Wege kommt es wöchentlich zu mindestens drei fixen Sperren zu jeweils 8 Stunden. Allein die Logistik der Instandhaltungsfahrzeuge bringt einen hohen Personalaufwand (ca. 20 gut geschulte Personen) mit sich. Der laufende Erfahrungsgewinn nach der Inbetriebnahme hat bei den Instandhaltungszentren noch zu wesentlichen Adaptierungen im Nachlauf geführt, indem der für Erhaltung und Instandsetzung vorzuhaltende Lagerbestand zunehmend in Richtung Kleinheiten und -teile detailliert und adaptiert wurde. Ebenso ist die Anlagenbedienung des Programmes für die Zuglenkung im Notfallbetrieb (die sog. „Tunnelautomatik“) sehr komplex und verlangt intensiven Schulungsaufwand des Betriebspersonals.

Beim **Lötschberg-Basistunnel** zeigen die bereits über zehn Jahre vorhandenen Betriebserfahrung, von welcher hoher Bedeutung die Sicherstellung eines günstigen Betriebsumfeldes ist. Das dort eher trockene Tunnelklima verstärkt die generell in Bahntunneln bestehende Staubproblematik, woraus sich nachteilige Auswirkungen auf Technik (Elektroanlagen) und Mensch (Instandhaltungspersonal) ergeben. Beispielsweise kann es aufgrund der vorgegebenen Grenzwerte für Staubbelastung arbeitsrechtlich erforderlich werden, dass Instandhaltungsarbeiten erst nach Einsatz von entsprechend atemgeschützten Reinigungsteams durchgeführt werden können. Die hohe Staubbelastung (infolge des Metallabriebs bei Bremsstrecken bzw. bei der Oberleitung) ist aufgrund des erhöhten Reinigungsbedarfs einer der wesentlichsten Treiber für den Instandhaltungsaufwand. Ein weiteres Problem für die Instandhaltung stellt die hohe Diversität der unterschiedlichen Anlagen dar. Daher wurde seit der Inbetriebnahme unter hohem Mitteleinsatz versucht, durch Erneuerung und Vereinheitlichung von Anlagen bzw. Reduktion nicht zwingend erforderlicher Anlagen, den Erhaltungsaufwand zu senken und die Streckenverfügbarkeit zu erhöhen.

Auch auf der **Neubaustrecke Wien - St. Pölten** hat die Staubproblematik bereits nach sechs Jahren Betriebsführung zu wesentlichen Adaptierungsschritten geführt. Bei der damaligen Streckenausrüstung wurde aufgrund der großen sicherungstechnischen Stellwerksentfernungen eigens ein dezentraler Stellwerksrechner im Tunnelbereich des Wienerwaldtunnels errichtet. Bereits nach wenigen Jahren des Betriebes wurden hochgradige Verschmutzungen der dortigen Technikräume festgestellt. Eine derart rasche und intensive Verschmutzung fand man bis dato noch nie in Rechnerräumen, welche sich außerhalb von Tunneln befinden, unabhängig vom Anlagenalter. Diese Verschmutzungen entstehen im Wesentlichen durch den mechanischen Abrieb der Oberleitung insbesondere bei Betriebsgeschwindigkeiten über 160 km/h sowie durch Gleisabrieb beim Bremsen. Im konkreten Fall entstehen bei Befahrung mit Geschwindigkeiten von $V_{max} = 230$ km/h starke Über-

bzw. Unterdrücke (Sogwirkungen), wodurch die entstehenden Staubpartikel direkt in die betroffenen Räumlichkeiten hineingedrückt bzw. -gesaugt und abgelagert werden. Diese unterirdischen Räumlichkeiten wurden mit keinen adäquaten Filter- bzw. Überdrucksystemen ausgerüstet. Beim Gotthard Basistunnel hat man beispielsweise jene Schränke, in welchen sensiblere Anlagen wie z.B. telematische und energietechnische Versorgungskomponenten untergebracht sind, jeweils mit Gegendruck beaufschlagt. Auch durch eine massive Erhöhung der Reinigungseinsätze konnte man aufgrund der permanenten Verstaubung nicht Herr der Lage werden. Um frühzeitige Korrosionen der Anlage mit der einhergehenden Reduzierung der Anlagenverfügbarkeit der Komponenten vorzubeugen, hat man sich kurzerhand entschieden, diese Stellwerksrechner mitsamt allen Komponenten komplett neu außerhalb des Tunnels zu errichten.

2.2.3 Was erzeugt die größten Instandhaltungsaufwände?

Lange, zweiröhrige Tunnelsysteme sind mindestens alle 500 m durch Querschläge miteinander verbunden, welche zum einen als Fluchtweg in die Gegenröhre dienen und zum anderen Platz für die Unterbringung der Versorgungsanlagen der Tunnelausrüstung der verschiedenen Fachlinien (z.B. Energietechnik, Telematik, usw.) bieten. Für den Instandhaltungsaufwand langer zweiröhriger Tunnelsysteme ist es daher interessant zu wissen, welche zeitlichen Aufwände sich streckenabhängig im Fahrtunnel bzw. punktuell in den Querschlägen ergeben. *Abbildung 1* zeigt hierzu die prozentuale Aufteilung am Beispiel Koralmtunnel. Es ist ersichtlich, dass sich die Aufwände für Tätigkeiten in den Fahrtunneln und Querschlägen etwa zu gleichen Teilen ergeben. Nur ein geringer Anteil (5%) an Instandhaltungsarbeiten kann in den Portalbereichen und den frei zugänglichen Lüftungsgebäuden ohne betriebliche Auswirkungen abgewickelt werden.



Abbildung 1: Anteile Instandhaltungsaufwand unterschieden nach Ort am Bsp. Koralmtunnel
(Quelle: Geomechanik und Tunnelbau, Heft 6, Dez. 2019)

Betrachtet man den Instandhaltungsaufwand für die jeweiligen Fachlinien für den gesamten Koralmtunnel (siehe *Abbildung 2*) ist ersichtlich, dass sich mit Ausnahme der Leit- und Sicherungstechnik (nur 1%) alle anderen Fachlinientätigkeiten etwa gleich verteilen. Die Reduzierung des Instandhaltungsaufwandes in der Leit- und Sicherungstechnik resultiert unter anderem aus dem Einsatz des interoperablen Zugsicherungssystems ETCS L2 ohne ortsfeste Lichtsignale.

Bzgl. der Leit- und Sicherungstechnik kann grundsätzlich festgehalten werden, dass im Tunnel lediglich Anlagen und Komponenten der Sicherungstechnik und Zugsicherungssysteme zum Einsatz gelangen. Anlagen und Systeme, welche der Leittechnik zugeschrieben werden (z.B. Zuglaufcheckpoints), befinden sich normalerweise außerhalb der Tunnel.

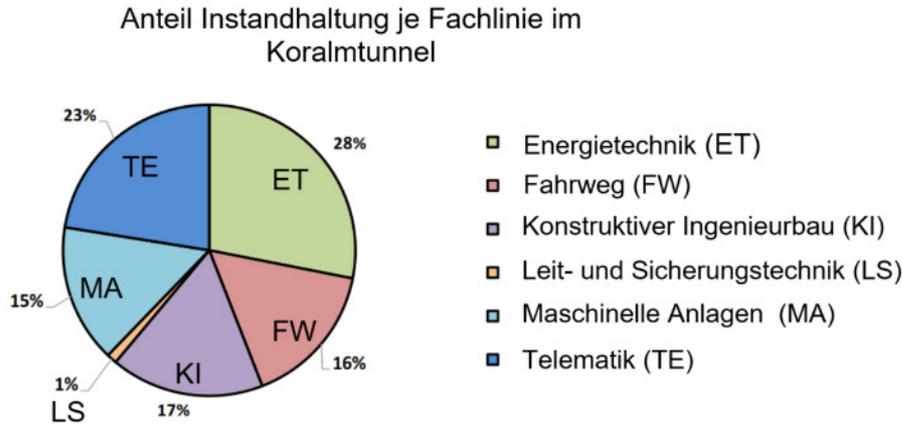


Abbildung 2: Anteile Instandhaltungsaufwand unterschieden nach Fachlinien am Bsp. Koralmtunnel (Quelle: Geomechanik und Tunnelbau, Heft 6, Dez. 2019)

In *Abbildung 3* sind die prozentualen Aufteilungen der jeweiligen Fachlinien-Tätigkeiten im Fahrtunnel (links) jenen in Querschlägen (rechts) gegenübergestellt. Im Fahrtunnel dominieren die Fachlinien Fahrweg, Konstruktiver Ingenieurbau und Energietechnik, wobei beim Fahrweg vor allem die Begehungen bzw. Befahrungen der Streckengleise sowie die Tunnelreinigung zu hohen Aufwänden führen, während beim konstruktiven Ingenieurbau das Drainagespülen durchschlägt. Im Bereich Energietechnik ist vor allem die Inspektion und Wartung der Orientierungsbeleuchtung (im Handlauf integriert) ausschlaggebend, wobei es auch hier schon moderne Lösungen in Form von präventiver Instandhaltung gibt, indem die Lichtstärke ständig gemessen wird und die Notwendigkeit bzw. der Zeitpunkt für Wartungsarbeiten wesentlich besser festgelegt werden kann.

Die Instandhaltung der Querschläge (siehe *Abbildung 3* rechts) unterscheidet sich wesentlich von der in den Fahrtunneln. Die Tätigkeiten verteilen sich relativ gleichmäßig auf nur drei relevante Fachlinien (nämlich Telematik, Energietechnik und Maschinelle Anlagen). Bei der Fachlinie Energietechnik erzeugen die Fernwirk-, Niederspannungs- und USV-Anlagen den größten Erhaltungsaufwand, während bei Telematik die Basisstation bzw. Repeater und bei Maschinellen Anlagen die Türen, Klappen (Druck- und Brandschutz), Klima-, Lüftungs- und Pumpenanlagen maßgebend sind.

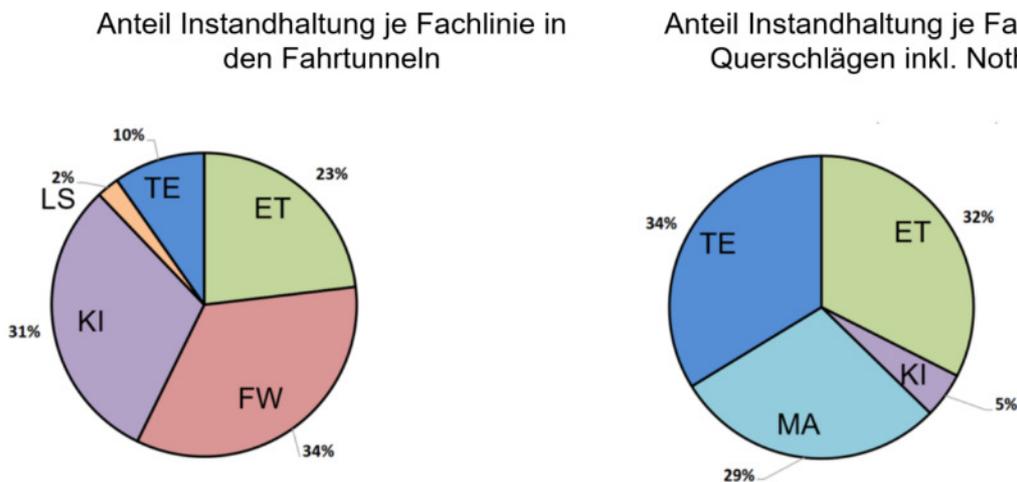


Abbildung 3: Anteile Instandhaltungsaufwand unterschieden nach Fachlinien für Fahrtunnel und Querschläge am Bsp. Koralmtunnel (Quelle: Geomechanik und Tunnelbau, Heft 6, Dez. 2019)

2.2.4 Ist die Tunnelsicherheit der Treiber für die Anlagenmehrung?

Allein die Tunnelsicherheit für die Anlagenmehrung im Eisenbahntunnel verantwortlich zu machen, wäre etwas zu kurz gegriffen, zumal viele bauliche und technische Maßnahmen oftmals ebenso zur Erhöhung der Arbeitssicherheit des Bahnpersonals beitragen (z.B. ebener Randweg, Handlauf und Beleuchtung, Kommunikationsmittel, ...). Die Maßnahmen für die Tunnelsicherheit schlagen sich aber wesentlich in der Herstellung der unterirdischen sicheren Bereiche nieder. Bei sehr langen, zweiröhrigen Tunneln sind dies die Querschläge, die Gegenröhre und die Nothaltestelle, welche auch im Falle eines Fahrzeugbrandes im Tunnel rauchkontrolliert bleiben müssen und deshalb mit entsprechenden Lüftungsanlagen (z.B. zur Schaffung von Überdruck oder Rauchabsaugung) zu versehen sind. Auch die Zurverfügungstellung der Löschwasserversorgung im Tunnel fällt, vor allem mit zunehmender Tunnellänge, ins Gewicht. Ein weiterer Treiber ist, dass tunnelsicherheitsrelevante Anlagen, wie Pumpen, Orientierungsbeleuchtung und Kommunikationsmittel redundant elektrisch zu versorgen sind. Die Tunnelsicherheit führt daher insbesondere bei der bahntechnischen Ausrüstung der Fachlinien Maschinelle Anlagen, Elektrotechnik und Telematik zu einer relevanten Mehrung der Anlagen und Systeme. Tunnelsicherheitsmaßnahmen ohne zusätzlichen Mehrwert sollten daher vor allem hinsichtlich ihrer risikomindernden Wirkung kritisch hinterfragt und beurteilt werden. Grundsätzlich wird dabei nach dem Stufenmodell der TSI-SRT (Safety in Railway Tunnels, siehe Abbildung 4) vorgegangen, wobei Investitionen nach Möglichkeit vorwiegend zugunsten vorbeugender Spezifikationen die auch messtechnisch validiert werden, zu tätigen sind, wengleich auf Investitionen in die Spezifikationen der weiteren Ebenen (Schadensminimierung, Selbstrettung, Fremdrettung) nicht verzichtet werden kann.

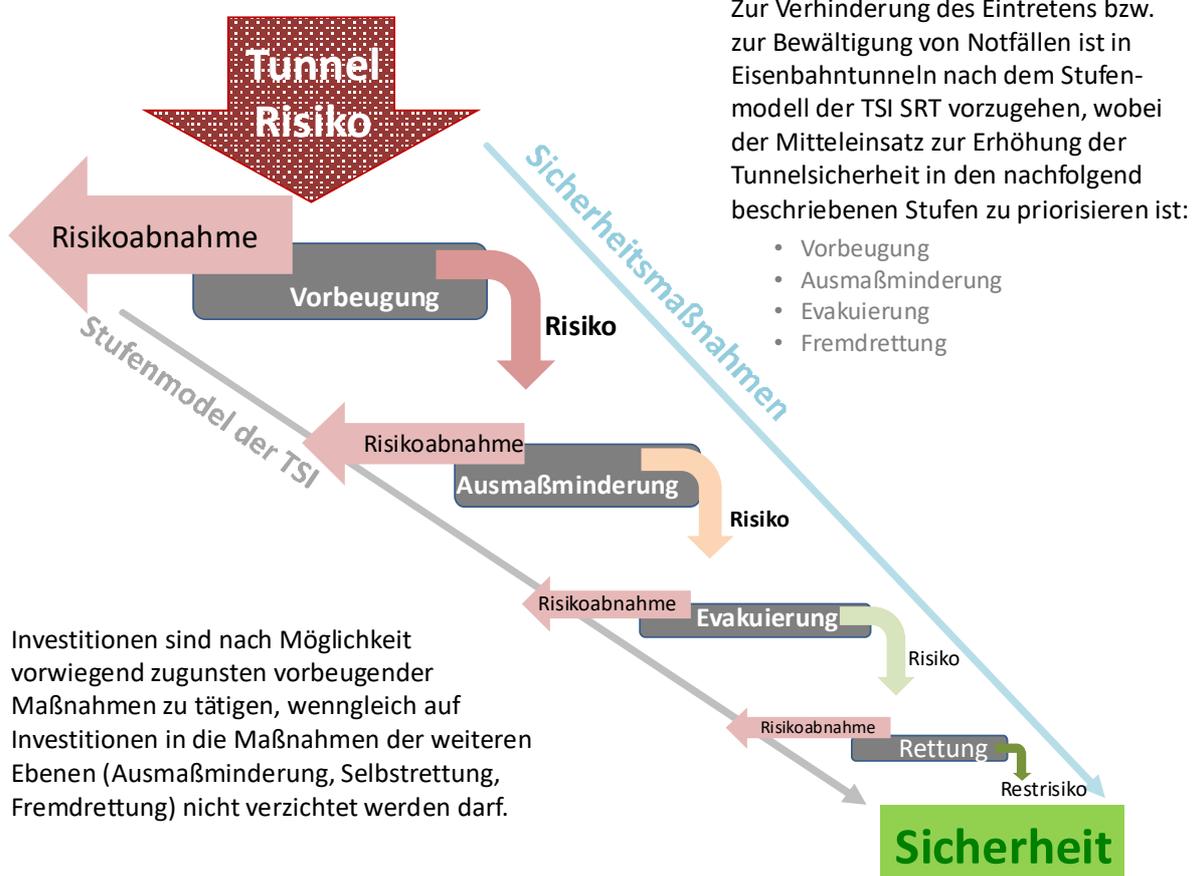


Abbildung 4: Stufenmodell der TSI-SRT zur Erhöhung der Tunnelsicherheit (Quelle: TSI-SRT adaptiert ILF)

2.2.5 Was kann optimiert werden?

Die eingangs erwähnten Großprojekte zeichnen sich durch sehr lange Planungs- und Realisierungsphasen aus. In unserer schnelllebigen Welt ist es daher umso wichtiger, sich im Zuge der Ausführung stets ein offenes Auge für mögliche Projektoptimierungen und Innovationen zu bewahren. Relativ neue Systeme, wie die Deckenstromschiene, sind mittlerweile anerkannt und gerade bei langen Tunneln aufgrund mehrerer Vorteile (geringere Instandhaltung und Störungsanfälligkeit gegenüber einem Kettenwerk) nicht mehr wegzudenken.

Beim Koralmtunnel und Semmering-Basistunnel verzichtet man auf eine (aufgrund der Länge) technisch aufwändig herzustellende und erhaltungsintensive durchgehende Löschwasserleitung. Damit jederzeit eine Löschwasserversorgung im Tunnel gegeben ist, wird auf jeder Seite des Tunnels ein Rettungszug als mobile Löschwasserversorgung stationiert. In Mehrfachfunktion dienen die Rettungszüge ebenso der Instandhaltung wie auch der technischen Hilfeleistung (z.B. Abschleppen liegengebliebener Züge).

Ein wesentlicher Optimierungsfaktor ist der komplette Entfall bzw. die Redimensionierung von Anlagen, deren eigentliche (Sicherheits-)Funktion sich über die Zeit relativiert hat und für Neubauprojekte nachweislich nicht mehr in einem ausgewogenen Verhältnis zur Wirtschaftlichkeit steht. Hier sind die ortsfesten Notruffernsprecher im Fahrtunnel zu nennen, die durch den Einsatz von GSM-Technologien keinen großen Mehrwert mehr aufweisen. Ein weiteres Beispiel liefern die Stromverteiler im Fahrtunnel, die dank der Weiterentwicklung der Akkutechnologie großteils durch autarke Elektroanlagen und -geräte ersetzt werden könnten. Zudem steht durch das Konzept mit Rettungszügen zusätzlich eine mobile Stromversorgung im Tunnel zur Verfügung. Die diesbezüglichen Richtlinien wären also sinnvollerweise dahingehend fortzuschreiben.

In zweierlei Hinsicht positiv wirkt sich – sofern nicht aus betrieblichen Gründen Weichen dringend erforderlich sind – der Entfall von Weichen in Tunneln aus. Zum einen, da Weichen instandhaltungsintensive und störungsanfällige Bahnsysteme darstellen und dabei im Wesentlichen gleich zwei unterschiedliche Fachlinien (Fahrweg, Leit- und Sicherungstechnik) beschäftigen. Zum anderen, weil Weichen im Streckennetz immer gewisse Unstetigkeitsstellen verkörpern, an denen die Entgleisungswahrscheinlichkeit signifikant höher ist als außerhalb der Weichenbereiche. Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass bei Neubauprojekten von Weichen in Tunneln möglichst Abstand genommen wurde (KAT, SBT) und bei Bestandstunneln Weichen teils sogar wieder ausgebaut wurden (z.B. Sittenbergtunnel).

Kann auf Weichen und Kreuzungen aus betrieblichen Gründen oder aufgrund der Streckenführung nicht verzichtet werden, so empfiehlt es sich, bekannte und erprobte Standardausführungen zu verwenden und auf Sonderkonstruktionen möglichst zu verzichten. Die Komplexität der Weichen soll verringert werden, nicht sicherheitsrelevante Monitoring- und Diagnosetechnologie sollte eingesetzt werden.

Die Leit- und Sicherungstechnik hat im Vergleich zu den anderen Fachlinien den kleinsten Instandhaltungsaufwand im Tunnel. Jedoch ist die Leit- und Sicherungstechnik im Gegensatz zu anderen Anlagen und Systemen, welche ausschließlich für Funktionen in Notfällen notwendig sind, für die permanente Sicherstellung der Fahrwegsicherung und Zugssteuerung (Regelbetrieb) verantwortlich. Dies bedeutet, dass es schon bei Ausfall und Störung von einzelnen Teilsystemen (z.B.

Störungen der Gleisfreimeldeanlage) zu unverhältnismäßig großen betrieblichen Einschränkungen kommen kann (kleine Ursache -> große Wirkung!).

Aus diesem Grund sollte im Spannungsfeld der Instandhaltung der Fokus weiterhin in der kontinuierlichen Vermeidung von Fehler- und Störquellen in allen systemübergreifenden Anlagen und Systemen innerhalb der Leit- und Sicherungstechnik gelegt werden.

Aufgrund der Erfahrungen mit den Tunnelbereichen auf der Neubaustrecke Wien - St. Pölten ist daher gerade in Bezug auf die Leit- und Sicherungstechnik der Grundsatz zu verfolgen, jegliche sicherungstechnische Einbauten im Tunnel weitestgehend zu vermeiden (Stellwerksinnenanlagen, dezentrale Achszählwertesysteme, usw.). Darunter wird verstanden, dass Achszähler und eventuell erforderliche Signale in Lichtausführung direkt von den Stellwerken verkabelt werden sollen. Um die geplanten Streckenkapazitäten insbesondere bei Neubaustrecken/Tunnel zu erfüllen, ist eine entsprechende Anzahl von Selbstblockstellen bzw. Zugfolgestellen zwingend erforderlich. Die bisherigen Planungen der Neubautunnel Semmering-Basistunnel bzw. Koralmtunnel haben aber verdeutlicht, dass gerade wegen der überdurchschnittlich langen Tunnel ein Einsatz der aktuell zugelassenen und eingesetzten Achszähler bei Kabeldistanzen > 12 km bis auf Weiteres nicht ohne zusätzliche Feldversuche bzw. Zulassungen möglich ist (Änderung der Kapazitäten und „Aderwiderstände“). Hier sollte das Augenmerk daher auf eine technische Weiterentwicklung von größeren Kabellängen für Achszähler gelegt werden, um eine Direktverkabelung zwischen Stellwerk und Außenanlage (Achszählern) im Tunnel zu ermöglichen, wodurch ausgelagerte Achszählwerteeinrichtungen und zugehörige USV-gestützter Stromversorgungen nicht mehr notwendig wären.

Sind unterirdische Technikräume bei langen Fahrtunneln nicht vermeidbar, ist gerade bei hohen Betriebsgeschwindigkeiten auf das erwähnte, teils erhebliche Verschmutzungspotenzial zu achten. Derartige Technikräume sollten mit geeigneten technischen Maßnahmen (z.B. Filteranlagen, Überdrucksysteme, ...) ausgestattet werden, sodass ein Eindringen von Schmutz verhindert bzw. eingeschränkt wird.

Die erwähnte Problematik der sicherungstechnischen Außenanlagen in Tunneln könnte durch die Forcierung der Entwicklung und des Einsatzes des interoperablen Zugsicherungssystems ETCS Level 3 weitestgehend ausgeräumt werden. Gerade im Hinblick auf Tunnelanlagen würde der Einsatz von ETCS Level 3 die Aufwände für Inspektion, Wartung und Störungsbehebung aufgrund des gänzlichen Wegfalls von Achszählern und deren kupferbasierter Verkabelung auf das absolut mögliche Minimum reduzieren und gleichzeitig die betriebliche Streckenverfügbarkeit erhöhen.

In Bereiche von geologisch anspruchsvollen lokalen Stellen die einer besonderen Überwachung und Augenmerk bedürfen, ist es Stand der Technik, dass bereits in der Bauphase Mess- und Monitoring-Systeme eingebracht werden. Diese unterstützen die vorausschauende Wartung (Planungszeiträume über Jahre) und haben zusätzlich den Vorteil, dass nicht erwartete Veränderungen im Bauwerk gemeldet werden und somit die Sicherheit erhöhen.

2.3 Netzwerke

Autoren: Peter KNEZU, Wolfgang WERNHART

In der Eisenbahn-Welt ist das Thema Netzwerke ein besonders wichtiges. Die bestehenden Anforderungen bzgl. Sicherheit (Safety & Security) und Verfügbarkeit suchen in ihrer notwendigen Kombination ihresgleichen in anderen Sektoren. Umso wichtiger ist es, diesem Thema gebührende Aufmerksamkeit zu widmen und die Thematik holistisch zu betrachten. Der hier gespannte Bogen zieht sich über die verschiedenen Arten von Netzen inklusive Betrachtung aktueller Entwicklungen über Sicherheitsaspekte (Safety und Security) bis zu qualitativen Ansprüchen der für den Eisenbahn-Sektor verwendeten Netzwerke.

2.3.1 Drahtgebundene Netze

Drahtgebundene Netze stellen die „klassische“ Methode dar, mit Feld-Elementen in der Eisenbahn-Sicherungstechnik zu kommunizieren. Für eine Kommunikation zum fahrenden Zug kommt diese Methode selbstverständlich nicht in Frage. Dennoch stellt die Kommunikation über drahtgebundene Netze die derzeit am weitesten verbreitete Technologie dar, da die ETCS L2 Technologie mit GSMR Technologie noch nicht besonders weit verbreitet ist. Hier ist der Trend in Richtung „drahtlos, wo immer möglich“ aber eindeutig vorgezeichnet.

Ein drahtgebundenes Netz kann über Kupferleitungen oder, seit ca. 10 Jahren, auch über Glasfaserleitungen realisiert werden. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal bzgl. drahtgebundener Netze ist, ob diese zur Datenübertragung oder zur Energieübertragung genutzt werden. Für die Energieübertragung wird eine Kabel-Anbindung wohl noch für die nächsten Jahre Standard bleiben, auch wenn schon in einigen Teilbereichen über die Nutzung von „Energy Harvesting“ Technologien (Sonne, Vibration, ev. Wind) nachgedacht wird. In diesem Bericht liegt der Fokus jedoch auf der Datenübertragung.

Für die drahtgebundene Datenübertragung kommen im Wesentlichen zwei Technologien in Frage: Kupferleitungen und auf Glasfasern basierende Kabel. Beide Technologien sind wohl erprobt, Kupfer seit mehr als hundertfünfzig Jahren, Glasfaser seit mehr als zehn Jahren.

Ein Kupferkabel, welches zur Datenübertragung verwendet wird, muss unbedingt „verdrillt“ sein. Dabei ist es egal, ob, wie in der Telekom üblich, einfach zwei Adern verdrillt sind oder ob mehrere Adern „verseilt“, also miteinander gedreht sind. Beide Technologien sind tauglich und werden aktuell in der Eisenbahn-Sicherungstechnik verwendet. Dabei können bei Datenübertragungsraten von einigen Megabit pro Sekunde Reichweiten von einigen Kilometern erzielt werden. Die „magische ca. 6 km Entfernungsgrenze“ für heutige, kabelgebundene Systeme begründet sich hauptsächlich durch die in der Eisenbahn-Umgebung anzunehmenden, maximalen Beeinflussung der Kupferleitungen. Für reine Datenübertragung könnte man auch größere Entfernungen überbrücken, wobei die erzielbare Bandbreite dann aber stark abnimmt.

Es gibt auch Möglichkeiten, über herkömmliche („unverdrillte“) Signalkabel Daten zu übertragen. Allerdings ist dabei die Reichweite üblicherweise auf wenige 100 Meter begrenzt und muss von Fall zu Fall „eingemessen“ werden. Damit ist diese Technologie für Fälle, in denen eine Weiterverwendung der aktuell verlegten Leitungen unumgänglich ist, hilfreich. Sie ist aber sicher keine „Standardlösung“.

Glasfaserkabel haben generell den Vorteil, gegenüber elektromagnetischen Störungen vollständig unempfindlich und damit u. a. für längere Distanzen geeignet zu sein. Damit kann man, für die Datenübertragung Entfernungen von zig Kilometern überbrücken ohne die oben beschriebenen Beeinflussungs-Einschränkungen berücksichtigen zu müssen. Dabei können Datenübertragungsraten von hundert Megabit und mehr erreicht werden. Eine Einschränkung in der Benutzung von Glasfaserleitungen stellt die Tatsache dar, dass Glasfaser-Kabel nur mit deutlich mehr Aufwand gegenüber Kupferkabeln repariert bzw. „ge-spliced“ (Verbindungen eingebaut) werden können. Dafür bieten sie im preislichen Vergleich zu Kupferkabeln normalerweise leichte Vorteile, abhängig vom gewählten Typ.

Wie bei der Kupfer-Übertragung gibt es auch bei den Glasfaserleitungen verschiedenste Typen, alle mit individuellen Vor- und Nachteilen. Es würde aber den Rahmen dieses Berichtes sprengen, auf diese Unterscheidungen näher einzugehen.

Beiden Technologien ist oft der Nachteil gemeinsam, dass sie im Untergrund verlegter Führung oder durch entsprechende bauliche Einrichtungen (Kabeltröge) vor Fremdeinfluss geschützter Leitungen bedürfen. Glasfaserleitungen benötigen noch zusätzlicher Schutzschläuche, um ein auch nachträglich mögliches „Einblasen“ zu gewährleisten. All dies ist teuer und auch wartungsintensiv, da die Installation über die gesamte Strecke intakt sein muss. Eine Verlegung in Masttrassen, auf Stützen oder innerhalb oberirdisch geführter Kabelkanäle kann zwar die Kosten reduzieren, hat aber sonst die gleichen Nachteile. Auch eine Fehlersuche kann sich als mühsam erweisen. Mittels technologischer Möglichkeiten wie z.B. Impulsreflexionsverfahren kann aber der genaue Punkt der Störung ermittelt werden, ohne die gesamte Strecke aufgraben bzw. per Augenschein kontrollieren zu müssen.

2.3.2 Funknetze

2.3.2.1 GSM-R

Der Mobilfunkstandard GSM-R wird seit 1992 von der UIC betreut und weiterentwickelt. GSM-R ist ein eisenbahnspezifisches GSM-System. Es dient heute als Übertragungsmedium für ETCS- L2 Daten und die eisenbahnspezifische Sprachkommunikation.

Die UIC hat hierfür schon frühzeitig Funkfrequenzen reserviert. Es war das Ziel, in allen Ländern gegebenenfalls anderweitige Nutzungen des reservierten Bereiches zu beenden sowie optionale Bereiche nutzbar zu machen. Die tatsächliche Zuteilung der Frequenzbereiche erfolgt jedoch immer durch die nationalen Regulierungsbehörden.

Derzeit wird das folgende, 4 MHz breite UIC-Frequenzband für GSM-R genutzt:

- Uplink: 876–880 MHz
- Downlink: 921–925 MHz

Zusätzlich darf in einigen Ländern ein 3 MHz breites Frequenzband ('erweitertes' GSM-R, E-GSM-R oder ER-GSM) genutzt werden:

- Uplink: 873–876MHz
- Downlink: 918–921MHz

Roaming ist zwischen den GSM-R Netzen vieler europäischer Länder in Betrieb, ebenso gibt es Roaming zwischen GSM-R Netzen und GSM Netzen öffentlicher Netzbetreiber, sowohl national als auch grenzüberschreitend. Mit Stand August 2018 war Roaming in 18 europäischen Ländern eingeführt.

Die eisenbahnspezifischen Sprachdienste sind u.a.:

- vorrangige Verbindungen (Advanced Speech Call Items – ASCI)
- Gruppenrufe
- Sammelrufe
- funktionale Adressierung
- ortsabhängige Adressierung
- Bahnnotrufe

ETCS Daten werden verbindungsorientiert übertragen. Für ETCS-L2 Daten reichen dafür allerdings die vorhandenen Funkfrequenzen im Bereich von großen Eisenbahnknoten bzw. Rangierbahnhöfen nicht aus.

Deshalb wird seit 2001 „GPRS“ (General Paket Radio Service) in GSM unterstützt. Bei paketorientierter Datenübertragung ist jedoch eine garantierte maximale Übertragungszeit schwierig zu erfüllen. Die SBB z.B. halten einen Rollout von GPRS im GSM-R System wegen der hohen Aufwendungen einerseits und der nahen Obsoleszenz von GSM andererseits nicht mehr für sinnvoll.

Die begrenzte Bandbreite bzw. Verbindungsanzahl und damit die Einschränkung der Datenübertragungsmöglichkeiten sind die größten Nachteile von GSM-R. Gleichzeitig ist die technologische Umsetzung mittlerweile veraltet und auch verhältnismäßig teuer, da GSM-R Netze nicht (oder zumindest nicht vollständig) mit Standard-GSM Bauteilen gebaut werden können und Speziallösungen für einen nicht allzu großen Markt immer sehr teuer sind.

Eine weitere Beschränkung von GSM-R sind die Störungen durch benachbarte UMTS/LTE-900-Mobilfunksignale. Die UMTS- oder LTE-Mobilfunksignale in benachbarten Frequenzbereichen können in bisherigen GSM-Empfängern zu einer Intermodulation 3. Ordnung führen. Dabei entsteht ein Mischprodukt, das in den Empfangsbereich des GSM-Zugfunkgerätes fällt. Derartige Fälle müssen dann durch Absprachen mit den Betreibern der öffentlichen Mobilfunknetze über z.B. Frequenzwechsel bzw. Verwenden eines auf den GSM-R-Frequenzbereich abgestimmten Filters vor das Zugfunkgerät gelöst werden.

Die wesentlichste Beschränkung ist jedoch das abzusehende Ende der Basistechnologie GSM. Dieses wird in den 2030ern erwartet, steht also gemessen an im Bahnbereich üblichen Lebenszyklen „unmittelbar“ bevor.

2.3.2.2 5G

5G ist ein Mobilfunkstandard, der auf dem bestehenden Standard „Long Term Evolution“ (LTE) aufbaut. Gegenüber LTE werden zusätzlich auch höhere Frequenzbereiche genutzt. Modulationsverfahren ähnlich wie bei LTE+ bringen hohe spektrale Effizienz (30 bit/sec/1Hz). Sogenanntes massives „MIMO“ (multiple in – multiple out) verbessert Qualität und Datenrate der drahtlosen Verbindung deutlich. Im Millimeterwellenbereich werden damit einzelne mobile Terminals zielgerichtet mit hohen Datenraten versorgt.

5G ermöglicht auch „Carrier Aggregation“ (CA). Dabei werden maximal 16 Carrier kombiniert um den Datendurchsatz zu erhöhen.

5G nützt im Frequenz-Spektrum zwei Bereiche:

- im „Frequency Range1“ (FR1) werden Frequenzen zwischen 600 MHz und 6 GHz genutzt. Dabei wird sowohl FDD (Frequency Division Duplex) als auch TDD (Time Division Duplex) als Übertragungstechnologien verwendet.
- FR2 beginnt oberhalb 24 GHz; 2019 waren Frequenzen bis 40 GHz für 5G freigegeben.

Mit dieser Technologie soll ein breites Spektrum von Anwendungen abgedeckt werden:

- eMBB (Extreme Mobile Broadband): Dabei handelt es sich um eine erweiterte mobile Breitbandverbindung, um Mobilgeräte mit möglichst hohen Datenraten zu versorgen.
- mMTC (Massive Machine Type Communication): Dieser Bereich betrifft hauptsächlich das „Internet der Dinge“ (IoT) und soll möglichst viele Verbindungen mit eher geringen Datenraten und niedrigem Energieverbrauch unterstützen.
- uRLLC (Ultra-reliable and Low Latency Communication): Dieser Bereich wird auch CMC (Critical Machine Communication) genannt und soll zuverlässige Verbindungen mit geringer Latenz ermöglichen, die beispielsweise für autonomes Fahren oder Industrie-Automation benötigt werden.



Abbildung 5: Themenabdeckung der 5G Technologie Quelle: Nokia

In der ersten Phase der 5G-Realisierung im Jahr 2019 wurde fast ausschließlich der Bereich eMBB ausgebaut. Mittlerweile folgen sukzessive auch die anderen Bereiche. Diese drei Anwendungsgebiete haben unterschiedliche Anforderungen bezüglich z.B. QoS (Quality of Service), Latenzzeit, Bandbreite, Anzahl der gleichzeitig zu versorgenden Terminals etc. Zur Bewältigung dieser sich teilweise widersprechenden Anforderungen dient in 5G das „Network Slicing“. Dabei existieren voneinander unabhängige logische Netzwerke auf einer physikalischen Netzinfrastruktur. Jedes derartige logische Netzwerk ist ein „MVNO“ (Mobile Virtual Network Operator). Das Verfahren wird etwa ab 2022 auf 5G verfügbar sein.

„Network Slicing“ wäre ein geeignetes Verfahren um die Anforderungen von FRMCS (siehe nächstes Kapitel) bezüglich hoher Zuverlässigkeit, niedriger Latenzzeiten und generell QoS auf der physikalischen Netzinfrastruktur eines großen öffentlichen Mobilnetzbetreibers umzusetzen. Interessant ist, dass

diese Prinzipien bereits in LTE Netzwerken angewandt werden, z.B. von den ÖBB auf einer Versuchsstrecke für die Fahrzeug – Fahrweg Kommunikation.

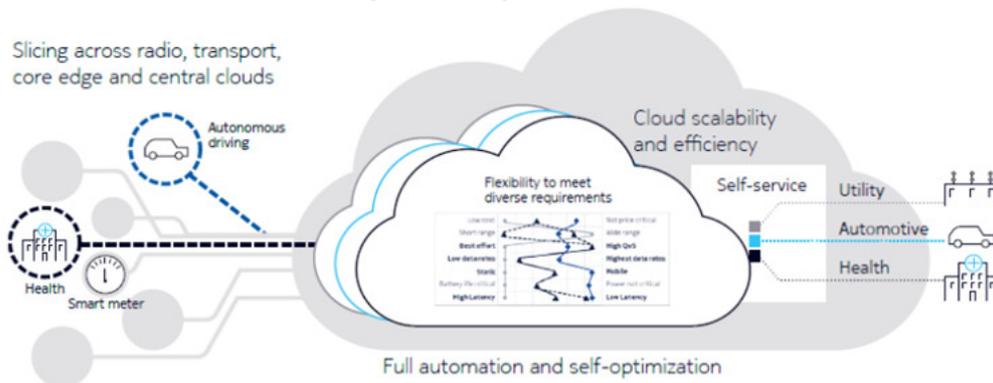


Abbildung 6: Network-Slicing der 5G Technologie Quelle: Nokia

Mittels 5G ist es also sowohl möglich, ein anwendungsspezifisches, kleinmaschiges Netzwerk eines Betreibers zu nutzen als auch sich ein eigenes Netzwerk (einen Slice) aufzubauen und dieses in kompatibler Weise an ein Betreibernetz anzukoppeln. Welche Umsetzungsvariante die bessere ist, kann nicht so einfach gesagt werden. Zu dieser Problematik werden weiter hinten einige Aspekte genannt werden.

2.3.2.3 FRMCS

GSM-R als Träger der bahnspezifischen Sprachkommunikation sowie der ETCS-Daten wird voraussichtlich in den 2030ern obsolet. Darüber hinaus leidet GSM-R unter Beschränkungen wie z.B. ineffizienter Datenübertragung, was bei der geringen zur Verfügung stehenden HF-Bandbreite besonders ins Gewicht fällt. Siehe dazu auch die Ausführungen im Kapitel „GSM-R“.

Die UIC hat daher ab 2015 begonnen die Anforderungen an ein Nachfolgesystem technologieunabhängig zu spezifizieren. Diese Spezifikationen sind die Grundlage für das „Future Railway Mobile Communications System“ (FRMCS).

FRMCS muss auf neuen Telekommunikationstechniken aufbauen. Daher wird die 5G-Technologie als Basis angestrebt. Eine enge Zusammenarbeit von UIC (International Union of Railways), ETSI (European Telecommunications Standards Institute) bzw. CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) und 3GPP (3rd Generation Partnership Project) ist entstanden und FRMCS ist in die Standardisierungsaktivitäten von 3GPP eingebunden.

Die UIC formte ein Konsortium „5GRail“ mit Teilnehmern aus EVUs (darunter ÖBB) und Telekomindustrie sowie „UNIFE“, das von der „DG Connect“² der EU ins Programm „ICT“ (Information and Communication Technology) aufgenommen ist. Das 5GRail-Projekt begann 11/2020. Es soll 4/2023 enden und hat die Aufgabe, das Prototyping des gesamten FRMCS durchzuführen.

Der „FRMCS Demonstrator“ (14 Mio. € Investitionsvolumen) beinhaltet die Entwicklung von Prototypen einzelner Module wie ein neues on-board Telekommunikationssystem „TOBA Box“, FRMCS

² (siehe https://en.wikipedia.org/wiki/Directorate-General_for_Communications_Networks_Content_and_Technology)

kompatible 5G-Einrichtungen, FRMCS kompatible Signaleinrichtungen und einiges mehr. Unter anderem werden SNCF und DB Simulationen sowie Feldversuche mit Prototypen durchführen.

Der Plan ist, ab 2025 FRMCS über mindestens 10 Jahre auszurollen. Das heißt, dass während dieser Zeit GSM-R Netze parallel mit FRMCS Netzen existieren werden bzw. müssen. Die Benützung beider Netze muss so transparent sein wie im öffentlichen Mobilfunk die Benützung von GSM versus UMTS versus LTE/5G.

Der mehrjährige Parallelbetrieb lässt sich aber mit den heute verfügbaren Funkbandbreiten nicht bewältigen. Ein Mandat der Europäischen Kommission an CEPT ergab folgenden Vorschlag für Frequenzen für die zukünftige Mobilkommunikation für Eisenbahnen:

„Gepaart“ mit Uplink 874,4–880,0 MHz und Downlink 919,4–925,0 MHz und „ungepaart“ im Bereich von 1900–1910 MHz.

Diese Frequenzen müssen von den jeweiligen nationalen Fernmeldebehörden zeitgerecht freigegeben bzw. freigemacht werden. Ein großer Teil der im 900 MHz Band vorgesehenen Frequenzen ist jedoch schon derzeit für GSM-R gewidmet.

Insgesamt ist FRMCS also eine sehr vielversprechende Initiative, die aber durchaus noch mit einigen Hindernissen zu kämpfen haben wird und deren Entwicklung mit Spannung beachtet werden wird.

2.3.3 Sicherheitsrelevante Kommunikation über öffentliche Netze

Safety über öffentliche Netze ist im Wesentlichen durch die Norm EN 50159 (2010/2011) geregelt.

Dieser Standard teilt die Übertragungssysteme in drei Kategorien ein:

- Kategorie 1 – das „geschlossene Netzwerk“
 - Anzahl aller Teilnehmer fix und bekannt
 - Eigenschaften des Übertragungssystems bekannt und festgelegt
 - Risiko eines nicht autorisierten Zugriffs vernachlässigbar
- Kategorie 2 – ein offenes aber geschütztes Netzwerk
 - Anzahl der Teilnehmer nicht fix und auch nicht unbedingt bekannt
 - Eigenschaften des Übertragungssystems nicht bekannt und festgelegt
 - Risiko eines nicht autorisierten Zugriffs vernachlässigbar
- Kategorie 3 – ein völlig offenes Netzwerk
 - Anzahl der Teilnehmer nicht fix und nicht bekannt
 - Eigenschaften des Übertragungssystems nicht bekannt und festgelegt
 - Risiko eines nicht autorisierten Zugriffs gegeben

Je nach Kategorie, unter die das verwendete Netzwerk fällt, sind dann die gegebenen Gefährdungen, wie im Standard aufgelistet, anzunehmen und die entsprechenden, geeigneten Schutzmaßnahmen zu definieren. Dabei ist leicht zu erkennen, dass bei einem offenen Netz jedenfalls eine bewusste und zielgerichtete Manipulation angenommen werden muss. Die Verwendung der Netzwerke, die den meisten Mehrwert bringen, weil sie offen sind und von jedem benutzt werden können, sind also gleichzeitig auch jene, die die meisten und hochwertigsten Maßnahmen zur Gewährleistung der Safety fordern. Der leicht verständliche Grund dahinter ist, dass das Gefährdungspotential immer mit der Anzahl und auch der Motivation der möglichen Teilnehmer sowie der Zugänglichkeit des Netzes steigt.

Analog dazu ist auch die Security (siehe nächstes Kapitel) zu betrachten. Selbst in Netzwerken der Kategorie 2 ist zu hinterfragen, ob man tatsächlich auf Schutzmaßnahmen gegen unerwünschten Zugriff verzichtet, nur weil das Risiko „vernachlässigbar“ ist (siehe oben). Bekanntermaßen sitzen die erfolgreichsten Angreifer ja „innen“ und hebeln durch detaillierte Kenntnis die geringe Wahrscheinlichkeit eines unautorisierten Zugriffs damit sehr effizient aus.

Die nachfolgende Tabelle aus der Norm EN 50159:2010 zeigt die Bedrohungsannahmen und die entsprechend möglichen Schutzmaßnahmen:

Bedrohung	Schutzmaßnahme							
	Sequenz- Nummer	Zeit- Stempel	Zeit- Über- wachung	Quellen- und Ziel- Bezeichner	Rück- Nachricht	Identifikations- Prozedur	Sicherheits- Code	Krypto- graphische Techniken
Wiederholung	X	X						
Auslassung	X							
Einfügung	X			X ^a	X ^b	X ^b		
Resequenzierung	X	X						
Verfälschung							X ^c	X
Verzögerung		X	X					
Manipulation					X ^b	X ^b		X ^c
<p>^a Nur anwendbar auf Quellenbezeichner. Wird nur Einfügung von ungültigen Quellen entdecken. Falls wegen unbekanntem Nutzern keine eindeutigen Bezeichner festgelegt werden können, muss eine kryptographische Technik angewendet werden, siehe 7.3.8.</p> <p>^b Anwendungsabhängig.</p> <p>^c Siehe 7.4.3 und Abschnitt C.2.</p>								

Quelle: EN 50159:2010

In dieser Tabelle ist detailliert abzulesen, mit welchen Maßnahmen man welche Bedrohungen abwenden kann. Als Faustregel kann angenommen werden, dass in offenen Netzen, also den Netzen, die wir heutzutage im Bahnbereich antreffen, fast alle Schutzmaßnahmen implementiert sein müssen. Zieht man nun noch den Bereich der Security in Betracht, kommen noch die restlichen, eventuell aus Safety Gründen nicht unbedingt nötigen Maßnahmen dazu. Damit ist es nicht unüblich, in modernen Datenübertragungsprotokollen alle oben angeführten Maßnahmen zu finden. Dabei ist es aus Sicht des Standards völlig unerheblich, ob es sich um Kabel- oder Funkstrecken handelt. Die Schutzmaßnahmen sind immer die gleichen.

Bezüglich Erfüllung des Safety-Standards ist auch die Erkenntnis wichtig, dass jede Änderung der Implementierung einer aufwändigen Zulassungsprozedur unterworfen werden muss. Aus diesem Grund ist es ratsam, derartige Protokolle nur für die unbedingt zu schützenden Daten zu verwenden. Diagnosedaten oder Statistiken fallen üblicherweise nicht in diese Einteilung und sollten damit auch über andere, weniger aufwändige und einfach veränderbare Protokolle übertragen werden.

Jedenfalls ist zu beachten, dass das Mischen von Safety- und Non-Safety-Daten am gleichen physikalischen Medium (ev. auch Funk-Band) ebenfalls zu Safety Aktivitäten führt. Es ist nämlich die sogenannte „Rückwirkungsfreiheit“ zu beweisen. Damit ist gemeint, dass die nicht-Safety-Daten die Safety-Daten nicht in gefährdender Art und Weise beeinflussen dürfen.

Insgesamt darf der Aufwand der Herstellung von sicherheitskritischen Verbindungen im „Safety“-Sinn also nicht vernachlässigt werden und ist in jedem Fall in einer Systembetrachtung genauestens zu planen und zu analysieren.

2.3.4 Security über öffentliche Netze

In der Vergangenheit lag der Fokus der Normen im Bahnbereich hauptsächlich auf dem Safety-Aspekt. In jüngster Zeit rückt jedoch auch die Security-Betrachtung, also der Schutz des Systems vor unrechtmäßigem oder fehlerhaftem Zugriff von außen, immer mehr in das Bewusstsein der Hersteller und Kunden. Die Erfüllung bestimmter Security-Normen wird mittlerweile bereits in der Ausschreibungsphase verankert, sodass die Entwicklung von Anfang an einem definierten Security Management Plan folgen kann.

Die für den Eisenbahnsektor derzeit wichtigste Security-Norm ist die IEC 62443, welche eine gute Richtlinie sowohl für Systembetreiber als auch Komponentenentwickler bietet.

Aufgeteilt in 4 Ebenen deckt sie von der Definition des Systems, über die Erstellung eines „Threat Models“ und einer Risikoanalyse bis zur Definition von technischen Anforderungen und dem Testen dieser alle Security Aktivitäten ab.

Um die Umsetzung der essentiellen technischen Security Anforderungen sicherzustellen, macht die Norm im Teil 3-3: „*System security requirements and security levels*“ Vorgaben für Systeme und im Teil 4-2: „*Technical security requirements for IACS components*“ Vorgaben für Komponenten.

Für die Security über offene Netze ist besonders die Anforderung „CR 1.13 – Access via untrusted networks“ von Bedeutung. In ihr wird gefordert, dass jeder Zugriff auf das System oder die Komponente überwacht und kontrolliert werden soll.

Ein Problem von offenen Netzen ist, dass die Netzwerkteilnehmer nicht mehr als vertrauenswürdig angesehen werden können, da das System auch für potentiell bösartige Akteure erreichbar (eben „offen“) ist. Dies ermöglicht verschiedene Angriffspfade wie Packet-Sniffing, Man-in-the-Middle, Password Brute Forcing, Interface Fuzzing, Denial of Service und vieles mehr. Um solchen Attacken entgegen zu wirken ist es von essentieller Bedeutung, das System anhand von „Security design best practices“ (z.B. Compartmentalization, Least privilege, Attack surface reduction, Defense in depth, etc.) zu entwerfen. So kann, im besten Fall, bei einem Ausfall einer Security Funktion durch eine neu gefundene Schwachstelle eine zusätzliche Security Funktion einen ansonsten erfolgreichen Angriff abwehren.

Weitere Gegenmaßnahmen sind, alle Teilnehmer in offenen Netzen gegenseitig zu authentifizieren und nur über verschlüsselte Kanäle zu kommunizieren. Die Basis hierfür sind asymmetrische kryptografische Verschlüsselungsverfahren wie RSA und ECC, die mithilfe privater Schlüssel und öffentlicher Zertifikate eine sichere Verbindung zwischen Komponenten aufbauen können. Somit ist es nur Geräten mit validen Zertifikaten möglich, Daten und Befehle mit dem System auszutauschen. Zertifikate haben jedoch eine begrenzte Gültigkeit, welche wesentlich kürzer ist (~1 Jahr) als die übliche Lebenszeit von Komponenten im Bahnbereich (>20 Jahre). Deshalb stellt die Konfiguration und das Management der Zertifikate pro Komponente innerhalb eines Systems eine neue Herausforderung für Bahnsysteme dar, gleichermaßen für die Industrie und für die Kunden bzw. Betreiber.

In Zukunft werden dezidierte PKI-Systeme (Public Key Infrastructure) für den Bahnbereich errichtet werden, wie es in der IT bereits üblich ist, um das Management der Zertifikate zu übernehmen.

Allein durch das Befolgen der in der EN 50159 geforderten Auflagen zur Erfüllung der Safety ergeben sich schon viele positive Nebeneffekte auf die Security. Im Kap.1 der EN 50159 wird zwar in bemerkenswerter Weise klar gesagt, dass Aspekte der IT Sicherheit nicht behandelt werden, was einen Widerspruch zur Kryptographie darstellt, die in der Tabelle als Schutzmaßnahme gefordert wird. Wesentliche Schlussfolgerungen aus dem Standard sind die Sicherheit der Vertraulichkeit von sicherheitsrelevanter Information und die Verhinderung von Überlastung des Übertragungssystems. Dies kann als Hinweis auf Denial-of-Service Attacken zu verstehen sein, da die Überwachung der Rechtzeitigkeit ja ohnehin vorhanden sein muss.

Auch in der Safety-Norm EN 50129:2018 finden sich Hinweise bezüglich Security. Dort gibt es das Kapitel 6.4 zum Thema „Bedrohungen der IT-Sicherheit“. Leider bzw. mit Absicht wird hier nichts Konkretes gefordert, sondern auf vorhandene Standards in diesem Feld verwiesen: Man wird auf ISO 27000ff, ISO/IEC/TR 19791 und die IEC 62443 Reihe verwiesen.

Um das Thema Security im CENELEC Normensatz für die Eisenbahn einzubetten gibt es ein aktuelles Standardisierungsvorhaben, welches zu einer „Technical Specification“ geführt hat. Ziel ist es, diese technische Spezifikation unter der Bezeichnung TS 50701 „Railway applications – Cybersecurity“ in den EN Normensatz aufzunehmen. Inhaltlich handelt es sich um eine Interpretation bzw. Reduktion der IEC 62443. Das ist eigentlich nichts Neues und birgt keine Überraschungen. Trotzdem gibt eine offizielle Eisenbahn-Norm für den Betreiber und für die Industrie in diesem Zusammenhang die Sicherheit, adäquat abgesichert zu sein.

2.3.5 Umsetzungsmöglichkeiten

5G bietet mit „Network Slicing“ die Möglichkeit, Kunden mit kritischer Infrastruktur hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit zur Verfügung zu stellen. FRMCS könnte auf einem dafür eingerichteten „Network Slice“ realisiert werden. Allerdings fallen beim Betreiber eines öffentlichen Netzes für diese hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit auch entsprechend hohe Kosten an, die vergütet werden müssen.

Diese Kosten sind den Errichtungs- und Betriebskosten eines bahneigenen 5G-Netzes mit hoher Verfügbarkeit etc. für FRMCS gegenüberzustellen. Nicht allein die Errichtungs- und Betriebskosten sind zu betrachten. Die Regime für Wartung und Störungsbehebung sind bei Betreibern von Bahninfrastruktur einerseits und öffentlichen MNOs andererseits durchaus unterschiedlich. Die Kommunikationsinfrastruktur ist heute ein wesentlicher Teil der Steuerung und Sicherung des Bahnverkehrs und hat damit auch einen entsprechend hohen Stellenwert im Gesamtsystem Bahn. So hat die SBB beispielsweise bereits 2019 postuliert, dass für „Critical Communication“ (ETCS, ATO, etc.) ein bahneigenes FRMCS/5G Netz unabdingbar sei.

Ein weiterer Aspekt ist die Versorgung der Bahnstrecken durch öffentliche 5G-MNOs als möglicher Träger für FRMCS. In der Ausschreibung des österreichischen Telekom-Regulators (TKK) z.B. für die Frequenzvergaben 700, 1500 und 2100 MHz für 5G in 2020 gibt es auch den Passus der Versorgungspflicht für Bahnstrecken, allerdings nur für die TEN-Strecken (Nord, Süd, West) und Schnellbahnstrecken. Der Telekom-Regulator schlägt dazu die Kooperation zwischen Betreiber der

Schieneinfrastruktur und dem öffentlichen MNO dergestalt vor, dass ersterer für die vollständige Versorgung dieser Strecken noch notwendige Standorte zur Verfügung stellt (Masten, Räumlichkeiten, Stromzufuhr, Glasfaseranbindung).

Für andere als die oben genannten Strecken, insbesondere Regionalbahnen, gilt keine Versorgungspflicht.

Die ursprünglich als sehr attraktiv gesehene Möglichkeit, FRMCS für Regionalbahnen als „Network Slice“ in einem öffentlichen 5G-Netz zu realisieren, kann nur umgesetzt werden, wenn ein MNO die Strecke versorgt. Der Aufbau eines eigenen Netzes ist unter Regionalbahn-Finanzierungsbedingungen sehr wahrscheinlich nicht machbar bzw. kann nicht als machbar vorausgesetzt werden.

Nun wurden jedoch in der Ausschreibung für die Auktion zur Frequenzvergabe 700,1500 und 2100 MHz für 5G ca. 2100 unterversorgte Katastralgemeinden definiert. Es war das Ziel des Regulators, durch geeignete Auktionsverfahren die Bieter für die Frequenzen zu verpflichten, möglichst viele dieser Katastralgemeinden zu versorgen. Letztlich haben sich die Bieter zur Versorgung von 1702 Katastralgemeinden bis 2027 verpflichtet.

Die GIS-Daten dieser Katastralgemeinden sind vorhanden. Ein Abgleich mit den GIS-Daten der relevanten Regionalbahnen ergäbe Klarheit, welche Regionalbahnen die Möglichkeit einer FRMCS-Versorgung über einen öffentlichen 5G-MNO besteht.

2.4 Zur Zukunft der Regionalbahnen

Autor: Otfried KNOLL

„In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister“.
(Josef Stern, Die Oekonomie der Lokalbahnen, 1882)

2.4.1 Einleitung

Lebensqualität im Grünen, leistbare Bodenpreise außerhalb der Städte, Stau an den Stadteinfahrten, flexible Arbeitszeiten und eine Diskussion um die Finanzierbarkeit des 1-2-3-Tickets: Die zunehmende Sensibilisierung der Menschen für die Notwendigkeit klimaschonenderer Mobilität setzt den öffentlichen Verkehr unter Zugzwang. Er soll bewirken, dass möglichst viele Wege mit möglichst geringem Zeitaufwand und ökologisch möglichst unbedenklich zurückgelegt werden - bei hohem Fahrkomfort und günstigen Tarifen. Die Herausforderungen sind offenkundig: Niemand will die Vorteile neuer Arbeitsmodelle durch unbefriedigende Fahrzeiten kompensiert sehen, keine Gemeinde möchte Einwohner verlieren, Tourismusregionen setzen in ihrer Vermarktungsstrategie zunehmend auf Nachhaltigkeit. Beim Anspruchsniveau ist man sich rasch einig: Wenn schon Zeit im ÖV verbracht werden muss, dann unter zeitgemäßen Komfortbedingungen. Haben Regionalbahnen, offiziell immer noch als Nebenbahnen bezeichnet, da überhaupt eine Chance? Um die Frage mit einem eindeutigen Ja zu beantworten, muss man nicht unbedingt die Schweiz bemühen. Auch hierzulande haben in den letzten Jahren sowohl in den Bahnunternehmen als auch bei der Bahnindustrie einige bemerkenswerte Entwicklungen stattgefunden. Manches kommt diesbezüglich gerade in Gang. Bei einem kritischen Blick auf die verkehrspolitische Regionalbahn-Agenda steht diese aber noch ziemlich am Anfang.

In Österreich gibt es viele Nebenbahnen, nicht nur bei den ÖBB. Auch die klassischen Privatbahnen sind als solche konzessioniert, wenngleich sie ursprünglich Lokalbahnen hießen: Eine Bezeichnung, die ihrer gesellschaftspolitischen und funktionalen Bedeutung schon viel näherkommt. Erst im Dritten Reich wurden die Lokalbahnen zu Nebenbahnen - und heißen merkwürdigerweise ex lege noch heute so.

Der Lokalbahnbegriff ist jedoch nicht ausgestorben, wie gerade die erfolgreichsten Regionalbahnunternehmen in ihrem Firmennamen zum Ausdruck bringen: Wiener Lokalbahnen, Linzer Lokalbahn, Salzburger Lokalbahn, Pinzgauer Lokalbahn, Lokalbahn Lambach – Vorchdorf usw. Andere geben sich wiederum einen klaren Regionsbezug wie Steiermarkbahn, Niederösterreichbahnen, Atterseebahn, Neusiedler Seebahn, Montafonerbahn oder Zillertalbahn.

In den USA heißen sie Short Lines und sind zumeist florierende Wirtschaftsbetriebe. Sie sind anerkannte regionale Institutionen, als integrierte Eisenbahnunternehmen Zubringer zu den großen Hauptbahnen und somit unverzichtbarer Bestandteil einer arbeitsteiligen Transportwirtschaft. Etliche Short Lines sind sogar als Familienunternehmen organisiert.

Alle diese Strecken haben eine Gemeinsamkeit: ihr Bau folgte dem Grundsatz „Global denken - lokal handeln“. An dieses auch heute gültige Prinzip hielten sich die erfolgreichen Bahngesellschaften schon vor mehr als hundert Jahren, gleichgültig ob im Staatsbesitz oder im Privateigentum. Es war kein Widerspruch, dass zahlreiche Lokalbahnen oft unter dem Blickwinkel der Quersubvention durch gewinnbringende Hauptstrecken gebaut wurden, vielmehr geschah dies aus dem ökonomischen Kalkül, das Verkehrsgebiet der Hauptstrecken zu erweitern und mit flächiger Präsenz die Akquisition

neuer Verkehre für die Hauptbahn zu ermöglichen. Wohl war auch schon damals die „Letzte Meile“ zu den Kunden mitunter die teuerste. Weil aber zahlreiche von Bahnen nicht erschlossene Regionen gegen Ende des 19. Jahrhunderts in die Bedeutungslosigkeit abzusinken drohten, während sich Orte an den Hauptlinien rasant entwickelten, erließ der Staat mehrere Lokalbahngesetze, mit denen Erleichterungen beim Bahnbau und im Betrieb gestattet wurden: Ausführung größerer Steigungen, engerer Bögen, leichter Oberbau, Verzicht auf Schranken, Signale und deren Bedienpersonale, vereinfachte Fahrdienstvorschriften und Ähnliches. War dies für die nötige Kapitalaufbringung zunächst durchaus erfolversprechend, so erwiesen sich die damit erkaufte niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten mit aufkommender Pkw- und Autobuskonkurrenz zunehmend als Hemmnis für den damals noch nahezu ausschließlich eigenwirtschaftlichen Betrieb.

Vielfach vergessen ist, dass gerade die Lokalbahnen schon immer innovationsgetrieben waren. Aufgrund ihrer schwierigen finanziellen Rahmenbedingungen führte der Zwang zum Kostensparen sehr früh zum Einsatz von Triebwagen mit Dampf-, Benzin-, Diesel- und Elektroantrieb. Einmann-Bedienung der Triebfahrzeuge und Multifunktionalitäten beim Personal ermöglichten Rationalisierungseffekte und neue Geschäftszweige, ohne die notwendigen Investitionen mangels staatlicher Zuzahlungen zum damaligen Zeitpunkt nicht finanzierbar gewesen wären. Die heute weit verbreiteten Rückfallweichen kamen z. B. erstmals auf der normalspurigen Linzer Lokalbahn zum Einsatz. In der Fachwelt bekannt wurde in diesem Zusammenhang der personell unbesetzte Abzweigbahnhof Niederspaching, wo mit drei Rückfallweichen sämtliche Fahrtrelationen in sechs Richtungen ohne Bedienungshandlungen abgewickelt werden konnten. 1971 führte die Zillertalbahn den Zugleitbetrieb über analogen Sprechfunk ein, wodurch in den weiterhin personalbesetzten Stationen Zusatzdienstleistungen möglich wurden, die sogar in der Umgestaltung von Bahnhöfen zu Kundendienstzentren mit Reisebüro, Friseur oder Gemischtwarenhandlung gipfelten. Mehrere nicht bundeseigene Eisenbahnen folgten bald diesen Beispielen. Die ÖBB schlossen sich der Einführung des Zugleitbetriebes, beginnend 1983 auf der Donauuferbahn, an³. Sie setzten mit der neu geschaffenen Funktion der Streckenbetreuer einen damals viel gelobten Akzent, um trotz Zügen ohne Zugbegleiter und unbesetzten Bahnhöfen den Kontakt zu den Fahrgästen, Schulen und Gemeinden nicht zu verlieren. Leider wurden diese meist hoch motivierten Mitarbeiter nach wenigen Jahren wieder wegrationalisiert.

Jahrzehntlang war auch die Parallelbedienung von Schienenstrecken mit Autobussen bei den ÖBB und manchen nicht bundeseigenen Bahnen gelebte Praxis, um einerseits Konkurrenz fernzuhalten, andererseits um zusätzliche Einnahmen zu generieren. Dass dabei die Bahnen auf der Erlösseite zugunsten der Busbetriebe ausgehungert wurden, manifestierte sich vor allem in der augenscheinlichen Rückständigkeit der dort eingesetzten Schienenfahrzeuge. Eine zunehmende Abkehr der Bevölkerung von der Bahn war die Folge und führte zu mehreren Einstellungswellen. Erst mit den ab 1995 geschlossenen Verkehrsdienstverträgen und dem ÖPNRV-Gesetz 1999 kam Bewegung in die Regionalbahndebatte. Nun hatten die Bundesländer eine vordem nicht bestehende, gesetzlich geregelte Rolle als Aufgabenträger und damit - neben dem Bund – als weitere Besteller der Verkehrsleistungen auch Verantwortung für die Wirksamkeit ihrer Zuzahlungen zu übernehmen. Dieser Perspektivenwechsel verlief nicht von Anfang an friktionsfrei. Vor allem sorgte der sich dennoch verschlechternde Infrastrukturzustand etlicher Nebenstrecken, manifestiert in stark zunehmenden

³ Später über das System ES 221 (1997) zum System ZLB 01 (2010) weiterentwickelt, siehe [1]. Auf die signalisierten Zugleitbetriebe kann hier aus Platzgründen nicht näher eingegangen werden.

Langsamfahrabschnitten und Fahrzeitverlängerungen, für mediale Unruhe. Die nach außen den Bundesländern zugewiesene Verantwortung für Umfang und Qualität der Fahrpläne führte zu teils hitzigen politischen Debatten und gipfelte sehr verkürzt formuliert im Verkauf zahlreicher Regionalbahnstrecken der ÖBB an die Bundesländer Salzburg, Niederösterreich, Steiermark und Burgenland. Leider wurden nicht alle diese Strecken weiterhin als öffentliche Eisenbahnen betrieben. Andererseits investierten die neuen Eigentümer auf mehreren Regionalbahnen teils massiv in Infrastruktur und Fahrzeuge, sodass sich diese Bahnen heute tatsächlich zeitgemäß präsentieren. Die weitere Entwicklung kann hier als bekannt vorausgesetzt werden.



Abbildung 7: Überholen zum Sprint in die Zukunft: Regionalbahnen haben noch viel Potenzial! Foto: Otfried Knoll

2.4.2 Aktuelle Entwicklungen bei den ÖBB

Auf den derzeit 38 ÖBB-Regionalbahnstrecken mit ca. 1300 km Länge sind in mehreren Bereichen bereits im aktuellen Infrastruktur-Rahmenplan 2021 – 2026 Maßnahmen zur Attraktivierung verortet:

- Traisentalbahn: St. Pölten - Traisen - Hainfeld/Freiland; Streckenelektrifizierung (Inbetriebnahme: 2026)
- Erlaufthalbahn: Pöchlarn – Scheibbs: Streckenelektrifizierung (Inbetriebnahme: 2026)
- Puchbergerbahn: Bad Fischau – Puchberg: Attraktivierung
- Wiener Neustadt – Loipersbach-Schattendorf; Attraktivierung und Elektrifizierung
- Innkreisbahn: Neumarkt-Kallham – Braunau am Inn: Streckenelektrifizierung (Inbetriebnahme: 2028)

- Mattigtalbahnhof: Friedburg – Braunau am Inn: Streckenelektrifizierung (Inbetriebnahme: 2027)
- Donauuferbahn: St. Valentin – St. Nikola-Struden: Streckenelektrifizierung (Inbetriebnahme: 2028)
- Mühlkreisbahn: Linz Urfahr – Aigen-Schlägl: Attraktivierung
- Almtalbahnhof: Wels – Grünau im Almtal: Attraktivierung

Als großteils umgesetztes Beispiel kann die Gailtalbahn genannt werden, die kürzlich nicht nur elektrifiziert, sondern im Einvernehmen mit den Gebietskörperschaften gesamthaft technisch erneuert wurde.

Schon in der Vergangenheit hat die ÖBB speziell Stellwerke für Nebenbahnen für eine vereinfachte und kostengünstige Betriebsführung errichtet. Hierzu zählten unter anderem die in Relais-technik errichteten Stellwerksbauformen VGS 80, KGS 90 und KSW 90. Als Nachfolgeprodukt mit einem für den Nebenbahnbereich angepassten Funktionalitätsumfang ist aktuell das elektronische Stellwerk der Bauform ZSB 2000 im Einsatz. Um auch für die zukünftigen Anforderungen auf Regionalbahnstrecken gerüstet zu sein, hat die ÖBB das jüngst beschlossene „Innovationsprogramm Regionalbahntechnik“ ins Leben gerufen und damit erste Pflöcke eingeschlagen. Demzufolge brauche es zur Sicherstellung des langfristigen Fortbestandes der Regionalbahnen „...vereinfachte und kostengünstige Lösungen im Hinblick auf die Infrastruktur-Elemente, um die effiziente Betriebsführung und den Fortbestand von Regionalbahnen zu gewährleisten“, heißt es darin. Und weiter: „Zukünftig sollen die Regionalbahnen über ihre wichtige Zubringerfunktion hinaus den ländlichen Raum Österreichs mit umweltfreundlicher Mobilität versorgen, den Wirtschaftsstandort aufwerten und attraktiver für unsere KundInnen werden.“ Das Konzept hält dazu fest: „Bei der Neuausrüstung und Modernisierung der Infrastruktur ist es erforderlich, durch kostengünstige Ausrüstung, durch Einsatz innovativer Telematik und Sicherungstechnik sowie mit zukunfts-trächtiger Betriebsführung bei gleichbleibender Sicherheit die Ausrüstungskosten nachhaltig zu senken“. [2]

Vorgelagert zu diesem Ende Jänner 2021 ÖBB-intern beschlossenen Programm wurden „Sicherungstechnische Standards für Regionalbahnen“ definiert und die einzelnen Strecken drei Modulen zugeordnet: Modul 0 - kein Ausrüstungsbedarf, keine Erweiterung der Stellwerkstechnik; Modul 1 - langfristiger Ausrüstungsbedarf, Anpassung der bestehenden Stellwerkstechnik; Modul 2 - mittelfristiger Ausrüstungsbedarf, Errichtung neuer Stellwerkstechnik in Nebenbahntechnik. Ziel der Modulzuordnung ist gemäß ÖBB-Konzept eine Systematisierung, die die Wirtschaftlichkeit und Qualität erhöhen und eine bedarfsgerechte Steigerung der Kapazität auf Regionalbahnen ermöglichen soll. Dies soll durch Homogenisierung der Technik und Betriebsführung, durch Optimierung der funktionalen Anforderungen und daraus resultierend durch klare Vorgaben für die Anlagengestaltung sowie Planung und Bau erreicht werden. [2] Im Zielzustand sollen daher das Modul 1- Strecken (reinvestitionsgetrieben) in das Modul 2 übergeführt werden.

Als zentrale Fragestellungen wurden in dem Konzept identifiziert:

- Welche innovativen Lösungsansätze in der Stellwerkstechnik gibt es?
- Wie können Kostentreiber (z.B. Verkabelung) minimiert werden?
- Welche Chancen bringt 5G mit sich?
- Wie können Züge mit ETCS-Ausrüstung zukünftig auf Regionalbahnstrecken verkehren?
- Wie kann die Betriebsführung weitestgehend automatisiert werden?

Hinterlegt ist dem Konzept eine Zeitachse mit mehreren Umsetzungshorizonten. Ausgehend von der Konsolidierung der Ergebnisse bisheriger Forschungs- und Entwicklungsschritte im ÖBB-internen „Innovationsprogramm Regionalbahntechnik“ wird mit einem mehrjährigen Zulassungsprozess neuer Technologien bis Ende 2025 gerechnet. Dieser soll durch das Programm „Shift to Rail II“ begleitet bzw. verstärkt werden. Die daraus entwickelte innovative Regionalbahntechnik soll ab 2026 zum Einsatz kommen. Siehe hierzu auch die Abbildung im Kapitel 0.

Kerngedanke ist ein Gesamtkonzept einer Sicherungstechnik- und Telematik- Ausrüstung von Regionalbahnen. Kernelemente betreffen die Entwicklung einer zentralen Sicherungslogik, die Entwicklung von drahtlos (z.B. 5G) angesteuerten Außenelementen, die sichere Lokalisierung von Zügen mittels „Greenlight“ sowie die „Eisenbahnkreuzung Next Level“. Im Zuge von Pilotprojekten werden Demonstratoren konzipiert und unter realen Bedingungen auf einer ausgewählten Strecke im Burgenland getestet. Die ersten erfolgreichen Konzepttests konnten im Jahr 2020 abgeschlossen werden.

2.4.3 Der Systemgedanke

Verkehr wird über die Raumordnung induziert, und jede Siedlungsform beeinflusst die Verkehrsmittelwahl. Es ist aber nicht nur die Siedlungsform: Jede Verkehrsart erreicht die Menschen auf ihrer mentalen Ebene am stärksten über das, was sie alltäglich sehen und beobachten können. Im öffentlichen Verkehr wird es in der Regel der Nahverkehr sein, im ländlichen Raum häufig auch eine Regionalbahn. In diesem in seiner Bedeutung viel zu lange unterbewerteten Sektor kann „Die Bahn“ am nachhaltigsten Werbewirkung oder Ablehnung erzeugen. Um spürbar positive Effekte zu erzielen, wird sich der Fokus des Handelns wohl verstärkt auf das Umland zentraler Orte richten müssen. Denn dort ist parallel zu einem teils rasanten Bevölkerungswachstum auch ein stark steigendes Interesse an modernen, siedlungsnahen Schienenverkehrslösungen zu konstatieren.

Wenn aber dann die Frage gestellt wird, wie man Regionalbahnen wettbewerbsfähig machen könne, scheiden sich meist die Geister. Ist es ein betriebswirtschaftlicher, ein volkswirtschaftlicher oder ein technologie-orientierter Maßstab, der angelegt werden soll? Ist eine abgespeckte Hauptbahn das Ziel? Oder müssen Nebenbahnen als etwas Eigenes betrachtet werden? Eines ist klar: eigenwirtschaftlich zu führende Nebenbahnen gibt es schon länger nicht mehr. Die PSO-Verordnung der Europäischen Union, konkretisiert durch das Vierte Eisenbahnpaket, hat im gemeinwirtschaftlichen Regionalverkehr das Bestellregime festgeschrieben. Hierbei vereinbaren Aufgabenträger (auf Landesseite die Verkehrsverbände, auf Bundesseite die SCHIG mbH) Verkehrsleistungen in Form von Grund- und Zusatzangeboten, also Fahrplankarten und Zug/Buskilometern mit einer definierten Qualität zu einem festgelegten Preis. Spät, aber immerhin österreichweit hat sich die politische Einsicht durchgesetzt, dass nur ein gutes Angebot entsprechende Nachfrage schafft. Dementsprechend wurden die Verkehrsdienstbestellungen in den letzten Jahren stufenweise ausgeweitet.

Bei diesen bestellten Leistungen sind zwei grundsätzlich verschiedene Vertragstypen – Brutto- bzw. Nettovertrag - und außerdem zwei Vergabearten – wettbewerblich oder direkt vergeben - zu unterscheiden: Vereinfacht gesagt spricht man von einem Bruttovertrag, wenn ein fixer Preis pro gefahrenen Kilometer an das Verkehrsunternehmen bezahlt wird und die Tarifeinnahmen an den Besteller abgeführt werden. Das Risiko für das Verkehrsunternehmen ist damit auf die richtige Kalkulation seiner Kosten begrenzt, das Einnahmenrisiko liegt ausschließlich beim bestellenden Aufgabenträger. Dementsprechend niedrig ist das Interesse des Verkehrsunternehmens an der

Generierung höherer Erlöse durch Fahrgastzuwächse. Um einen Nettovertrag handelt es sich hingegen, wenn das Verkehrsunternehmen die Tarifeinnahmen behält und einen dergestalt verringerten, im Vorhinein rechnerisch ermittelten Zuschuss pro Kilometer bekommt. Hier muss das Unternehmen über sehr gute Markt- und demografische Kenntnisse verfügen, um richtig kalkulieren zu können. Unternehmerischer Anreiz und Risiko zugleich ist die Generierung von höheren und im Bestfall kontinuierlich steigenden Einnahmen. Um beiden Nachteilen entgegenzuwirken, gehen derzeit die Entwicklungen Richtung Bruttoverträge mit Anreizkomponenten für Fahrgastzuwächse (Beteiligung des VU am Zusatzerlös).

Bestellvorgänge im Verkehrsbereich erfolgen grundsätzlich unter Anwendung des europäischen Vergaberechts, in wenigen Ausnahmefällen auch nach nationalem Recht. Man unterscheidet Vergaben im Wettbewerb („Ausschreibung“) und Direktvergaben. Durch die Umsetzung des Vierten Eisenbahnpaktes sind Direktvergaben im gemeinwirtschaftlichen Verkehrssektor oberhalb gewisser Schwellenwerte künftig nicht mehr zulässig. In Österreich wurden zum europarechtlich letztmöglichen Termin die bereits derzeit im gemeinwirtschaftlichen Personenverkehr tätigen Eisenbahnverkehrsunternehmen nochmals direkt mit der Verkehrsdurchführung beauftragt. Da es sich bei diesen Verkehrsdienstverträgen sowohl um Netto- als auch um Bruttoverträge handelt, hat die Absicht zur Einführung des 1-2-3-Tickets für erhebliche Unruhe bei den Aufgabenträgern und Verkehrsverbänden, aber auch bei den mit Nettoverträgen betrauten Verkehrsunternehmen gesorgt. Man befürchtet Einnahmenverluste und fehlende Fahrzeugkapazitäten aufgrund steigender Inanspruchnahme. Hier gilt aber auch die alte Planerregel: Immer mehr vom Gleichen – selbst bei niedrigeren Preisen – wird als alleiniger Anreiz nicht genügen, um die Menschen stärker zum Bahnfahren zu veranlassen. Vielmehr müsste das 1-2-3-Ticket mehrere unterschiedliche Erwartungshaltungen bedienen. Eine davon ist, endlich zu einer tatsächlichen, unternehmensübergreifenden Integration aller öffentlichen Verkehrsangebote im Bundesgebiet zu gelangen, eine andere, hohen Reisekomfort zu allen Tageszeiten zu bieten usw. Was aber für die Fahrgäste zweifellos gut sein kann, wird für das gesamte Finanzierungsregime des öffentlichen Verkehrs mit seinen schon jetzt sehr vielfältigen Unternehmensformen zur ganz großen Herausforderung werden. Leichter wird es dadurch nicht werden, für die Regionalbahnen massive Investitionspakete zu finanzieren, es sei denn, sie versprechen tatsächlich echten Mehrverkehr. Umso mehr wird eine langfristig finanzierbare Gesamtkostenstruktur an Bedeutung gewinnen.

Hinzu kommt, dass mit Ablauf der derzeitigen Verkehrsdienstverträge - grosso modo um das Jahr 2030 – aufgrund der europäischen Gesetzeslage auch im Regionalbahnbereich mit Ausschreibungen von Verkehrsleistungen zu rechnen sein wird. Es kann dann zu einem Wechsel des beauftragten Eisenbahnverkehrsunternehmens kommen, ein Vorgang, der in den Nachbarländern seit Jahren zu beobachten ist. Diesbezüglich sind sowohl die verschiedenen Infrastrukturbetreiber als auch die Verkehrsverbände und insbesondere die Aufsichtsbehörden schon jetzt in der Verantwortung, künftige Streckenausrüstungen, Telematiksysteme und Fahrgastumgebungen betreiberneutral zu planen. Denn letztendlich geht es bei Attraktivierungen von Strecken aus Sicht der Steuerzahler um die Optimierung der Nutzung vorhandener Infrastruktur. Hierbei kann und wird die Digitalisierung eine bedeutende Rolle spielen, wenn es um das betreiberunabhängige Verfügbarmachen von Funktionen geht. So wie bei den Smartphones das Telefonieren zur Nebensache geworden ist, werden absehbar auch an den Infrastrukturanlagen der Eisenbahnstrecken neue Funktionalitäten entstehen, die in ihrer Gesamtheit zu einem zusätzlichen Systemnutzen führen müssen. Voraussetzung dafür wird sein, dass die digitalen Kommunikationsnetze in ihrer zukünftig technisch möglichen Qualität und Verfügbarkeit

auch entlang von Regionalbahnen zur Verfügung stehen. Andererseits ist zu konstatieren, dass gerade jene Regionalbahnen, die bereits Barrierefreiheit bei den Fahrzeugen und moderne Systeme der Zugsteuerung implementiert haben, die Fahrgäste trotzdem vorwiegend mit SchaffnerInnen betreuen, die aus der jeweiligen Region stammen und somit AnsprechpartnerInnen für die Fahrgäste sind. Aus volkswirtschaftlicher Sicht müssen daher neue technische Lösungen zumindest den gleichen Nutzen bei geringeren Kosten bieten als derzeit beschäftigte Menschen.

Ein Zwischenfazit könnte lauten:

- Regionalbahnen sind als zweckbestimmter Teil eines Gesamtsystems gebaut worden
- Gewollter Zweck war immer die örtliche Erschließung
- Die Erschließungsqualität kann durch raumordnerische Maßnahmen beeinflusst werden
- Regionalbahnen waren und sind von der Attraktivität des Gesamt-ÖV-Systems abhängig
- Regionalbahnen sind daher nur als zeitgemäße Einrichtungen existenzberechtigt
- Damit beeinflussen sie aber auch die Attraktivität des Gesamtsystems
- Funktionalität bei hoher Kundenorientierung muss die Standards bestimmen!

Das bedeutet, dass Bahnen im Regionalverkehr noch mehr und noch stärker individuelle Bedürfnisse erfüllen müssen, wenn sie zur vermehrten Nutzung anregen sollen. Alle Erfahrungen haben gezeigt, dass dies nicht mit niedrigeren Standards, sondern nur mit glaubwürdig hoher Kundenorientierung zu erreichen ist.

Eine weitere Planerregel besagt, dass die alleinige Optimierung von Teilsystemen zu Desintegration führen kann. Dieser Gedanke wurde auch in der ÖVG-Veranstaltungsreihe „Lösungen gegen die Regelungswut“ aufgegriffen. Es wurde dort übereinstimmend festgestellt, dass die meisten Unternehmen in der Eisenbahnbranche diesbezüglich sowohl Opfer als auch Täter sind. Weiters wurde festgehalten, dass Innovation mit dem Fokus auf neuen Kundennutzen zu beurteilen ist, insbesondere dort, wo neue Schnittstellen zu bereits existierenden Systemen entstehen würden. Denn es ist Faktum, dass Regionalbahnen häufig mit vereinfachten Systemelementen ausgestattet wurden, um überhaupt neuen Nutzen realisieren zu können. In den Folgejahren wurden diese Systeme evolutionär weiterentwickelt, um weiterhin konkurrenzfähig zu sein. Dabei sind wiederum Innovationen entstanden, die unter Einhaltung der übergeordneten Anforderungen auf nationaler Ebene letztendlich Vorteile für die finanzierenden bzw. bestellenden Stellen ergeben haben.

Vor diesem Hintergrund hat sich die ÖVG-Arbeitsgruppe Rail and Road Traffic Management mit bereits bestehenden Zugsteuerungs- und Telematiksystemen auseinandergesetzt. Aus einer neutralen Position betrachtet, kommt es bei deren potenzieller Ausrollung auf weitere Strecken wohl darauf an, welche Systembrille man hierbei aufsetzt: Aus der alleinigen Perspektive der eigenen, selbst optimierten, durch mitunter auch selbst gegebene Regeln entstandenen Lösung sehen Kompatibilitäten zu anderen, ebenfalls bewährten Lösungen regelungstechnisch kompliziert aus – und umgekehrt. Gerade Österreich und Deutschland haben aber bewiesen, dass die Verschränkung unterschiedlicher Anforderungen in zueinander zunächst nicht vollständig kompatiblen Systemen durchaus gut funktioniert, wenn man beispielsweise den Übergang von Triebfahrzeugen bei unterschiedlichen Stromsystemen, grenzüberschreitenden Verkehren, Durchbindungen von Regionalbahnen zu regionalen Oberzentren (Weiz – Graz, Übelbach – Graz, Montafonerbahn bis Bregenz, Haager Lies bis Wels, Neusiedler Seebahn zu ÖBB und MÁV usw.) betrachtet.

Bis dato nicht wirklich beantwortet wurde hingegen die Frage, ob normalspurige Lokalbahnen vollumfänglich interoperabel gebaut, erneuert und betrieben werden müssen. Sowohl die europäische als auch die nationale Gesetzgebung lassen diesbezüglich Spiel- und Interpretationsräume zu.

Tatsache ist jedenfalls, dass die Bedeutung der Flächenbedienung im Güterverkehr stark abgenommen hat und Anlagen des Güterverkehrs vielfach bereits rückgebaut wurden oder zum Rückbau vorgesehen sind⁴. Gleichzeitig wurde nahezu auf allen noch bestehenden Nebenbahnen der Personenverkehr im Zuge von Verkehrsdienstbestellungen erheblich ausgeweitet. In einem österreichweit gültigen „Zukunftskonzept verbleibender Regionalbahnen“ sollte daher ein systemischer Ansatz verfolgt werden, der die Interessenslagen der jeweiligen Infrastrukturbetreiber, Leistungsbesteller und beauftragten Eisenbahnverkehrsunternehmen so vereint, dass maximaler Kundennutzen entsteht, wobei Kunden nicht nur die Passagiere und Frachtkunden sind, sondern auch die öffentliche Hand als Besteller gemeinwirtschaftlicher Verkehrsleistungen und Finanzier der dort eingesetzten Fahrzeuge sowie der notwendigen Infrastrukturmaßnahmen.

Kundennutzen, der zu einer tatsächlich verstärkten Inanspruchnahme des Schienenverkehrs geeignet ist, sollte angesichts der aktuellen, zeitlich sehr ambitionierten politischen Handlungsziele zur Abwendung der Folgen der Klimaveränderung tunlichst sofort entstehen, nicht erst in 20 Jahren – denn Migrationszeiträume wurden in der Vergangenheit schon oft genug unterschätzt, auch beim 1-2-3-Ticket. Nur wenn ein gemeinsames Ziel verfolgt wird, eine gemeinsame Systemsprache – gegebenenfalls mit einigen „regionalen Dialekten“ - gefunden wird und es dergestalt zeitnah zu integrativen und tatsächlich integrierbaren Lösungen kommt, werden neue technische Anwendungen auch zu dem erwünschten „Shift to Local Rail“ beitragen. [3],[4]

2.4.4 Regelwerke als Voraussetzung für neue Technologien

Innovation ist immer durch Ideen außerhalb von Bestehendem entstanden. Inwieweit eine Innovation anwendbar wird, hängt namentlich auch von der Bereitschaft der Behörden ab, neue Lösungen zu akzeptieren und sich unbeeinflusst vorab damit auseinanderzusetzen. Innovationen müssen aber insbesondere auch in der Umsetzung von der Projektphase in den Echtbetrieb aktiv unterstützt bzw. gefördert werden. Wenn Innovation zu erhöhtem Kundennutzen bei gleicher Sicherheit bzw. ausreichender Sicherheit führen kann, sollte sie nicht mit dem Blick auf Bestehendes erschwert werden. Auch Dienstvorschriften, nach denen der Fahrbetrieb abgewickelt wird, und die eisenbahnbehördliche Aufsicht bzw. die Genehmigungsinstanzen müssen Innovation zulassen, sofern die Sicherheit des Bahnbetriebes nicht gefährdet wird. Die Motivation hierzu – auch in lokalen Dimensionen – darf nicht verlorengehen.

⁴ Um dem künftig vorzubeugen, wurden mit der jüngsten Novelle des EisbG Abtragungen von den genehmigungsfreien Bauvorhaben wieder ausgenommen.



Abbildung 8: Übergang mittels Zweisystemfahrzeugen von AC-elektrifizierter Hauptbahn mit PZB-Zugsicherung auf DC-elektrifizierte Lokalbahn mit Zugleitbetrieb. Fotos: Otfried Knoll, 2009.

Gemäß § 21a EisbG haben Eisenbahnunternehmen das Verhalten ihrer Mitarbeiter durch „Allgemeine Anordnungen“ zur Gewährleistung der Sicherheit und Ordnung des Betriebes der Eisenbahn zu regeln. Diese allgemeinen Anordnungen werden üblicherweise als Dienstvorschriften bezeichnet. Sowohl in Österreich als auch in Deutschland haben die nicht bundeseigenen Bahnen - je nach Vernetzungsgrad – entweder die Dienstvorschriften der ÖBB bzw. DB übernommen oder diese für ihre besonderen Bedürfnisse adaptiert, in einigen Fällen aber auch eigene Regelwerke aufgestellt und eisenbahnrechtlich genehmigen lassen. Ohne hier auf deren komplexe Historie einzugehen, sind als österreichische Beispiele „integrierter Dienstvorschriften“ die im Jahr 1991 erstellte DV V3 StH der Firma Stern & Hafferl und die DV NÖVOG aus dem Jahr 2011 zu nennen. Beide wurden sowohl für die Betriebsregimes der ÖBB (Gemeinschaftsbahnhöfe, Gemeinschaftsstrecken, signalmäßiger Betrieb) als auch für die eigenen Infrastrukturbereiche auf Normalspur- und Schmalspurbahnen jeweils als kompaktes Werk konzipiert und aufsichtsbehördlich genehmigt. Mit diesen integrierten Vorschriftenwerken wurde vorausblickend die weitere technische Entwicklung der betreffenden vernetzten und nicht vernetzten Bahnen bis zum rechnergestützten Zugleitbetrieb abgedeckt, sodass neue Funktionalitäten der Zugsteuerung und Überwachung zum gegebenen Zeitpunkt integriert werden konnten. [11]

2.4.5 Datenfunk-geführte Zugleitbetriebe

Zugleitbetriebe für Regionalbahnen, die ohne ortsfeste Signale und weitgehend ohne klassische Stellwerke konzipiert wurden, gibt es schon länger. Im Folgenden wird eine überblicksartige Chronologie einzelner Entwicklungsstufen gegeben. Angemerkt wird, dass das System ÖBB-ZLB-01 ebenfalls einige, aber nicht alle der folgend beschriebenen Funktionalitäten beinhaltet und auch nicht weiterentwickelt wird. Es soll durch neue, bisher noch nicht vorgestellte Technologien abgelöst werden, weshalb hier auf die Literaturquelle [1] verwiesen sei. Die letzte Strecke (Kamptalbahn) mit ZLB01 wird Ende 2023 mittels ESTW in Regionalbahntechnik ausgerüstet. [2]

2.4.5.1 Frühe und darauf aufbauende Entwicklungen bei Stern & Hafferl (StH)

Bereits Mitte der 1980er Jahre wurde bei StH die Umstellung des Zugmeldeverfahrens von drahtgebundenen auf funkbasierte Technologien forciert, wobei die vollständige Zerstörung der Bahntelefonleitungen durch Eisregen im Jahr 1987 auf einer Strecke unmittelbarer Anlass für die

beschleunigte Einführung von Zugfunk im 2m-Band war. 1990 wurde auf der mit mehr als 100 Zugfahrten pro Tag stark belasteten Linzer Lokalbahn, einer 60 km langen eingleisigen Strecke mit drei Streckenästen und drei Gemeinschaftsbahnhöfen mit den ÖBB, ein für damalige Verhältnisse auf Nebenbahnen innovatives und gleichzeitig kostengünstiges Funk-Zugleitsystem im 70 cm-Band gemeinsam mit der Firma AEG entwickelt. Zusammen mit der Dienstvorschrift V3 StH bildete es die grundlegende Vorstufe der späteren rechnergestützten Zugleitsystemen ZLS StH, ZLS Stubaitalbahn und RZL der Pinzgauer Lokalbahn. [6]

ZugNr.	Betriebsstelle	Meldung	An Zeit	Bearb. Z.	Code
99951	Eferding	Fahrfrage	18:27:25	18:28:22	D
8851	Neumarkt-Kallham	angekommen	18:27:45	18:27:21	D
8813	Strophan-Schöbering	Fahrfrage	18:33:57	18:34:18	D
8813	Eferding	angekommen	18:52:13	18:52:24	D
8852	Niederspaching	angekommen	18:54:25	18:54:42	D
8881	Peuerbach	angekommen	11:01:53	11:02:18	D
8818	Eferding	Fahrfrage	11:11:44	11:12:01	D
8815	Linz Lb	Fahrfrage	11:13:07	11:13:24	D
99951	Waizenkirchen	Fahrfrage	11:14:46	11:15:19	D
8882	Niederspaching	angekommen	11:14:28	11:14:42	D
99951	Niederspaching	angekommen	11:24:24	11:26:21	D
8853	Neumarkt-Kallham	angekommen	11:29:36	11:29:53	D
99951	Waizenkirchen	verlassen	11:35:23	11:35:36	D
8818	Kirschberg-Thürnaau	Kreuzung vollzogen, Fa	11:38:44	11:38:58	D
8815	Kirschberg-Thürnaau	Kreuzung vollzogen, Fa	11:38:27	11:38:40	D
8854	Niederspaching	Fahrfrage	11:50:32	11:50:46	D
8854	Waizenkirchen	angekommen	11:55:11	11:55:27	D
8818	Linz Lb	angekommen	11:58:15	11:58:38	D
8815	Eferding	angekommen	11:59:14	11:59:31	D
8828	Eferding	Gesprächswunsch	12:05:05	08:08:00	

Drücken Sie **F1** für eine Liste der möglichen Kommandos
 F1_D_Beg. F2_D_Reise F3_Quitt F5_Zug-N F6_HG-R F7_HG-R F8_BH-R F9_Züge F10_SR



Abbildung 9: Klartextanzeige der aus dem 8-Ton-Telegramm übersetzten Zuglaufmeldungen mit Ortsangabe und Zeitmarke für den Fdl (Foto: Otfried Knoll, 1992)

Abbildung 10: Anordnung in der Fahrdienstleitung Eferding. (Foto: Otfried Knoll, 2012)

Anders als bei den damals üblichen reinen Sprechfunklösungen wurden bei diesem System zusätzlich zur Zug-/Nebenfahrtnummer codierte Orts- und Statusinformationen als 8-stelliges Tonruftelegramm zur Zentrale Eferding gesendet. Zur Streckenausleuchtung wurden zwei Relaisstationen errichtet. Allen Betriebsstellen einschließlich Anschlussbahnen und Haltestellen wurden zweistellige Ortscodes zugewiesen und diese in einem digitalen Streckenatlas verortet. Für die Zuglaufmeldungen (Fahrfrage Fa, Ankunfts meldung An, Verlassensmeldung Vm, Kreuzungsmeldung mit Fahrfrage XF, Grenzfreimeldung Gr, Grundstellungsmeldung GF, usw.) wurden hingegen einstellige Codes definiert. Der Triebfahrzeugführer hatte beim Erreichen des entsprechenden Punktes gemäß Buchfahrplan oder Befehl den Orts- und Meldungscode am Bediengerät einzugeben und abzuschicken. Die Zuglaufmeldung, bestehend aus fünfstelliger Zugnummer, zweistelligem Ortscode der Betriebsstelle und einstelligem Meldungscode wurde in der zentralen Fahrdienstleitung decodiert und über einen Telegrammumsetzer via PC als vorab definierter Meldungstext auf einem Bildschirm (bei Bedarf als Ausdruck) dargestellt, z. B. „76975 Waizenkirchen Kreuzung vollzogen, Fahrfrage“. Die Fahrerlaubnis und weitere Aufträge wurden dem Tzfz über Funk mündlich erteilt und dieser hatte sie in entsprechende Drucksorten einzutragen. Alle ein- und ausgehenden Meldungen und Gespräche wurden protokolliert bzw. mit Sprachspeicher aufgezeichnet.

Der Fahrdienstleiter führte das übliche grafische Zugleitblatt und hatte auf einem grafischen Streckenspiegel mittels Magnetsymbolen verschiedene Informationen (Arbeiterrotten, besetzte Gleise usw.) festzuhalten. Er konnte nun bei mehreren gleichzeitig einlangenden Meldungen seine Dispositionen nach Prioritäten treffen, indem er am Bildschirm aus der Liste der eingegangenen Meldungen mittels Maus den Zug mit der höchsten Priorität auswählte und ihm die weiteren Aufträge

erteilt. Seine Handlungen wurden dadurch erleichtert und verkürzt. Damit war das damals vorrangige Ziel erreicht, bei steigender Zugdichte (im Frühverkehr Taktfolgen bis 7 Minuten) routinemäßige Betriebsabläufe zu beschleunigen, teilweise zu automatisieren, technisch zu dokumentieren und damit Fehlhandlungen zu minimieren. Das System hat sich bewährt und ist nach wie vor als Rückfallebene für das folgend beschriebene ZLS-System der ersten Stufe in Betrieb. [6]

Mehrere schwere Zugkollisionen auf Zugleitstrecken bei anderen Bahnunternehmen führten bei StH auch ohne Anlassfall zur Entscheidung, dass trotz eindeutiger Bewährung dieses PC-gestützten Zugleitsystems eine höhere Sicherheitsstufe, die menschliches Versagen weitgehend ausschließt, anzustreben ist. In Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Wels wurde ein Projekt gestartet, um mit vertretbaren Investitions- und Umbaukosten die Sicherheit weiter zu erhöhen und die Betriebsabwicklung nochmals zu erleichtern. Dazu wurden folgende technische und betriebliche Ansätze entwickelt [5],[7],[11]:

- Abbildung der bewährten Betriebsweise Zugleitbetrieb gemäß DV V3 StH 1991 ohne ortsfeste Signale auf ein System mit erweiterter Computerunterstützung der Bedienhandlungen, wobei ein technisches System die ständige Kommunikation eines Zentralrechners in der Fahrdienstleitung mit den Fahrzeugeinrichtungen erzwingt
- Aufbau eines Datenfunksystems zwischen Fahrdienstleitung und allen Triebfahrzeugen
- Ausrüstung der Triebfahrzeuge mit einem Bordrechner zur Zugortung, Datenkommunikation, Visualisierung aller Aufträge auf einem DMI, automatische Ansteuerung des Bremseingriffes (Kollisionsschutz, Verhinderung unerlaubter Fahrten)
- Ortung der Züge durch differenzielles GPS (dGPS) und Wegmessung (Odometer), zunächst noch bei Verzicht auf gleisselektive Ortung in Bahnhöfen
- Erweiterter digitaler Streckenatlas mit allen relevanten Betriebspunkten bzw. - Streckenabschnitten
- Konzeption einer benutzerfreundlichen Bedienoberfläche auf Basis des Windows-Standards für die Fahrdienstleitung sowie einer rein textorientierten Oberfläche für das Bediengerät der Triebfahrzeuge
- Nachbildung der PZB-Funktionalität am Tfz für die technische Überwachung von Fahrerlaubnisgrenzen
- Darstellung von Streckenbelegung und Betriebszuständen in elektronischen Streckengrafiken und Bildfahrplänen
- aus Kostengründen Verzicht auf Hardware-Redundanz.

Das derart erweiterte System ZLS StH der ersten Stufe (Vollbetrieb ab 2006) wurde nicht als Sicherungssystem im klassischen Sinn konzipiert, sondern das Betriebsverfahren Zugleitbetrieb sollte im Wesentlichen unverändert bleiben. Jedoch wurden die zuvor als Tonruf bzw. verbal abgesetzten Zuglaufmeldungen neu als digitale Datentelegramme verschickt. Auf dem Bediengerät (DMI) am Führerstand jedes Fahrzeuges werden Fahrerlaubnisgrenzen, Zielgleisbezeichnungen, Befehle und notwendige Informationen im Klartext angezeigt und sind vom Tzfz zu quittieren. In der Fahrdienstleitung erfolgt eine Visualisierung der Fahrerlaubnisse, Streckenbelegungen usw. sowohl auf elektronischen Gleisbelegungsplänen als auch im elektronischen Zugleitblatt (Grafikon). Betriebliche Sonderfälle wie z.B. Arbeiterrotten, Gleis besetzt, La-Angaben usw. werden bei der Erteilung der Fahrerlaubnis mitgesendet und auf dem DMI im Tfz angezeigt. Alle Aktionen werden rechnergestützt auf Plausibilität überwacht und teilweise automatisiert. Fehler wie unvollständige

oder verstümmelte Textteile usw. sind für den Bediener durch entsprechende Fehlermeldungen erkennbar. Zusätzlich zu den Zuglaufmeldungen werden von den Fahrzeugen in Intervallen von ca. 10 Sek. Positionstelegramme und von der Zentrale generierte dGPS Korrekturdaten (Intervall ca. 30 Sek.) über Datenfunk gesendet. Hierzu wurde ein jeweils streckenspezifisches paketorientiertes Datenfunksystem mit der je nach Topografie notwendigen Anzahl von Repeatern aufgebaut. Bei Ausfall des ZLS-Funksystems oder einer systemrelevanten Komponente erfolgt der Austausch der Zuglaufmeldungen über das bewährte Tonruf-Zugleitsystem.



Abbildung 11: DMI des ZLS StH mit Eingabetasten und Klartextanzeige der Zuglaufmeldungen sowie zusätzlichen Aufträgen für den Tzfz auf der vernetzten Strecke Lambach – Vorchdorf. (Foto: Otfried Knoll)



Abbildung 12: Integration des ZLS-DMI im Führerstand: In Bildmitte der elektronische Buchfahrplan, rechts das DMI mit den PZB-ähnlichen Funktionstasten, ganz rechts die Zugfunkeinrichtung. (Foto: Otfried Knoll)

Das ZLS StH der ersten Generation war nicht redundant und somit nicht signaltechnisch sicher aufgebaut, es ist auch kein vollautomatisches System. Der Bediener sorgt für die Richtigkeit der Eingaben. Das System überwacht jedoch insbesondere, dass in einen Streckenabschnitt hinein nie zwei Fahrerlaubnisse gleichzeitig erteilt werden können (außer in bei Baustellen gesperrte Abschnitte). Die Einhaltung der Fahrerlaubnisgrenze durch den Tzfz wird mit einer der PZB nachempfundenen Funktionalität überwacht (Wachsamkeitstaste, Befehls- und Freitaste, bei Nichtbeachtung Eingriff in die Fahrzeugsteuerung bis zur Notbremsung). Liegt keine gültige Fahrerlaubnis für den Zug oder keine Verschieberlaubnis vor, wird eine Zwangsbremsung ausgelöst. Auch der Fdl kann bei jedem Zug im Gefahrenfall einen Nothalt auslösen. Durch einen von der übrigen Software getrennt arbeitenden Kollisionsschutz, der die Entfernung gegenläufiger Fahrten überwacht und eine Notbremsung auslöst, wenn sich zwei Züge zwischen zwei Bahnhöfen auf weniger als 1600 m nähern, wird auch bei Dienstruhe des Fdl die Sicherheit weiter erhöht. Damit kann in Schwachlastzeiten, z. B. bei nächtlichen Schneesäumfahrten, ein Betrieb ohne besetzte Fahrdienstleitung stattfinden, es erfolgt dann eine automatische Bestätigung der Anmeldung beim Zentralrechner und eine Überwachung der Weichenendlagen.

In der Zentrale werden hochwertige, aber handelsübliche Server mit entsprechenden Sicherungsmechanismen und der für die Ansteuerung notwendigen Peripherie verwendet. Das System besteht aus einem aktiven und einem Hot-Standby-Server mit Datenbank und gemeinsamem Speicher. Am Zentralrechner werden die zentralen Funktionen der Zugsicherung, der Visualisierung und der Protokollierung übernommen, alle von den Zügen eintreffenden Meldungen werden in Verbindung mit dem digitalen Streckenatlas auf Plausibilität geprüft und verwaltet. In der ersten Stufe wurde die Genauigkeit der GPS-Ortung durch in der Zentrale generierte Korrekturdateninformationen, die über das Datenfunksystem an alle Fahrzeuge übermittelt werden, verbessert. Die Zuverlässigkeit der

Eigenortung der Fahrzeuge auf Basis von GPS und richtungssensitiven Wegimpulsgebern (Odometer) wurde durch diese Maßnahme mit ausreichender Genauigkeit unterstützt. Die später erfolgte Ergänzung mittels Gleisbalisen wird weiter unten beschrieben.

Je nach Länge und Komplexität der Strecken sind diese bei StH zu Teilnetzen zusammengefasst. Der Arbeitsplatz der jeweiligen zentralen Fahrdienstleitung ist mit mehreren Bildschirmen als Bedienoberfläche ausgestattet. Es wird jeweils die gesamte Strecke mit den Kreuzungsbahnhöfen, allen Haupt- und Nebengleisen sowie allen definierten Streckenabschnitten schematisch dargestellt. Durch die kontinuierliche Ortung der aktuell angemeldeten Züge erfolgt eine Visualisierung der Strecken- und Gleisbelegungen auf der Streckendarstellung. Zusätzlich wird eine ständig fortgeschaltete Zeit/Weg-Grafik am elektronischen Zugleitblatt (maßstäblicher Bildfahrplan mit Fahrerlaubnis- und Streckenbelegungsdarstellung) erzeugt und dem geplanten Zeit/Weg-Verlauf aus dem Fahrplan gegenübergestellt. Die Sollfahrplandaten werden aus dem Jahresfahrplan importiert, der mit einem externen Fahrplanbearbeitungsprogramm (Fbs) erstellt wird, die Ist-Daten werden aus den Positionsmeldungen der Züge, bei Verschiebewegungen von den angemeldeten Fahrzeugen generiert und in der Datenbank gespeichert. Damit erfolgt auch eine statistische Auswertung über die Pünktlichkeit der Züge und der Export zu den dynamischen Fahrgastinformationssystemen an den Haltestellen. Die Bedienhandlungen, Ereignisse und Telegramme einschließlich des gesamten Datenverkehrs werden am Zentralrechner protokolliert und abgelegt. Auch die meisten Störungs- oder Fehlermeldungen, die von den Bordrechnern der Züge generiert werden, können dort erfasst und protokolliert bzw. nach Bedarf ausgewertet werden.

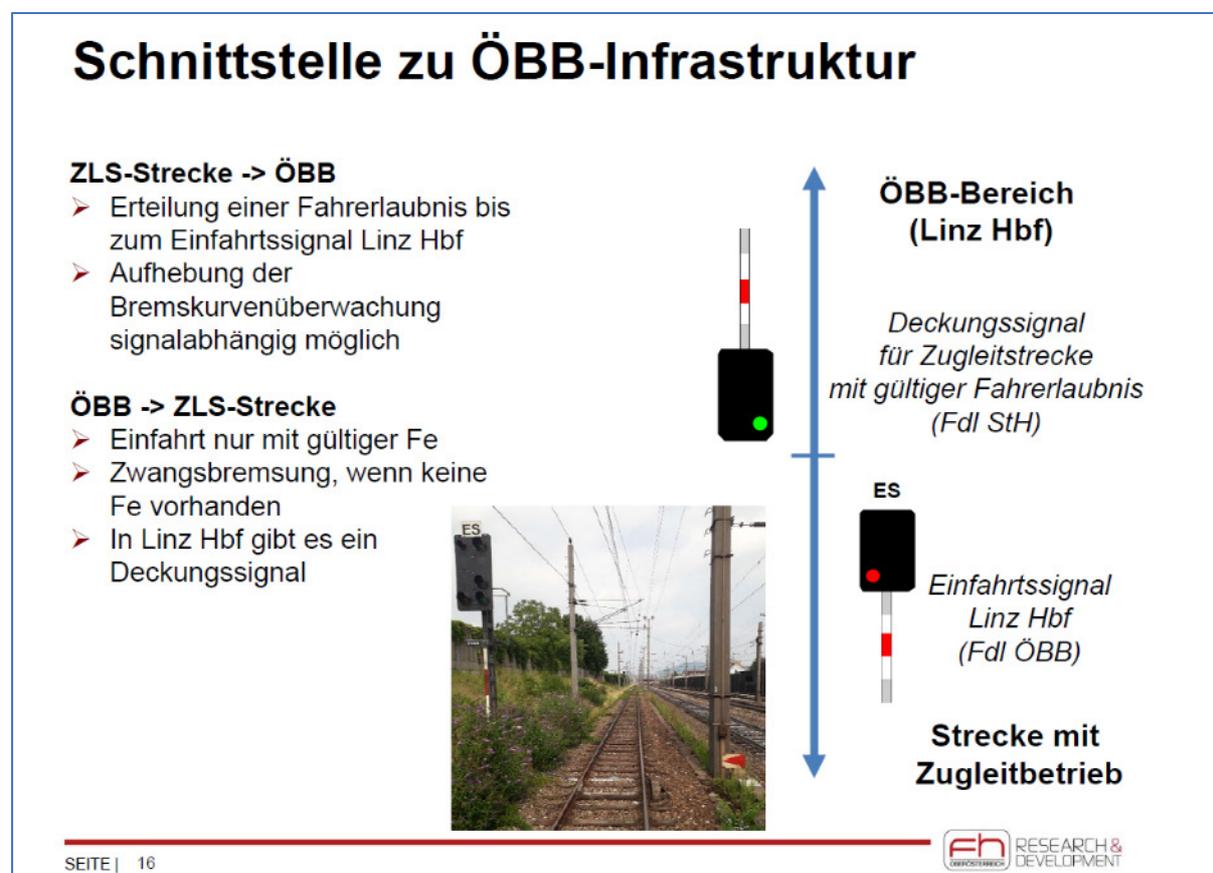


Abbildung 13: Signalgedeckte Schnittstelle ZLS StH – V3-Betrieb vor der Einfahrt Linz Hbf. Quelle: FH Wels

Am Bordrechner werden ausgewählte Bedienhandlungen des Triebfahrzeugführers ebenfalls protokolliert, regelmäßige Statusmeldungen der Fahrzeugrechner sorgen für eine quasi-lückenlose Überwachung der Züge und des Funkkanals, verlorene und vertauschte Telegramme werden erkannt. Die von den Messsystemen gelieferten Daten werden mit den Daten aus dem Streckenatlas verknüpft, sodass als Endergebnis der Ortung eine Positionsangabe in streckenspezifischen Koordinaten vorliegt.

Das ZLS StH wurde sowohl auf interoperablen Strecken (Linzer Lokalbahn und Lokalbahn Lambach – Vorchdorf) als auch auf Schmalspurstrecken (Traunseetram und Atterseebahn) implementiert. Mit der vollständigen Einbindung der Linzer Lokalbahn in den Linzer Hauptbahnhof im Jahr 2005 wurde an der Betriebsgrenze StH-ÖBB die Einfahrt in den Hauptbahnhof bzw. aus dem Bahnhofsbereich in die Zugleitstrecke Richtung Eferding durch mit PZB ausgestattete Hauptsignale gesichert. Hierfür wurde eine technische Schnittstelle zwischen der ÖBB-Stellwerkstechnik und dem ZLS StH eingerichtet (siehe Grafik). Genauso, jedoch ohne ZLS-Schnittstelle erfolgte bis 2009 die Sicherung der Ein- bzw. Ausfahrt der Lokalbahnzüge von/nach Haag am Hausruck in die Westbahnstrecke bei Neukirchen bei Lambach. Die dort eingesetzten Zweisystemfahrzeuge waren mit PZB ausgerüstet, jene der Linzer Lokalbahn tragen sowohl die konventionelle PZB-Ausrüstung als auch das ZLS StH.

Mit einer tragbaren Bordrechnereinheit können Fremdfahrzeuge, Baufahrzeuge oder im Einzelfall nicht ausgerüstete Nostalgiefahrzeuge ebenfalls eingesetzt werden, einzige Voraussetzung ist ein 24-V-Anschluss am Fahrzeug. Ein Eingriff in die Bremssteuerung des Fahrzeugs und eine Ortung mit Wegimpulsgebern erfolgt bei diesen mobilen Systemen jedoch nicht.

Stellwerksfunktionen

Zugleitsystem erlaubt die Integration von Stellwerksfunktionen in einzelnen speziellen Bahnhöfen

Verwendung derzeit in folgenden Bahnhöfen

- Niederspaching (Linzer Lokalbahn)
- Tischlerhäusl und Zell am See (Pinzgauer Lokalbahn)

Eigenschaften

- Automatische Fahrstraßeneinstellung im Rahmen der Erteilung einer Fahrerlaubnis
- Manuelles Stellen der Weichen durch den FdI möglich
- Automatische Freigabe der Ortsbedienungen bei Vershuberlaubnissen

Betriebliche Abwicklungen

Vershub

- Erteilung einer Vershuberlaubnis an ein oder mehrere Tfz in einer Betriebsstelle
- Fahren auf Sicht unter Verantwortung des Vershubleiters
- Gleisbelegung durch Tfz beim FdI sichtbar, fernmündliche Meldung von mit Wagen belegten Gleisen
- Zwangsbremmung beim Überfahren der Vershubhalttafel
- Vershubfahrstraßen bei elektrisch ferngesteuerten Weichen möglich
- Alternativ – Weichenbedienungen vor Ort

Im Gegensatz zu ETCS bleibt der Zug im System angemeldet!

Abbildung 14: Stellwerksfunktion und Vershubabwicklung im ZLS StH. Quelle: FH Wels

In Bahnhöfen mit Rückfallweichen und/oder elektrisch angetriebenen Weichen ist die Zungen-Endlagenüberwachung in die Fahrerlaubnis integriert. Zusammen mit der Fahrerlaubnis wird damit auch die jeweilige Zug-Fahrstraße eingestellt und überwacht.

Der unbesetzte, bis dahin mit drei Rückfallweichen ausgestattete Abzweighbahnhof Niederspaching der Linzer Lokalbahn wurde im Jahr 2013 mit drei elektrisch angetriebenen Weichen ausgerüstet, welche mittels Einzelweichensteuerung in der standardisierten 4-Draht-Schaltung von Siemens gestellt und überwacht werden. Als Gleisfreimeldeeinrichtung wird das System ACS2000 mit dem Radsensor RSR 180 eingesetzt. Die Weichenstellung erfolgt einerseits ferngesteuert über LWL von der Zentrale Eferding und andererseits mittels Ortsbedienungen (Stellpult und Schlagschalter, Relaischaltung mit Signalrelais). Alle Zustände werden über zwei Kanäle jeweils antivalent übertragen. Bei der

Umschaltung in den Ortsbetrieb wird geprüft, ob keine Fahrerlaubnis über die Weichen erteilt ist. Die entsprechende Rückmeldung von Orts- bzw. Fernsteuerbetrieb wird an den Zugleitbetriebsrechner gesendet. Es wurde der Nachweis erbracht, dass die Weichensteuerung im Bereich des Bahnhofes Niederspaching im Hinblick auf die Auswertung und Rückmeldung der zentralen Steuerung des Zugleitbetriebes als signaltechnisch sicher ausgeführt wurde. [8]

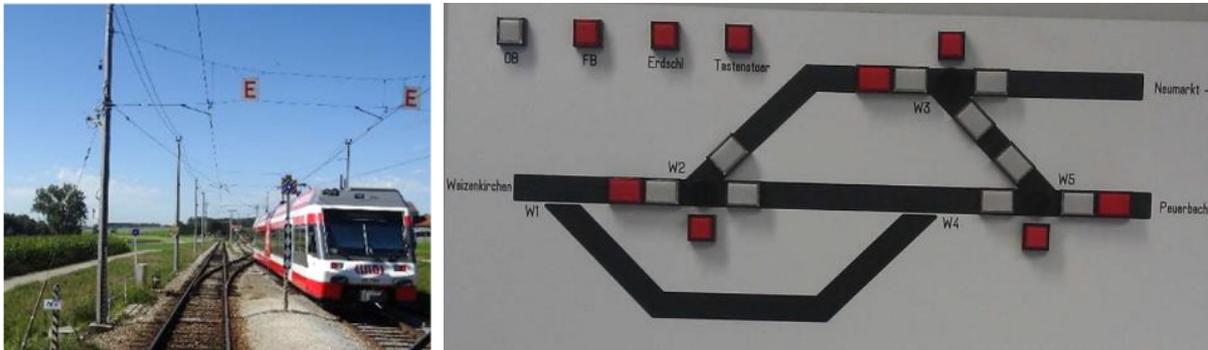


Abbildung 15: Abzweigbahnhof Niederspaching mit elektrischen Weichen und Ortsbedienpult. Fotos: Otfried Knoll, Siemens

Im Zuge des Zusammenschlusses von Traunseebahn und Gmundner Straßenbahn zur Traunseetram im Jahr 2018 wurde das ZLS StH auf allen von StH betriebenen Strecken mit passiven Gleisbalisen ergänzt. Dadurch wurde die Folgezug- und Gegenfahrtsicherung bei vollständigem Verzicht auf ortsfeste Signale (außer an Weichen) auch auf die Straßenbahnstrecke in Gmunden ausgedehnt. Durch die Gleisbalisen wurde nun die gleisselektive Zugortung nicht nur in Bahnhöfen und eingleisigen Streckenabschnitten, sondern auch im zweigleisigen Innenstadtbereich von Gmunden möglich. Die Balisen sind an den Standorten der Trapeztafeln, Weichenenden, Grenzmarken, Verschubhalttafeln und sonstigen betriebswichtigen Punkten angeordnet. Der FdL kann die Fahrten nun auch bei Verschiebewegungen innerhalb einer Betriebsstelle genau verfolgen. Unerlaubtes Überfahren von Weichengrenzen oder Verschiebewegungen führt auch beim Verschiebung zu einer Zwangsbremung.

Ab 2017 wurde auf den von StH betriebenen Strecken (und etwa zeitgleich auf der Pinzgauer Lokalbahn und der Mariazellerbahn) begonnen, EK-Sicherungsanlagen in das ZLS bzw. RZL zu integrieren. Das Fahrzeuggerät aktiviert bei Annäherung an die EK über Datenfunk die EK-Sicherungsanlage und diese meldet ihren Zustand (EK gesichert/ nicht gesichert) an das Fahrzeug zurück. Die im Fahrzeugrechner hinterlegte Bremskurve bleibt so lang aktiv, bis die von der EK-Sicherungsanlage abgegebene Meldung „EK gesichert“ am Fahrzeug ausgewertet wurde. Bleibt diese Meldung aus, erfolgt rechtzeitig vor der gestörten EK eine Zwangsbremung entsprechend der hinterlegten Bremskurve. Der Tzfz kann somit ein EK-Überwachungssignal nicht irrtümlich übersehen. Auf Bremswegdistanz aufgestellte EKÜ-Signale und Schaltmittel samt Verkabelungsaufwand entfallen. Siehe hierzu auch die Abbildungen bei den folgenden Beschreibungen des RZL-Systems der Pinzgauer Lokalbahn und des RTMS-Systems der Mariazellerbahn. [9] [10]

2.4.5.2 Pinzgauer Lokalbahn (PLB)

Aufgrund einer folgenschweren Zugskollision im Jahr 2005 war es bereits bei der Übernahme der Pinzgauer Lokalbahn durch das Land Salzburg ein Ziel, die Strecke mit einer modernen, aber den örtlichen Verhältnissen am besten entsprechenden Zugsicherung auszustatten. Hierzu wurde das von Stern & Hafferl eingesetzte ZLS-System durch die Firma Siemens in Kooperation mit der FH Wels weiterentwickelt. Es wurde auf der Pinzgauer Lokalbahn als RZL – mittlerweile als Produkt Trainguard

STC - bezeichnet, im Jahr 2012 in Betrieb genommen und als SIL-2 Sicherheitssystem zertifiziert. Zur gleiselektiven und insgesamt verbesserten Zugortung wurden als Neuerung passive Balisen im Gleis eingebaut. Eine weitere Neuerung war die Einführung von Bahnhofsrechnern, die die Weichenschlüssel in einem elektrischen Festleges Schloss sichern sowie weitere Überwachungs- und Steuerungsaufgaben in den Stationen (auch nicht sicherungstechnische, wie das Schalten der Beleuchtung oder der Weichenheizungen) übernehmen. Die Kommunikation zur Zentrale erfolgt in allen Fällen über Datenfunk. Durch die automatisierte Freigabe der Weichenschlüssel und die Überwachung der Verschiebungsgrenzen wird die Sicherheit bei der Verschiebung sowie bei Vorfahren und Zugkreuzungen erhöht. Die Balisen sind an den Standorten der Trapeztafeln, Verschiebungstafeln, Zlm-Tafeln und an den jeweiligen Gleisanfängen sowie Weichengrenzen angeordnet. Eine erteilte Fahrerlaubnis reicht bis zur Zlm-Tafel (entspricht Fahrwegende) der zugeordneten Betriebsstelle. Zunächst war zwischen den Bahnhöfen Tischlerhäusl und Zell am See LB die bestehende Stellwerksanlage und damit der signalmäßige Betrieb beibehalten worden, weil ein Umbau des Bahnhofes aufgrund der bestehenden Verknüpfung (Dreischienengleis mit ÖBB) damals noch zu aufwändig gewesen wäre. Für den Übergang vom Signalbetrieb zum RZL-Betrieb wurde eine technisch gesicherte Schnittstelle eingerichtet, die die Funktionalitäten „Fahrerlaubnis“ und „Fahrstraßen“ im Bereich der Ein- und Ausfahrtsignale im Bahnhof Tischlerhäusl verknüpft hatte.⁵



Abbildung 16: Balise und Achszähler im Gleis, Lesegerät am Tfz, Taster für Zugbeeinflussung mit PZB-Funktionalität. Fotos Otfried Knoll, Walter Stramitzer

Hauptkomponente der PLB-Fahrzeugausrüstung ist ein robuster Industrie-PC, der über das fahrzeuginterne Funkmodem Daten mit den zentralen Einrichtungen gemäß des Standards EN 50159 austauscht. Die Fahrzeugeigenortung erfolgt durch Wegimpulsgeber an einer (sofern vorhanden) nicht-angetriebenen Achse sowie GPS-Empfänger und Balisenleser für die an den relevanten Standorten installierten Fixtelegrammbalisen. Die Überwachung der Fahrerlaubnisse mittels Balisen funktioniert auch bei ausgefallenem GPS-System. Zur Bestimmung des befahrenen Gleises (Gleiselektivität) wird ausschließlich die Ortung über das Balisensystem verwendet.

Falls mittels dGPS und Odometer ein Überfahren des Endes der Fahrerlaubnis detektiert wird, erfolgt eine Zwangsbremmung des Fahrzeuges, ebenso bei Überfahren der entsprechenden Balise am Fahrerlaubnis-Ende. Die Ortungsmessungen und die Bestimmung des aktuellen Streckenkilometers werden durch einen auf dem Bordrechner hinterlegten digitalen Streckenatlas abgeglichen, in dem die Id und die Standorte aller Balisen hinterlegt sind. Bei Erteilung der Fahrerlaubnis (Fe) in der Zentrale werden das Zielgleis, die dazugehörige Fe-Ende-Balise sowie eine Liste von Ausschlussbalisen (z. B.

⁵ Seit Jänner 2018 sind die beiden Bahnhöfe Tih und Zlb mit einer Weichensteuerung ähnlich Niederspaching ausgerüstet (GFM Frauscher FAdCi statt ACS2000), die das damalige 5007er-Stellwerk ersetzte. Im Dezember 2020 wurde die Anlage um 2 E-Weichen auf insgesamt 6 Weichen erweitert und die letzte Gleisverbindung zur ÖBB (Zell am See W1/W2) entfernt.

Einfahrtsbalisen auf ein Gleis, das nicht dem Zielgleis entspricht) mitübertragen. Auch bei der PLB werden bei der Erteilung der Fahrerlaubnis alle überwachten Rückfallweichen auf korrekte Endlage geprüft. Wird ein falsches Zielgleis befahren, so wird bei Passieren der Einfahrtsbalise eine Zwangsbremung ausgelöst. Die Erkennung der Balisen erfolgt durch Auswertung des Streckenatlas im Fahrzeug, die Ortung von Sonderfahrzeugen (z. B. Fahrzeuge, die ohne Wegimpulsgeber oder Balisenleser ausgerüstet sind) auf Basis von dGPS. Ohne Balisenleser und Odometer dürfen nur spezielle Bau-Sonderfahrzeugen verkehren, weil diesfalls die Möglichkeit der gleisselektiven Ortung fehlt. Alle planmäßig verkehrenden Fahrzeuge (inkl. Dampflokomotiven) haben zumindest dGPS-Ausrüstung und Balisenleser.

Am Ende des Gültigkeitsbereiches jeder Fahrerlaubnis wird mittels dreier virtueller Baken ein Überwachungsmechanismus realisiert, der das Überfahren eines Haltepunktes verhindert. Diese Baken sind im digitalen Streckenatlas hinterlegt und können den Standorten der Fixtelegrammbalisen zugeteilt werden. In der folgenden Abbildung ist symbolisch der Aufbau eines Kreuzungsbahnhofes mit Rückfallweichen, Baken und Balisen dargestellt.

In der Zentrale werden Fahrerlaubnisse im Bildfahrplan und in der Streckendarstellung farblich richtungsabhängig und in Echtzeit „wandernd“ angezeigt. Die verschiedenen Zustände des Zugleitbetriebes (Gleisbelegungen, Schlüsselfreigaben, Verschieberlaubnis usw.) werden im Streckenschema dargestellt. Die Ausleuchtung der Fahrerlaubnisse in der Streckendarstellung erfolgt in Abhängigkeit vom jeweiligen Zielgleis entsprechend den befahrenen Gleisen der Planfahrstraße.

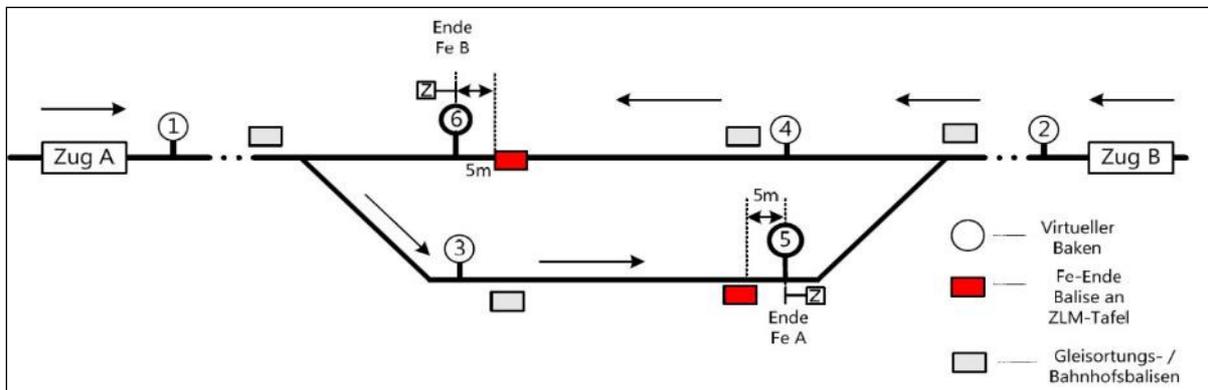


Abbildung 17: Kreuzungsbahnhof mit Rückfallweichen, Baken und Balisen. Grafik: FH Wels, Siemens, PLB



Abbildung 18: Überwachung des Gültigkeitsbereiches der Fahrerlaubnis. Grafiken: FH Wels, Siemens, PLB

Am Bediengerät der Fahrzeuge werden angezeigt:⁶

- Datum, Uhrzeit, Streckenkilometer, Zugnummer, Zugdaten
- Ort und Zielgleis der erteilten Fahrerlaubnis und die dort erforderliche Zuglaufmeldung (Fa, TF, XF, An, Gr, An + Va, VaS, usw.) werden im Klartext angezeigt
- Weitere Aufträge können als Text angezeigt werden: Verlassensmeldung, Fahren auf Sicht, Vmax, Sperrschranken offen, Langsamfahrabschnitte, usw.
- Eingehende Meldungen (Erhalt einer Fahrerlaubnis und Kollisionswarnung) werden durch ein akustisches Signal betont.

Die Telegramme für die Zuglaufmeldungen Fa, An, Vm, Gr, XF, TF, GF, Gm, Va oder Notruf werden durch Betätigen der entsprechenden Taste am DMI abgesendet. Die Meldungen GF, Gr und Gm gelten als Verschiebende-Meldungen.

Bei Ausfall des RZL, einem längeren Ausfall des GPS-Systems bzw. einer Störung der Positionserfassung dient die vollständige Ausrüstung der Strecke mit den ortsfesten Signaltafeln „Kreuztafel“, „Trapeztafel“ und „Zuglaufmeldestelle“ in Verbindung mit der Abgabe von Zuglaufmeldungen über Sprechfunk als Rückfallebene. Die zur Anordnung/Verbuchung der dazugehörigen Meldungen erforderlichen Drucksorten werden auf den Triebfahrzeugen immer mitgeführt, alle korrespondierenden betrieblichen Regelungen sind funktionell dem RZL-Betrieb gleich gestaltet.⁷

Anfang 2021 haben sich auch die Steiermärkischen Landesbahnen nach einer europaweiten Ausschreibung für die Ausrüstung der Murtalbahn mit dem von Siemens vertriebenen Trainguard STC entschieden.

2.4.5.3 Pionierarbeit auch in Tirol

Ausgelöst durch einen folgenschweren Unfall nach Überfahren des Kreuzungsbahnhofes wurde der Stubaitalbahn im Jahr 1995 die behördliche Auflage zur Implementierung eines technisch überwachten Zugleit- und Zugsicherungssystems erteilt. Ziel war, das bis dahin rein sprachgeführte Zugleitverfahren der IVB zu ersetzen. Unter der Bezeichnung Funkfahrbetrieb ging bereits 1996 die erste Stufe dieses von den Firmen AEG und RTS umgesetzten Systems in Betrieb. Die Strecke wurde in Blockabschnitte und Bahnhöfe unterteilt. Allen Betriebsstellen, Haltestellen und Anschlussgleisen wurden in Analogie zur Ausführung bei Stern & Hafferl zweistellige Ortscodes zugewiesen und diese in einem digitalen Streckenatlas in der Zentrale verortet. An den relevanten Betriebspunkten wurden in den Schwellenfächern stehende Balisen im Gleis eingebaut, an den Triebwagen wurden Balisenleseantennen montiert und eine Odometriefunktion realisiert.

⁶ Identisch beim ZLS StH, Abkürzungen sind dort beschrieben

⁷ Identisch beim ZLS StH

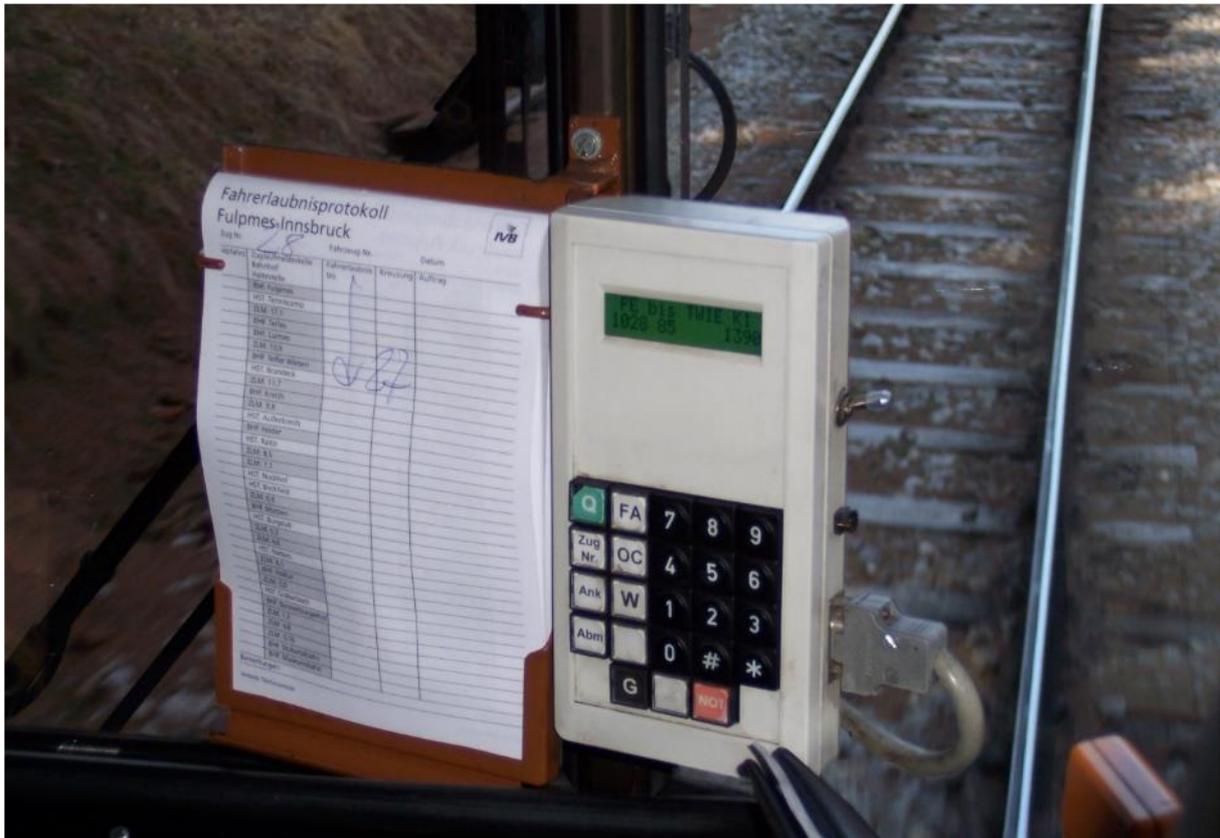


Abbildung 19: Bediengerät des ZLS 1.0 der Stubaitalbahn am Triebfahrzeug, 1997. Foto: RDCS

Ebenso wie bei Stern & Hafferl kamen eindeutige Zugnummern und Codes für die üblichen Zuglaufmeldungen zur Anwendung, daher auch die 8-Ton-Technik, jedoch im 2 m – Band ausgeführt. Es wurde ein mit 100 ms festgelegter Zeitframe am Ende jeder Sekunde benutzt, um innerhalb dieses Slots Daten vom Zug in die Zentrale (Balisen- und Odometrieinformationen) und von der Zentrale in den Zug (Fahrerlaubnisdgrenzen) zu übertragen. Der Tzfz konnte seine Fahrerlaubnis bzw. Befehle an einem Bediengerät mit zweizeiligem Display ablesen und über eine Tastatur entsprechend codierte Meldungen abgeben. Daten- und optionale Sprachübertragung zur Befehlsübermittlung waren somit gleichzeitig möglich. Jede überfahrene Balise wurde zusammen mit der Odometrie zur Positionsbestimmung benutzt, die Daten wurden über ein Funkmodem am Tzfz in die Zentrale gesendet und dort verarbeitet. Beim unerlaubten Überfahren einer Balise wurden alle auf der Strecke befindlichen Züge gewarnt, es erfolgte aber noch kein Zwangsbremseingriff.

In der Zentrale liefen zwei Unix-Alpha-Rechner als führender und geführter Rechner (ohne Mehrheitsentscheidungsfunktionen). Bereits mit dieser Lösung wurde das in Innsbruck so genannte Zuglaufbelegblatt elektronisch geführt und kontinuierlich ausgedruckt. Für das als „ZLS 1.0 rechnergestütztes Zugleit- und Sicherungssystem für die Stubaitalbahn“ bezeichnete System war die Genehmigung in 2 Phasen beim BMVIT nach Eisenbahngesetz in der damaligen Fassung zu erwirken: Für die Bauphase mit eisenbahnrechtlicher Baugenehmigung und Genehmigung im Einzelfall sowie für die eisenbahnrechtliche Betriebsbewilligung im Behördenverfahren.



Abbildung 20: DMIs der Version ZLS 3.0 für IVB und ZVB. Fotos: Otfried Knoll (2), IVB

Im Jahr 2001 wurde das System von der Firma RDCS zur Version ZLS 2.0 weiterentwickelt (nur Namensgleichheit mit dem von StH/FH Wels entwickelten ZLS StH). Wesentliche Erweiterungen waren die Einführung einer dezentralen Systemstruktur durch Verwendung von Industrie-PCs als Bordrechner auf den Triebwagen mit integriertem Streckenatlas und die Eingriffsmöglichkeit der Rechner auf die Zwangsbremse.

Durch die Beschaffung der neuen Niederflur-Triebwagengeneration ab 2005 auf der Stubaitalbahn und die gleichzeitige Ausrüstung der Zillertalbahn mit dem RDCS-System Version 3.0 wurde auch die Stubaitalbahn auf die neue Version 3.0 hochgerüstet. Diese wurde als nach SIL 2 genehmigte Zugsicherung behördlich zugelassen. [10]

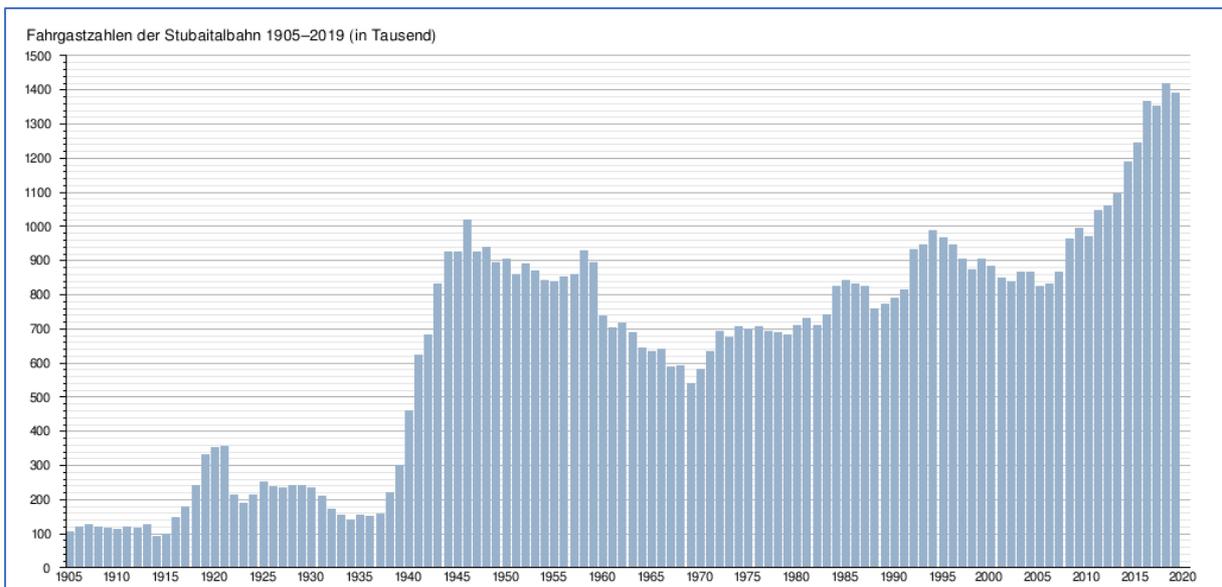


Abbildung 21: Die Grafik zeigt die Fahrgastentwicklung der Stubaitalbahn. Quelle: IVB

Mit der Durchbindung vom Stadtrand in das Stadtzentrum ab 1983 und dem Einsatz von modernen Niederflurtriebwagen (im Fahrgastbetrieb ab 2006) stellt die Stubaitalbahn unter Beweis, wie sich eine Bahn von der Einstellungskandidatin zum verkehrspolitischen Vorzeigemodell entwickeln kann. Dazu haben insbesondere die Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung im Einzugsbereich der Stadt Innsbruck und die sukzessive Ausweitung des Verkehrsangebotes auf einen Halbstundentakt beigetragen. Die Verankerung bei der örtlichen Bevölkerung, nicht zuletzt aber die dynamische technische und gestalterische Entwicklung von Anlagen und Fahrzeugen waren weitere Erfolgsfaktoren. Ähnlich erfolgreiche Beispiele in Weiz, Gmunden und Baden zeigen, dass die

umsteigefreie Verbindung von zentralen Orten auch bei wechselnden Betriebsregimes und unterschiedlichen Infrastruktureignern technisch, betrieblich und behördlich gelöst werden kann.

Ebenso hat die Zillertalbahn mit der Anschaffung neuer Wendezuggarnituren mit Niederflureinstiegen, barrierefreier Ausgestaltung der Bahnhöfe und dem abschnittswisen zweigleisigen Ausbau der Strecke für den vom Land Tirol bestellten Halbstundentakt einen markanten Aufschwung erfahren. Die gestiegenen Anforderungen an die Zugleitfahrdienstleiter (damals noch schwerer Güterverkehr) wurden durch eine Erhebung des Belastungsprofils untermauert und führten zur europaweiten Ausschreibung einer mit den komplexen Betriebsverhältnissen kompatiblen Streckensicherungstechnik unter besonderer Beachtung von Kostengesichtspunkten. Den Zuschlag erhielt die Firma RDCS und unterzog daraufhin die Version ZLS 2.0 einem kompletten Redesign. Es entstand in der Folge die SIL 2-zertifizierte Version ZLS 3.0. Diese ging 2008/2009 in den Vollbetrieb und wurde als SIL2-Anlage auch behördlich genehmigt. Die Bestandsstellwerke mit ferngesteuerten elektrisch angetriebenen Weichen wurden in das RDCS-System eingebunden.

Die wesentlichen Neuerungen können wie folgt zusammengefasst werden: [10]

- SIL-2 zertifiziertes Zugsicherungssystem
- Digitales, paketvermitteltes Funksystem im 70 cm Band (als Black-Channel) mit eigenem Funkprotokoll zur signaltechnisch sicheren Signalübertragung protokolltechnisch nach EN 50159
- Erweiterungen der Bordrechnerfunktionen um GPS/dGPS zur eigenständigen Fahrzeugortung mit digitalem Streckenatlas inklusive Balisen und Odometrie
- Eingriff fahrzeugseitig auf Zwangsbremse/Anfahrsperr/Traktionsmoment (eine Art V-Überwachung mit Abregelung bei einer gewissen Geschwindigkeit)
- Einlesen fahrzeugseitig von Grün-Schleife/Haltewunsch (wenn nicht gedrückt Durchfahrt-Info an Tzf) etc.
- Fahrgastinformationssystem über Bordrechner im Tzf
- Komplett redundanter Aufbau zentralenseitig im Hot-fail-over Server-Betrieb mit redundant abgesetzten Bedienplätzen für die Fdl
- Erweiterung um Rottenwarnsystem
- Einbindung der Bestands-Stellwerke



Abbildung 22: Dispositionsbildschirm und Zuglaufbelegblatt in der Fahrdienstleitung der Zillertalbahn. Die hellen Spalten am Zuglaufbelegblatt (rechter Bildschirm) stellen als Novum die zweigleisigen Teilstrecken dar. Quelle: RDCS

Auf der grafischen Oberfläche für den Fahrdienstleiter werden sowohl eine dispositive Übersicht als auch eine Streckendarstellung neben dem elektronischen Zuglaufbelegblatt und den Meldungslisten in Echtzeit dargestellt.

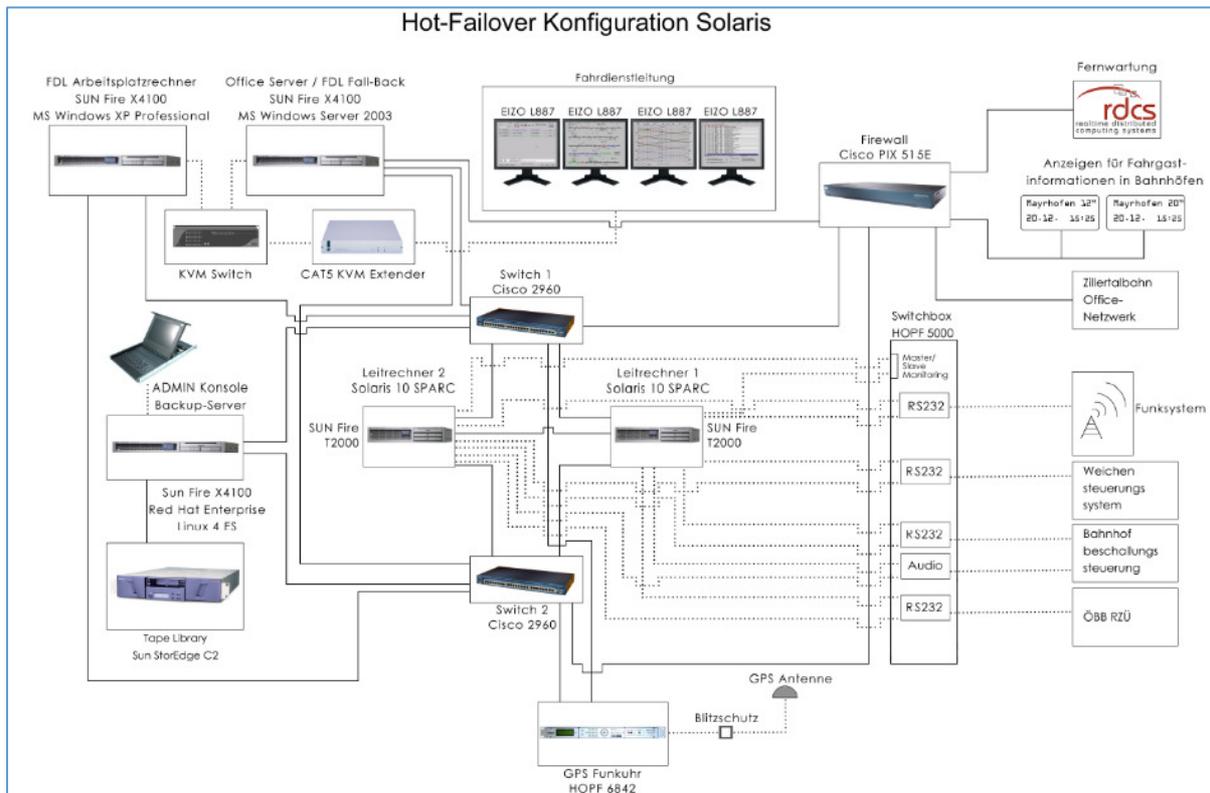


Abbildung 23: Hardware-Schema der Zentralenausüstung für die Zillertalbahnen mit dem System RDCS ZLS 3.0. Grafik: RDCS

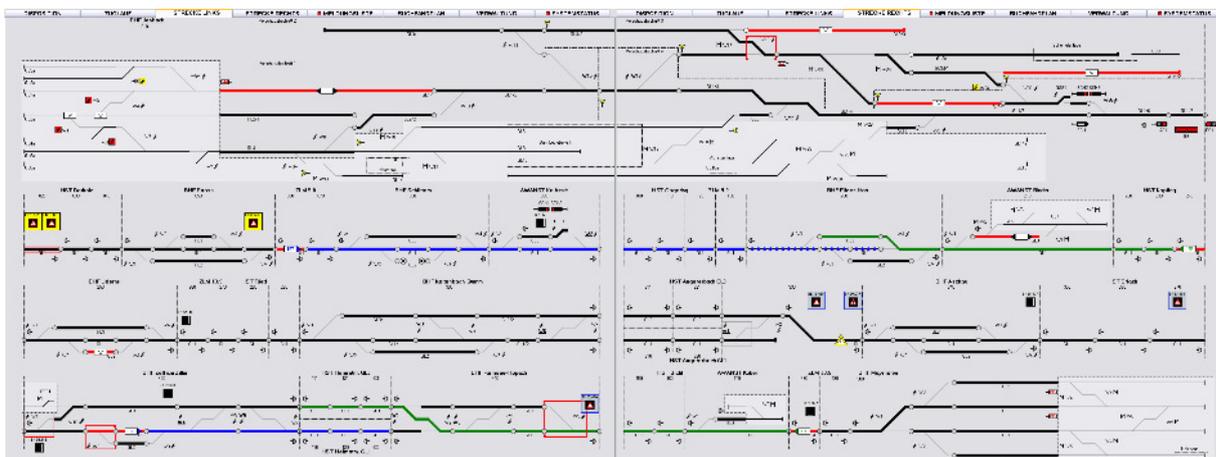


Abbildung 24: Streckenbildschirm des RDCS ZLS 3.0. Die Darstellung der Fahrerlaubnis/Fahrstraßen erfolgt richtungsbezogen in unterschiedlichen Farben (grün/blau). Quelle: RDCS

2019 wurde die Zentrale der Zillertalbahnen auf RTMS v4.10 hochgerüstet (Beschreibung im folgenden Kapitel). Die Fahrzeugausrüstung ZLS 3.0 ist bei der Zillertalbahnen dank Rückwärtskompatibilität nach wie vor im Einsatz.

2.4.5.4 Niederösterreichbahnen (NÖVOG)

Mit dem Verkauf diverser Strecken von den ÖBB an das Land Niederösterreich im Jahr 2010 war auch die Erkenntnis verbunden, dass die damals dort bestehende Art der Betriebsabwicklung keine

zeitgemäßen Verbesserungen erlaubte. Anderwärts bereits gemachte Erfahrungen mit technisch gestützten Zuglenkungssystemen zeigten auf, dass die Ausnutzung der damit gegebenen Möglichkeiten maßgeblich von den zugrundeliegenden Dienstvorschriften bestimmt wird. Zudem zwang eine behördliche Vorschreibung zur kurzfristigen Neuerstellung einer „DV NÖVOG“. Diese Aufgabe wurde extern vergeben und konnte in der Rekordzeit von vier Monaten einschließlich des eisenbahn- und arbeitnehmerschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens anstandslos erfüllt werden.

Das neue betriebliche Regelwerk musste unabhängig von dem später zum Einsatz kommenden technischen Zuglenkungssystem ermöglichen, die Betriebsabwicklung auch im noch bestehenden Anlagendesign zu beschleunigen, zu vereinfachen und die Sicherheit zu erhöhen. Es war daher notwendig, für eine technisch bedingte Übergangszeit (Marktsichtung, Ausschreibung, Beschaffung und Implementierung des neuen Zuglenkungssystems) einerseits die Anwendung des bisher gebräuchlichen Zugmeldeverfahrens auf Teilstrecken beizubehalten, jedoch unabhängig davon alle Grundsätze einer modernen Betriebsführung frühestmöglich und - wo notwendig auch zunächst nur abschnittsweise - zur Anwendung zu bringen: Ebenso waren künftige Ausbaumaßnahmen auf der 84 km langen Mariazellerbahn, insbesondere das neue Betriebszentrum Laubenbachmühle mit Remisen, Werkstätten und örtlichem Stellwerk, aber auch der bestehende Zugbildebereich St. Pölten Alpenbahnhof zu berücksichtigen.

Unter Einbeziehung von bereits vorliegenden Erfahrungen mit zeitgemäßen Betriebs- und Sicherheitsphilosophien für Regionalbahnen (NÖSBB, Stern & Hafferl, Pinzgauer Lokalbahn, Stubaitalbahn, Zillertalbahn) wurde die DV NÖVOG als vollständig integrierte Dienstvorschrift unter folgenden Prämissen vollständig neu konzipiert: [11]

- Rechnergestützter Zugleitbetrieb (RZL) mit Führerstandssignalisierung inklusive Zugbeeinflussung auf der Mariazellerbahn als künftige betriebliche Hauptebene, jedoch ohne Vorwegnahme eines bestimmten Systems
- Zugleitbetrieb über Datenfunk im Mindeststandard der bereits bestehenden Systeme ZLS StH, ZLS IVB/ZVB und RZL PLB für die Mariazellerbahn.
- Zugleitbetrieb über Sprechfunk, in besonderen Fällen über Telefon, jeweils unter Einsatz von Sprachspeichern, als Rückfallebene auf der Mariazellerbahn. Auf der Wachaubahn, der Strecke Retz – Drosendorf, der Citybahn Waidhofen und den Strecken der Waldviertler Schmalspurbahnen genügte diese Systemebene aufgrund der einfachen Verhältnisse und des geringen Verkehrsumfanges absehbar bis auf weiteres
- Berücksichtigung einer möglichen Beibehaltung des Signalbetriebes im Bereich St. Pölten Hauptbahnhof – St. Pölten Alpenbahnhof aufgrund der Komplexität der Verknüpfung mit dem bestehenden Stellwerk der ÖBB
- Berücksichtigung der stellwerkstechnischen Neuausstattung einzelner Betriebsbereiche (z. B. des neuen Betriebszentrums Laubenbachmühle oder des gesamten Bereiches St. Pölten)
- Geschwindigkeitserhöhung in den Bahnhöfen zwischen Einfahrtsignal und erster befahrener Weiche zwecks Fahrzeitgewinns, Aufwertungsmöglichkeiten je nach Weichengeometrie
- Beibehaltung des Buchfahrplanes und der dort enthaltenen Geschwindigkeitsangaben bis auf weiteres, jedoch mit der Übertragungsmöglichkeit auf elektronische Geräte
- Einsatz „schneller“ Rückfallweichen, die in die Ablenkung und beim Auffahren mit mehr als 20 km/h befahrbar sind, samt verbesserter Überwachung und Signalisierung

- Selektive Ausstattung der Haltestellen mittels Haltewunscheinrichtungen, als Zielzustand Übertragung des Haltewunsches statt auf ortsfeste Signale an der Haltestelle auf das DMI der Tfz
- Neuregelung der Sicherheitsphilosophie in Bahnhöfen mit Dienstruhe
- Beschleunigung der Abfertigung der Züge im bis auf weiteres bestehenden Signalbetrieb durch Neugestaltung der Abfertigungsmethodik
- Anpassung an die aktuellen Arbeitnehmerschutzvorschriften.

Da der Zeitraum bis zum Wirksamwerden der Infrastrukturmaßnahme „Zuglenkungssystem“ absehbar noch ein längerer sein würde, galt als vorrangiges Ziel, im Interesse der Fahrgäste die Verspätungsanfälligkeit der Mariazellerbahn wirksam zu vermindern. Die neue DV NÖVOG ermöglichte es nun, je nach betrieblicher Notwendigkeit und vorhandener technischer Ausrüstung auf den einzelnen Streckenabschnitten verschiedene „Modulzustände“ entweder beizubehalten oder neu einzuführen. Z. B. konnten auf der Mariazellerbahn die „modernisierten“ Bestimmungen des Zugmeldeverfahrens – subsummiert unter dem Begriff Signalbetrieb - so lange angewendet werden, als noch kein neuartiges Zuglenkungssystem zur Verfügung stand. Auf den übrigen Strecken konnte hingegen bereits ab Inkrafttreten der neuen Dienstvorschrift die „Endstufe Zugleitbetrieb“ eingeführt werden.

2012 erfolgte die Ausschreibung des elektronischen Zuglenkungssystems für die Mariazellerbahn mit Erweiterbarkeit auf alle von der NÖVOG betriebenen Eisenbahnstrecken einschließlich der Zahnradbahn auf den Schneeberg (NÖSBB). Im EU-weiten Bestbieterverfahren erhielt die Firma RDCS im selben Jahr den Auftrag zur strecken- und fahrzeugseitigen Ausrüstung der Mariazellerbahn sowie der neuen Betriebsführungszentrale der NÖVOG im Bahnhof Laubenbachmühle. Mit eingeschlossen war der Auftrag zur Errichtung von drei örtlichen Stellwerken in den Bahnhöfen Laubenbachmühle, St. Pölten Alpenbahnhof und St. Pölten Hauptbahnhof. [10]

Das ZLS 3.0 wurde für die NÖVOG und die NÖSBB zur Version RTMS v4.10 in SIL2 weiterentwickelt (Ausnahme: Stellwerk ILOCK-RC in SIL4). Ausgehend von der Grundforderung einer exakten, ausfallsicheren Ortung aller Fahrten auf der Strecke und der ebenfalls ausfallsicheren, performanten Übertragung von Fahrbefehlen über Datenfunk waren die Kernanforderungen an das als „RDCS-rechnerbasierte Zugleitsystem RTMS v4.10 mit Führerstandssignalisierung“ bezeichnete System wie folgt bzw. wurde derart weiterentwickelt:

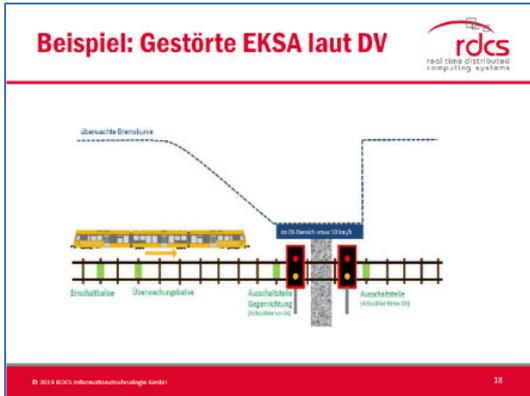
- Erfüllung eines Lifecycles von 15 Jahren
- Digitaler Streckenatlas mit Auflösung auf einer ein-Meter-Basis in 3 Achsen einschließlich Höhe, um auch im Bergstreckenabschnitt mit nahe bei- und übereinander liegenden Kehrschleifen eine sichere Zugortung zu ermöglichen
- Keine oder Minimierung notwendiger streckenseitiger Signale und Komponenten
- 2 aus 3 – Positionsbestimmung < 2m durch Balisen, Odometer, GNSS
- Sichere und performante Übertragung von Fahrbefehlen über Datenfunk
- Ausrüstung von Gösing- und Eisbergtunnel mit Strahlerkabeln (Sprach – und Digitalfunk komplett übertragbar)
- Automatische, dezentrale Sicherung des Fahrwegs durch den Bordrechner im Tfz
- Integration von Stellwerken in das Leitsystem
- Gegenfahrtschutz für Kreuzungen im Bahnhof
- Gegenfahrtschutz auf der freien Strecke
- Gegenfahrtschutz für Verschiebfahrten

- Nachfahrschutz auf der freien Strecke
- Flankenschutz
- Geschwindigkeits- und aktive Bremskurvenüberwachung
- Schutz von Arbeiterrotten
- Sicherung von öffentlichen und nicht öffentlichen Eisenbahnübergängen
- Direkte automatische Kommunikation zwischen Triebfahrzeug und EKSA/BÜSA
- Geringe Grabungs- und Wartungskosten durch Virtualisieren der Einschaltstelle und des EK-Überwachungssignals (über GNSS oder Balise), signaltechnisch sichere Übertragung des virtualisierten Überwachungssignals in den Führerstand mit SIL 2 über digitalen Datenfunk
- Bei Ausfall automatischer Vorsichtsbefehl, Anfahrsperrung, Nothaltauftrag, aktive Bremskurvenüberwachung
- Einschaltung der EKSA/BÜSA im Bahnhofsbereich vom Führerstand oder automatisiert möglich
- Fernüberwachung und Diagnostizierbarkeit aller EKSA/BÜSA in der Betriebsführungszentrale
- Sicherung nicht-öffentlicher EÜ durch oranges Rundlicht
- Bei Ausfall der EK-Sicherung automatischer Vorsichtsbefehl, Anfahrsperrung, Nothaltauftrag, Zwangsbremmung
- Sicherer Eingriff in die Tzf-Steuerung via SIL-4 -Sicherheits-SPS, Bordrechner.

Im Umsetzungsprozess wurden weitere Funktionalitäten im Sinne einer modular aufgebauten Turn-Key Solution entwickelt und implementiert. Als wesentlich sind zu nennen:

- Fernzugriff in Echtzeit über Administration Console Software
- Verwaltung Vorsichtsbefehle
- Verwaltung Eisenbahnkreuzungen und nicht öffentliche Eisenbahnübergänge
- Verwaltung Geschwindigkeitstafel (VzG)
- Verwaltung Baustellenmeldeblätter inkl. Historie
- Rottenwarnsystem
- Umlaufplanung
- Fahrplanplanung
- Wartungsplan für Triebfahrzeugrevision
- Integrierte Systemüberwachung aller Komponenten
- Notizblockfunktion (für Dienstübergabe)
- Umfangreiche Statistikfunktionen (z.B. Verspätung, gefahrene Kilometer) inkl. Exportfunktion (z.B. Excel, pdf)
- Schnittstelle für Fahrgastinformationssysteme (VDV 452/453/454, DyFIS)
- Schnittstelle für Infrastrukturmanagementsysteme (3Binfra ZAK)
- Gerichtstaugliches Sprachaufzeichnungssystem
- Vielzahl optionaler Erweiterungsmodule (z.B. Integration von Fremdsystemen, Bahnhofsbeschallung RTMS/INFRA-SONIC, Bahnhofsuhren, Gebäudeautomation, VoIP, etc.)
- Funkstationen leiten in den streckenparallel geführten LWL ein, im Störfall erfolgt ein „Hoppen“ zwischen den Funkstationen [10]

Die folgenden Grafiken veranschaulichen die wesentlichen Funktionalitäten des als Rail Traffic Management Systems (RTMS) bezeichneten Zugsicherungsverfahrens, die ähnlich zum vorhin beschriebenen ZLS bzw. RZL wirken. Die Stellwerke St. Pölten Hauptbahnhof und Alpenbahnhof fallen bei Störung auf Ortsbedienung zurück.



RTMS/OBCS-DMI

- Größe: 8,4" / 10,1"
- Tageslichttauglich
- Sprachansagen für Warnungen
- Warnöne
- Graphische Darstellung von Vorsichtsbefehlen, Arbeiterrotten, Langsamfahrstellen, etc.
- Graphische Darstellung der Geschwindigkeitsstufe
- Bremskurvenindikator
- Sichere Kommunikation mit dem Bordrechner mit unabhängiger Diagnosefunktion
- OPTIONAL: Touchscreen

Abbildung 25: Prinzip der EK-Einschaltung mit Bremskurvenüberwachung. (Quelle: RDCS)

Abbildung 26: Rechts: DMI am Führerstand. (Quelle: RDCS)

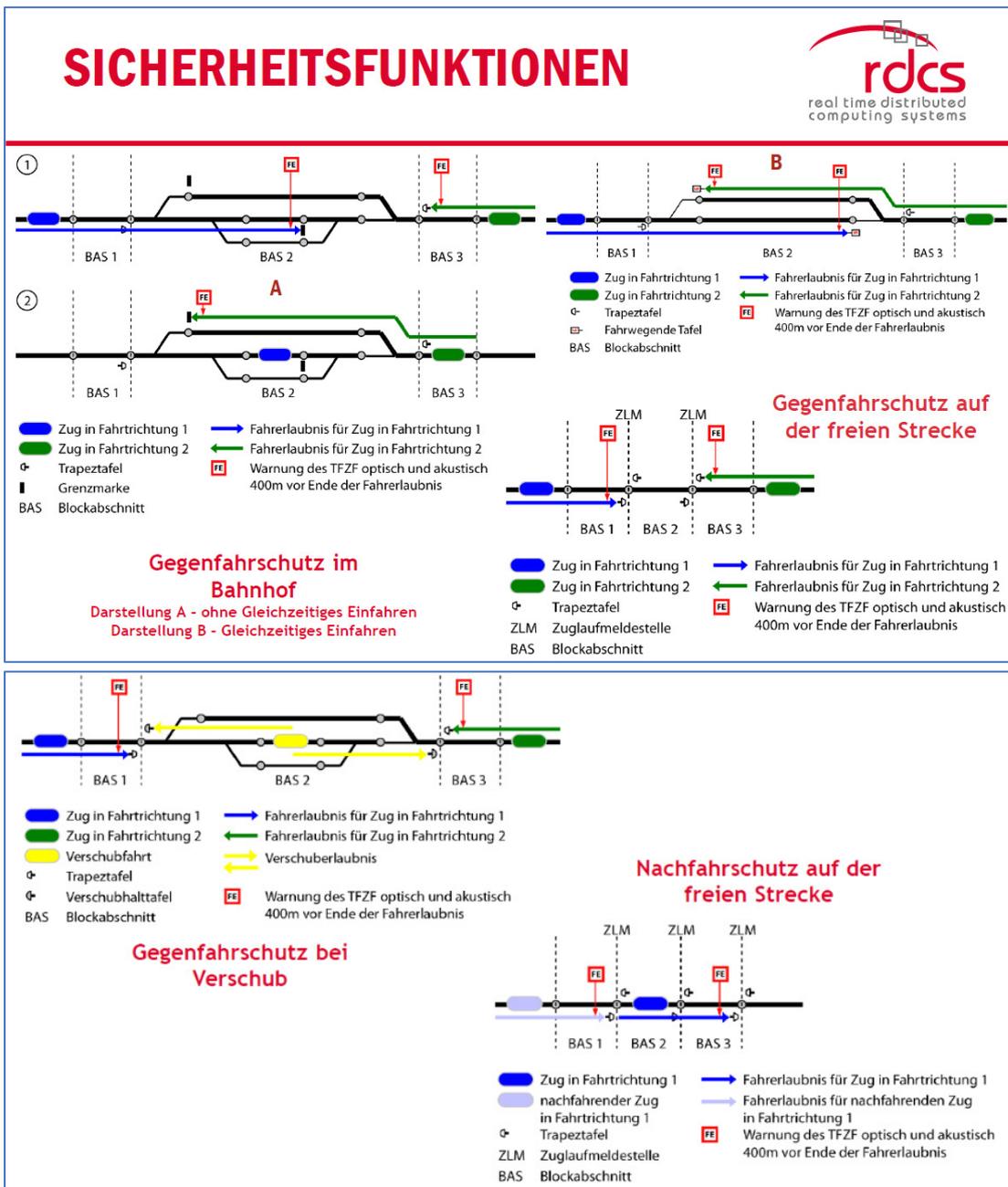


Abbildung 27: Schematische Darstellung der wesentlichen Sicherheitsfunktionen des RDCS-RTMS. Grafiken: RDCS

2.4.5.5 Technischer Ausblick für das RDCS-RTMS

Aktuelle Entwicklungen im GNSS-RTK⁸-Bereich ermöglichen bereits eine bis auf 5 – 10 cm genaue Ortung von Objekten. Führt man den Gedanken aus Sicht von RDCS weiter, so könnte durch Integration dieser Technik in die Tzf die Ortung auf der Strecke sogar mit Gleisselektivität ermöglicht werden. Virtuelle Balisen mit dieser Auflösung könnten Festbalisen obsolet werden lassen und damit eine weitere Reduktion der Kosten bewirken.

Nach Mitteilung von RDCS befindet sich die Integration von Artificial Intelligence mit Objekterkennung und Übertragung in den Führerstand von Triebfahrzeugen gegenwärtig an Eisenbahnkreuzungs-Sicherungsanlagen in einer ersten Testphase. Mittelfristig könnte dies zu neuen Möglichkeiten im EKSA – Bereich führen.

RDCS evaluiert aktuell in einem Gemeinschaftsprojekt die Integration von Blockchain-Technologie und damit die Fälschungssicherheit sowie Echtheit von Befehlen mit dem Ziel der signaltechnisch sicheren Übertragung von Kommandos. Übertragungsmedien würden damit zu grey/black channels (wo der SIL-Level keine Rolle spielt, da der „nicht sichere“ Übertragungskanal durch ein übergeordnetes „sicheres“ Protokoll laufend auf seine Integrität überwacht wird) heruntergestuft und könnten aus Sicht von RDCS im Vergleich zu GSM-R kostengünstiger realisiert werden. [10] Das Ausmaß von allfälligen Kostenvorteilen gegenüber FRMCS wird in weiterer Folge auch zu bestimmen sein.

2.4.6 Weiterführende Überlegungen und Initiativen

Seitens der FH Wels/Siemens angedachte Möglichkeiten, wie das ZLS/RZL-System weiterentwickelt werden könnte, zeigt schematisch die folgende Abbildung. Anlass ist die geplante Umstellung des Bahnhofsbereiches von Linz Hauptbahnhof auf ETCS L2, womit auch Auswirkungen auf die Linzer Lokalbahn verbunden sein werden, da sie direkt in den Hauptbahnhof eingebunden ist. Ein denkbarer Lösungsansatz ist die Kombination des auf den StH-Fahrzeugen vorhandenen ZLS/RZL-Systems mit einem ETCS-Balisenleser und die Erweiterung des Fahrzeug-Bordrechners dergestalt, dass er mit dem RBC (Radio Block Center) die erforderliche Kommunikation zum Erhalt der Fahrerlaubnis usw. abwickeln kann. Umgekehrt wäre auch eine Aufrüstung der ZLS/RZL-Zentrale in Eferding möglich, um vice versa ein ETCS L2 – ausgerüstetes Fahrzeug in die Zugleitstrecke einfahren zu lassen. Begünstigt wird dies dadurch, dass jetzt schon die Kommunikationssicherung des ZLS/RZL jene von ETCS ist. Die diesbezüglichen Funktionalitäten wurden zu einem erheblichen Teil im Projekt SATLOC in Rumänien getestet.^{9 10}

⁸ Real Time Kinematik, als Fortentwicklung des dGPS

⁹ Gemäß Auskunft Dr. B. Stadlmann, FH Wels, 18.02.2021

¹⁰ Seit jeher gab und gibt es Untergruppen von Triebfahrzeug-Baureihen, die für regional begrenzte Einsatzgebiete mit dafür zusätzlichen/abweichenden Systemkomponenten ausgerüstet sind (Länderpakete).

Zukünftige Entwicklungen: ETCS-Strecken

- Kompatibilität von ZLS mit ETCS
 - ETCS messages für Funkschnittstelle → mit verfügbarem ETCS-Layer vollständig kompatibel
 - IP-Kommunikation anstatt GSM-R → ZLS-Kommunikation ist paketorientiert, ETCS-Layer basiert auf IP-Kommunikation (analog zu ETCS Baseline 3.4)

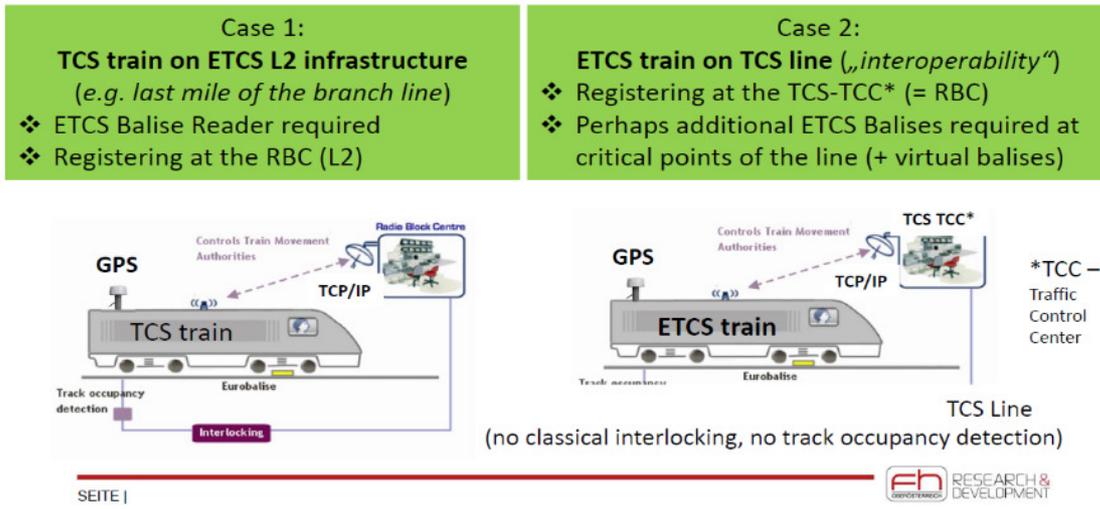


Abbildung 28: Schematische Gegenüberstellung ZLS/RZL und ETCS-System aus der Perspektive der FH Wels. [9]

Seitens der ÖBB Holding¹¹ gibt es Bestrebungen, bei der ERA (europäische Eisenbahnagentur) eine Revision der TSI CCS zu erreichen, in der stärker auf die Bedürfnisse der Regionalbahnen abgestellt wird. In eine zu entwickelnde Regionalbahn-TSI sollen dann nur jene Funktionen aufgenommen werden, die auf Regionalbahnen benötigt werden. Dadurch soll auch neuen Anbietern in der streckenseitigen Zugsicherungstechnik eine verminderte Eintrittshürde in dieses Thema geboten werden. Man erwartet sich dadurch auch mehr Wettbewerb und letztlich günstigere Preise für die Umsetzung einer solchen Technik. Beispielsweise sei das sehr aufwendige „Reversing in ETCS“ eine Funktion, auf die in einer Regionalbahn TSI verzichtet werden könne, da auf Regionalbahnstrecken kaum längere Tunnels vorhanden seien. Weiters gab es Überlegungen, wie auf Regionalbahnen bereits im Einsatz befindliche streckenseitige Zugsicherungssysteme in die ETCS On Board Unit (OBU) von ÖBB-Fahrzeugen eingebunden werden können. Hierzu gab es Bestrebungen seitens ÖBB dies zu ermöglichen, um vorhandene Streckenausrüstungstechnologien (beispielsweise von RDCS) auch für ÖBB-Fahrzeuge nutzen zu können. Seitens des ÖBB Personenverkehrs ist jedenfalls die Entscheidung getroffen worden, die OBU ihrer Fahrzeuge mit dem europäischen Zugsicherungssystem ETCS auszurüsten, da dieses eine Grundvoraussetzung ist, um auf dem Kernnetz der ÖBB verkehren zu können. Die ÖBB-Personenverkehr AG, aber auch die Rail Cargo Austria haben in ihren strategischen Konzepten eine Durchbindung von Haupt- und Regionalbahnen im Fokus, da es nicht mehr zeitgemäß ist, an den Einmündungsbahnhöfen (Abzweigbahnhöfen) von Regionalbahnen in die Hauptstrecke einen fahrzeugseitigen Wechsel durchführen zu müssen. Es besteht daher der Bedarf, dass fahrzeugseitig das Zugsicherungssystem kompatibel zur Streckenausrüstung ist. Angedacht wurde ein sogenannter „Local-Mode“ am Fahrzeug beim Wechsel von der ETCS-Streckenausrüstung auf der Hauptbahn auf das „abgespeckte“ streckenseitige Zugsicherungssystem auf der Regionalbahn. Man wird sehen, ob es gelingt, diese Philosophie in einer Regionalbahn TSI verankern zu können.

¹¹ Gemäß Mitteilung von Ing. R. Nieschlag, 6.4.2021

Die GPS-Ortung von Fahrzeugen auf Regionalbahnen ist eine mittlerweile bewährte technische Funktion, die zu wesentlichen Kosteneinsparungen in der Streckenausrüstung führen kann. Aus Sicherheitsgründen muss in der Eisenbahn-Sicherungstechnik bei Ausfall eines Systems eine Rückfallebene vorhanden sein. Neben der Anwendung der Odometrie und den ebenfalls bewährten und mittlerweile sehr kostengünstigen Balisen gibt es auch weitere Innovationsansätze für die Lokalisierung von Fahrzeugen auf Regionalbahnen. So finden derzeit¹² Versuche statt, neben der GPS-Ortung auch eine Ortung über die Schiene vornehmen zu können. Die diesbezügliche Technik hierzu heißt DIS (Differenz Induktivitäts-Sensor). Hierbei werden die magnetischen Eigenschaften der Schiene als charakteristische Signatur aufgezeichnet, aus der sich dann die Position des fahrzeugseitigen Sensors auf der Strecke ableiten lässt. Erstaunlich dabei ist, dass jeder vorhandene Abschnitt (Punkt) einer Schiene eine einzigartige magnetische Signatur aufweist, aus der die Örtlichkeit abgeleitet werden kann. Voraussetzung ist aber, dass vorab durch Befahrung der Strecke die Signatur der Schiene aufgenommen und in der Sensoreinheit abgespeichert wird. Im Herbst 2020 wurden diesbezügliche Versuche durchgeführt, die ein vielversprechendes Ergebnis dieser Technologie gezeigt haben. Abzuklären ist aber noch, in welchen zeitlichen Abständen die Signatur einer Strecke aktualisiert werden muss, da es doch zu zeitlichen Veränderungen der Magnetisierung der Schiene in sehr geringem Ausmaß kommt. Sollte es gelingen, diese Technologie zur Serienreife zu bringen, könnte hinkünftig eine stationäre Ortung der Fahrzeuge über Balisen als Rückfallebene bzw. Ergänzung zur GPS-Ortung nicht mehr erforderlich sein.

2.4.7 Automatischer Zugbetrieb

Im Projekt autoBAHN2020 erfolgten bereits im Zeitraum 2012 – 2018 Tests mit fahrerlosem Betrieb bei offenem Gleiszugang (GoA 3 / 4) auf der Lokalbahn Gmunden - Vorchdorf. Wesentliche Themen waren die Hinderniserkennung mit verschiedenartigen Sensorkombinationen (Radar, Lidar, Infrarot, ...) mit der Möglichkeit der Integration in das Zugleitsystem und der Untersuchung eines Pfades zur Systemzulassung. [9]

Perspektivisch habe aus Sicht der FH Wels ein ATO-Betrieb mit GoA 3 bzw. eventuell GoA 4 realistische Chancen, die Attraktivität und die Wirtschaftlichkeit von Regionalbahnstrecken zu verbessern. Initiativen hierzu bestehen u. a. im FFG-Projekt TARO unter Beteiligung der FH Oberösterreich.¹³

¹² Gemäß Mitteilung von Ing. R. Nieschlag, 6.4.2021

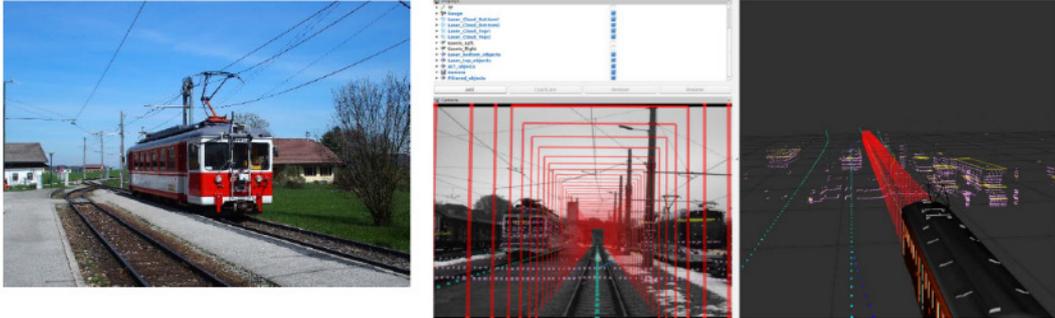
¹³ Gemäß Auskunft Dr. B. Stadlmann, FH Wels, 18.02.2021

Zukünftige Entwicklung: ATO-Betrieb

Projekt autoBAHN2020

- Test von fahrerlosem Betrieb auf Strecken mit offenem Gleiszugang (GoA 3 / 4)
- Hinderniserkennung mit Sensorkombination
- Entwicklung einer geeigneten Fahrstrategie
- Integration in das Zugleitsystem
- Untersuchung eines Pfades zur Systemzulassung

powered by 



SEITE | 25



Abbildung 29: ATO-Erprobungen auf der Lokalbahn Gmunden -Vorchdorf (StH). Grafik: FH Wels [9]

2.4.8 Resumée

Die vorstehend beschriebenen technischen Varianten für Zugsicherungssysteme ohne Streckensignale und ohne konventionelle Stellwerkstechnik sind mittlerweile bei acht verschiedenen vernetzten und nicht vernetzten Nebenbahnen im Einsatz bzw. in Errichtung. Es handelt sich sowohl beim Trainguard STC Siemens/FH Wels als auch beim RDCS-RTMS um erprobte, behördlich genehmigte und mittlerweile seit mehreren Jahrzehnten im Einsatz befindliche Systeme mit nachgewiesenem Einsparungspotenzial bei hoher Verfügbarkeit. Die Entwicklung ist jedoch nicht am Ende angelangt. Sie verspricht jedenfalls mittelfristig - auch anhand der von ÖBB-Seite vorgestellten Perspektiven – manchen zurzeit vielleicht noch nicht allgemein erkannten weiteren Nutzen.

Was die sicherungstechnische Ausrüstung von Regionalbahnen betrifft, ist festzuhalten, dass sowohl die europäische als auch die nationale Gesetzgebung bezüglich der Interoperabilität Spiel- und Interpretationsräume zulassen, die derzeit in unterschiedlichem Ausmaß auch tatsächlich genutzt werden. Je nach Streckenart, strategischer Bedeutung einer Strecke für das europäische Netz und vorliegenden Zugangsbegehren gibt es zur Anwendung der TSI mehr oder weniger Bedarf, ein Umstand, dem der Gesetzgeber durch entsprechende Bestimmungen gefolgt ist. Bei neutraler Betrachtung sind alle Bahnen, egal in wessen Eigentum sie stehen, Teil einer multimodalen Verkehrswelt und agieren auch ohne Ausschreibungswettbewerb in Konkurrenz um Kunden des MIV bzw. des Straßengüterverkehrs. Regionalbahnen und deren Kostenstruktur werden aber auch häufig in einen Vergleich mit Buslösungen gestellt, die keinerlei Infrastrukturausrüstungs- und Betriebssteuerungskosten zu tragen haben. In der politischen Überzeugungsarbeit ist es daher nicht nur legitim, sondern zwingend erforderlich, die Infrastrukturkosten im Auge zu behalten, was ja auch im Innovationsprogramm Regionalbahntechnik der ÖBB klar zum Ausdruck kommt.

Attraktivierungsvorhaben auf Regionalbahnen erfordern Finanzierungsübereinkommen mit den betroffenen regionalen Gebietskörperschaften (Länder und Gemeinden). Da diese bereits mit der Bestellerverantwortung und den in der Regel 50prozentigen EK-Sicherungskosten belastet sind, können bei künftigen Finanzierungsvorhaben zunehmend kritische Haltungen auf Landes- und Gemeindeebenen erwartet werden. Die häufig geäußerte Sorge, dass eine - aus unternehmensinternen Synergiegründen durchaus nachvollziehbare – Forderung nach Vereinheitlichung von Systemmerkmalen zu „Gold Plating“ führen könnte, muss ernst genommen werden. Hier sollte der gesetzlich zulässige Spielraum dazu genutzt werden, die bestehenden Infrastrukturfinanzierungsregimes (Rahmenpläne der ÖBB und Mittelfristige Investitionsprogramme gemäß Privatbahngesetz) so effektiv wie möglich einzusetzen.

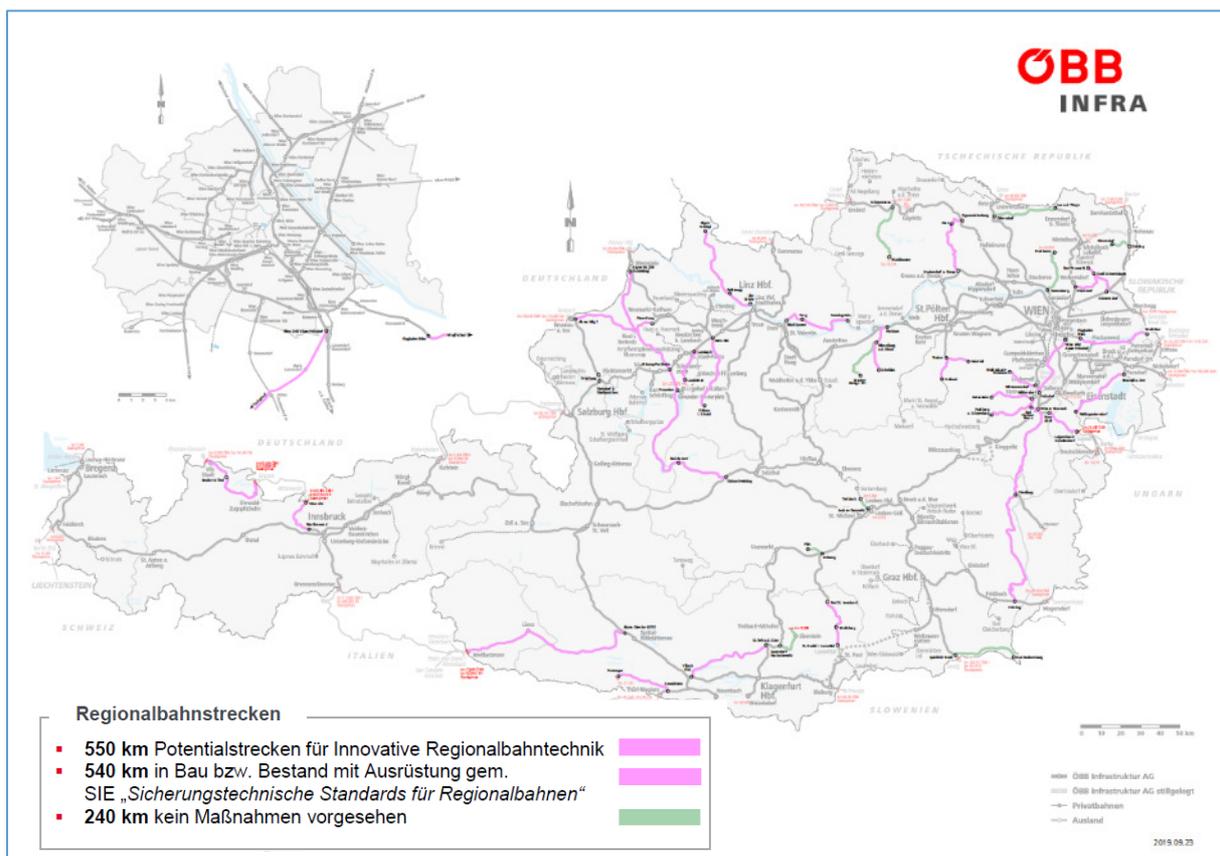


Abbildung 30: Maßnahmenübersicht im ÖBB-Streckennetz nach [2]. Farbe Rosa: 550 km Streckenlänge stellen das Potential für eine zukünftige Ausrüstung (ab 2026) mittels innovativer Regionalbahntechnik dar. 540 km sind bereits mit Regionalbahntechnik in konventioneller Technologie ausgerüstet oder für eine kurz- bzw. mittelfristigen Ausrüstung (vor 2026) vorgesehen.

Ob eine Regionalbahn Zukunft haben kann, lässt sich meist ohne grobe Schätzfehler aus der Belastung paralleler Straßen ableiten. Will man aber Regionalbahnen wieder stärker in das allgemeine Bewusstsein rücken, muss der individuelle Nutzen für deren potenzielle Kunden und die dort leistungsbestellenden Behörden in den Fokus genommen werden. Denn beim Bewusstsein für oder gegen die Bahn spielen persönlich empfundene und auf Gemeindeebene meist sehr lebhaft diskutierte Convenience-Faktoren eine Hauptrolle. Convenience, die glaubwürdig ist, muss die Bahn durchgängig bieten – auch zur Hauptreisezeit und vor allem auch im Winter. Pünktlichkeit allein ist kein Kriterium, das Kunden begeistert. Aber Unpünktlichkeit und Unsicherheit verärgern besonders im Berufsverkehr.

Regionalbahnen brauchen daher politische Unterstützung auf regionaler, insbesondere aber auf lokaler Ebene. Sie sind in der Region dann akzeptiert, wenn Kundenbedürfnisse und nicht Betreiberinteressen (Einsparungen) im Vordergrund stehen. Diese Akzeptanz in der Region ist daher gegen einzelwirtschaftliche Optimierungen abzuwägen. Gemeinden, die ihre Bahn nur als Stör- und Kostenfaktor (vor allem bei der EK-Thematik) wahrnehmen, können im politischen Entscheidungsprozess um die Zukunft einer Bahnlinie die entscheidenden Meinungsbildner sein.

Mit anderen Worten: Basisfunktionen und Leistungsfaktoren eines zeitgemäßen Fahrplanangebotes werden heute als selbstverständlich vorausgesetzt. Sie sind in den Verkehrsdienstverträgen ohnehin fix verankert. Vielmehr geht es darum, dass Innovation - sei sie nun technisch oder im Marktauftritt der Bahn - mit dem Lifestyle der zu gewinnenden Kunden vereinbar sein muss, um bei ihnen im Idealfall als Begeisterungsfaktor anzukommen. Hierbei kommt den Aufgabenträgern und Bestellern von Verkehrsleistungen insofern eine Schlüsselrolle zu, als ihre Angebotsplanungen den Rahmen für darauf gründende Infrastrukturausbauten bilden sollten.



Abbildung 31: Gemeinschaftsbahnhof Neumarkt-Kallham, Fotos: Otfried Knoll, 2020.

Die Bahnhofsoffensiven von ÖBB und Privatbahnen haben dazu geführt, dass die Schnittstellen zwischen einzelnen Verkehrsmitteln tatsächlich für Kunden des 21. Jahrhunderts designt werden. Sie haben damit eindeutige Verbesserungen im Marktauftritt des öffentlichen Verkehrs bewirken können. Der nächste Schritt, die Digitalisierung aller Mobilitätsprozesse, darf aber nicht nur in der technischen Betriebsführung, sondern muss ganz besonders auch in der Erreichbarkeit und Betreuung der Kunden zu alltäglich spürbaren Positiverlebnissen führen. Denn das Potenzial einer Bahn ist nun einmal nicht automatisch „Einwohnerzahl dividiert durch Entfernung zur Bahnstation“. Vielmehr müssen gerade die Regionalbahnen maximal marktnah geführt werden, um ein zeitgemäßes Angebot an die Region, vernunft-orientiert mobil zu sein, darstellen zu können.

Nur dann, wenn sich um diese scheinbaren Selbstverständlichkeiten auch jemand in der Region kümmert, wird sich dort ein neues, positives Bahngefühl einstellen, das Entscheidungen zu Investitionen auch abseits der großen Zentren rechtfertigt. Und nur dann wird es wieder öfter heißen „Unsere Bahn“.

Solche Bahnen werden auch alle Diskussionen überdauern.

2.4.9 Literatur- und Quellenhinweise

- [1] Berger, Johann, Sladky, Kurt: Der Zugleitbetrieb ZLB-01 für Nebenstrecken in Österreich. Eisenbahn-Revue International 11/2010, Verlag Minirex AG, Luzern
- [2] ÖBB Infrastruktur AG, Innovationsprogramm Regionalbahntechnik_01V00, Vortrag im ÖVG Arbeitskreis Rail and Road Traffic Management, Wien, 2021, sowie schriftliche Ergänzungen
- [3] Knoll, Otfried: Shift to Local Rail! Anforderungen & Lösungsansätze. Vortrag im ÖVG Arbeitskreis Rail and Road Traffic Management, Wien, 2020
- [4] Knoll, Otfried: Chancen für Regionalbahnen – Regelungen und Betrieb. Vortrag im ÖVG-Zyklus Lösungen gegen die Regelungswut Nr. 3, Wien, 2019
- [5] Knoll, Otfried: Train-led Traffic Control as a Chance for Regional Railways. International Rail Infrastructure Conference IRIC 2012, Bratislava, 2012
- [6] Knoll, Otfried: Zugleitfunk mit codierter Informationsübertragung bei den Stern & Hafferl-Bahnen. Eisenbahn-Revue International 09/1996, Verlag Minirex AG, Luzern
- [7] Stadlmann, Burkhard, Zwirchmayr, Helmut: Einfaches Zugleitsystem für Regionalstrecken. Stern & Hafferl Verkehrsgesellschaft, Gmunden, 2010
- [8] Siemens Infrastructure & Cities, Stern & Hafferl Verkehrsgesellschaft mbH: Weichensteueranlage Bf. Niederspaching, Sicherheitsbetrachtung, Wien/Gmunden, 2013
- [9] Stadlmann, Burkhard, Zwirchmayr, Helmut: Moderne Zugleitsysteme. Vortrag im ÖVG Arbeitskreis Rail and Road Traffic Management, Wien, 2020, sowie schriftliche Ergänzungen
- [10] Ginner, Wolfgang, Kanovsky, Wolfgang: RDCS Rail Traffic Management System, Version 04.10. Vortrag im ÖVG Arbeitskreis Rail and Road Traffic Management, Wien, 2020, sowie schriftliche Ergänzungen
- [11] Knoll, Otfried: Entwicklung und Besonderheiten bei Betrieb und Vorschriftenwesen österreichischer Privatbahnen. Eisenbahn Österreich 09/2012, Verlag Minirex AG, Luzern

2.5 Interoperabilität von IKT Systemen

Autorin: Angela BERGER

Interoperabilität ist ein wesentlicher Schlüsselfaktor der Digitalisierung. Basis für die Schaffung so genannter Interoperabilität ist die Vereinheitlichung von technischen Schnittstellen einzelner Systeme im Verbund. Damit wird eine korrekte, automatisierte Weiterverarbeitung übermittelter bzw. ausgetauschter Daten ermöglicht. Kommunikationsstandards erlauben eine gewisse Flexibilität in der Implementierung, daher kann Interoperabilität nur durch eine normierte Anwendung dieser Standards erreicht werden. Dies wird mit der Spezifikation sogenannter Interoperabilitäts- bzw. Integrationsprofile erreicht.

Die Verwendung harmonisierter technischer Standards ist ein zentrales Erfordernis einer kosteneffizienten Systemintegration. Standardisierte Systemschnittstellen tragen somit zum Investitionsschutz, sowohl auf Seiten der Anwender als auch der Hersteller, bei.

Die Implementierung von hersteller-unabhängigem Datenaustausch auf sämtlichen Ebenen von IKT-Systemen vom Endkunden bis hin zu zentralen Leitwarten ist eine allgegenwärtige technologische Hürde. Diese wird zu einer immer größeren technischen Herausforderung und stellt somit einen steigenden Kostenfaktor bei der Systemintegration sowohl für Hersteller als auch für Anwender dar. Interoperabilitätsprozesse helfen genau diese Kosten zu reduzieren und können so einen wesentlichen ökonomischen Mehrwert in einer digitalisierten Welt schaffen.

Gerade für die Zukunftsfähigkeit des Systems Bahn stellt die Digitalisierung eine große Chance dar. Daher sind gerade in diesem Sektor internationale interoperable Lösungen von großer Bedeutung sonst entstehen mittel- bis langfristig unüberbrückbare Wettbewerbsnachteile gegenüber den anderen Verkehrsträgern.

Die Notwendigkeit von Interoperabilität besteht heute in allen Bereichen, wo IKT-Systeme miteinander automatisiert Daten austauschen müssen. Warum also nicht einen Blick in andere Branchen werfen, wie dort mit den Herausforderungen umgegangen wird.

2.5.1 Der Gesundheitssektor: Pionierarbeit bei Interoperabilität

In diesem Kontext sehen wir die Gesundheitsbranche als Pionier auf dem Gebiet der normierten Nutzung von Standards. Die treibende Kraft ist hier die IHE-Initiative (IHE, <http://www.ihe.net>), die in den USA im Jahre 1997 gegründet wurde und heute eine global agierende Non-Profit-Organisation für die Standardisierung und Normierung des Datenaustausches im Gesundheitswesen ist - zusätzlich formalisiert nach ISO TC 215. Zwei groß angelegte Implementierungen, die den IHE-Ansatz verwenden, sind epSOS (<http://epsos.eu>) in Europa und das Nationwide Healthcare Information Network (NwHIN, <http://www.healthit.gov>) in den USA.

Die IHE entwickelte eine modulare Prozesskette zur Erreichung von Interoperabilität, beginnend mit der Auswahl von Anwendungsfällen und Standards für die Realisierung, über die Spezifikation einer normierten Anwendung dieser Standards als Interoperabilitätsprofile und deren Umsetzung sowie abschließend mit der Durchführung von Interoperabilitätstests. Diese werden in sogenannten Test-Events den jährlichen Connectathons abgehalten.

Wesentliche Grundlage der IHE Methodik ist die weltweite Community aus Anwendern und Herstellern, die sehr aktiv und nachhaltig die benötigten Interoperabilitätsprofile entwickelt, implementiert, testet und in Projekten umsetzt. Erfahrungen aus dem IHE-Sektor zeigen, dass gerade der Co-Creation-Prozess zur höheren Akzeptanz der Ergebnisse führt.

Österreichisches Best-Practice Beispiel im Gesundheitsbereich

Interoperabilitätsprofile haben sich bei der Integration der Systeme des Gesundheitswesens bereits seit langem bewährt. Die österreichische Gesundheitsakte ELGA wurde nach der IHE Methodik entwickelt und gilt im Gesundheitsbereich europaweit als Best Practice Umsetzung. Im Rahmen von ELGA sind für die organisationsübergreifenden Prozesse ausführliche Prozessbeschreibungen sowie technische IT-Spezifikationen gemäß der IHE Methodik entstanden.

2.5.2 Der Energiesektor - Sektorübergreifender Erfahrungsaustausch

Auch im Energiesektor ist die Standardisierung weit fortgeschritten. Trotz dem Vorhandensein dieser Standards zeigt die Praxis in der Energieautomation seit Jahrzehnten, dass Hersteller wie auch Anwender nach tatsächlicher Interoperabilität ringen und kein einheitlicher Prozess für die Prüfung und Harmonisierung unterschiedlicher Implementierungen - und somit letztlich für die Herstellung tatsächlicher Interoperabilität - existiert.

Das österreichische F&E Projekt **IES Austria - Integrating the Energy System** (IES, www.iesaustria.at) entwickelte eine modulare Prozesskette zur Sicherstellung der Interoperabilität von elektronischem Datenaustausch in IKT-Systemen des Energiesystems. Die IES-Methodik wurde auf Basis der etablierten Prozesse im Gesundheitsbereich (IHE) für den Energiesektor adaptiert. Das Projekt IES Austria hat das Thema Interoperabilität im Energiesektor erstmals konkret in Angriff genommen, indem es eine Use Case basierte Methodik und Testmöglichkeit für IKT-Systeme im Energiesektor zur Verfügung stellt.

Die drei Säulen der Use Case basierten IES Methodik

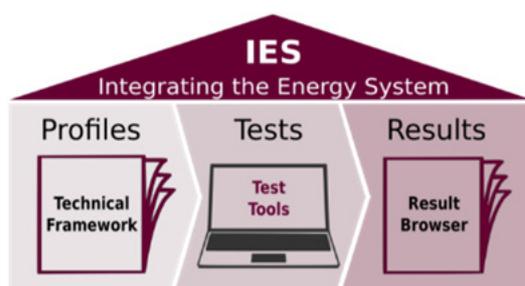


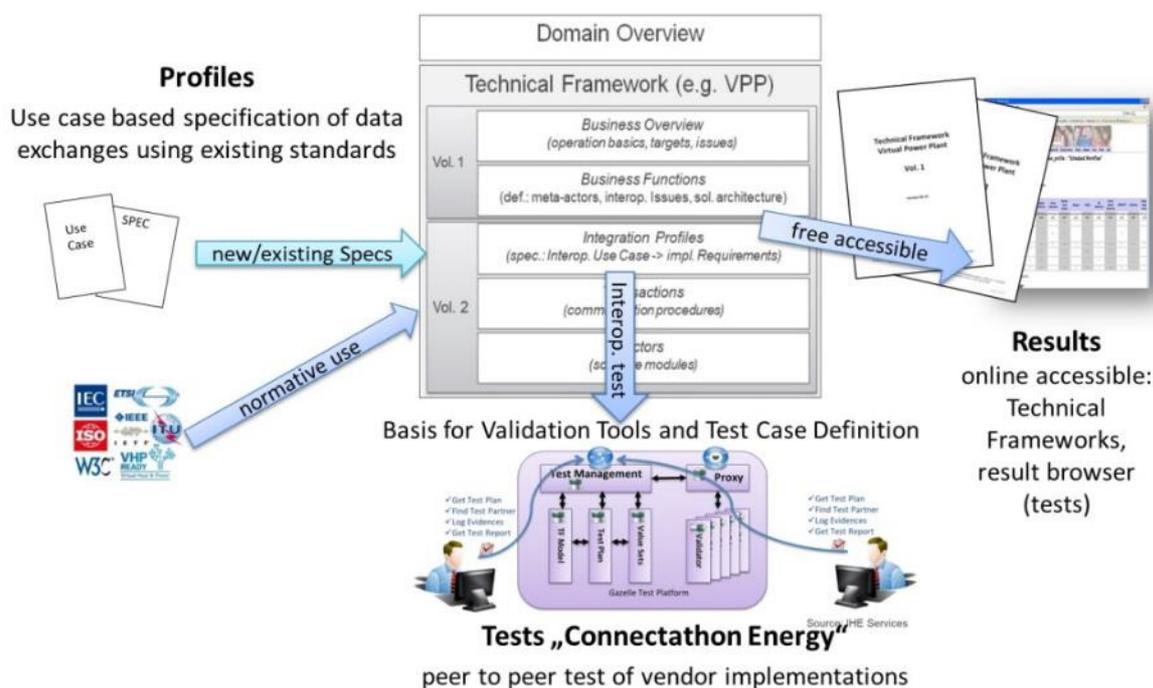
Fig. 1: IES process – the three pillars

Profiles	IES begleitet den Prozess der Entwicklung von Use-Case basierten "Technical Frameworks", welche die Integrationsprofile enthalten
Tests	IES stellt Softwaretools für die Durchführung von Interoperabilitätstests bereit, wo Hersteller ihre Softwareprodukte auf Konformität und Interoperabilität testen
Results	IES veröffentlicht die entwickelten „Technical Frameworks“ und die Ergebnisse der erfolgreichen Tests

Die IES Methodik begleitet den Prozess für die Entwicklung von Integrationsprofilen (Säule Profiles) zur Spezifikation des Datenaustausches. Mit bereitgestellten Softwaretools werden Interoperabilitätstests von Softwareprodukten, basierend auf den spezifizierten Integrationsprofilen, durchgeführt (Säule Tests). Anschließend werden die entwickelten Spezifikationen zu „Technical Frameworks“, welche die

Integrationsprofile enthalten und die Ergebnisse der erfolgreichen Tests öffentlich zugänglich gemacht haben (Säule Results).

Das spezifizierte „Technical Framework“ ist das zentrale Ergebnis des IES Prozesses, siehe Abbildung unten. Im ersten Schritt des Prozesses wird das Technical Framework von Experten, von Seiten der Anwender und Hersteller gemeinsam, anhand eines konkreten Anwendungsfalls spezifiziert (Profiles). Die Dokumentstruktur des IHE Standards wurde jener des energiespezifischen Smart Grids Architecture Model (SGAM) angepasst. Das freigegebene Technical Framework ist die Spezifikation für die Implementierung der Schnittstellen von IKT-Systemen und dient ebenfalls für die Interoperabilitätstests (Tests) als Grundlage für die Anpassung der Testwerkzeuge und der Definition der Testfälle. Entsprechend der IES Methodik sind alle freigegebenen Spezifikationen online zugänglich (Results).



2.5.3 Mehrwert durch Synergien für weitere Domänen

Die IES Methodik kann in jeder Branche gleichermaßen angewendet werden!

Das Ergebnis des Projektes IES Austria hat gezeigt, dass die etablierte, bewährte Methodik und das aufgebaute Know-how der IHE aus dem Gesundheitssektor mit überschaubarem Aufwand in einen anderen Sektor transferiert und Synergien, wie die Testplattform für Interoperabilität, genutzt werden können.

Damit steht, nicht zuletzt durch die IES-Experten und ihr im Projekt erworbenes Know-how, ein Angebot zur Verfügung, das einerseits bei der Spezifikation der Integrationsprofile die gemeinsame Abstimmung von Herstellern und Anwendern begleitet und andererseits die Softwaretools für die Interoperabilitätstests von Softwareprodukten bereitstellt.

So unterstützten die Erfahrungen aus der Entwicklung der IES Methodik die Etablierung jener Prozesse, unabhängig von der Branche, die langfristig die Sicherstellung von Interoperabilität der IKT-Systeme ermöglicht.

Das zentrale Element ist das Technical Framework, welches gemeinsam von den branchenspezifischen Anwendern und Herstellern spezifiziert und nach der Veröffentlichung den Herstellern zur Implementierung der interoperablen Lösungen zur Verfügung gestellt wird.

Durch den transparenten Spezifikationsprozess und die aktive Einbindung der jeweiligen Branchenexperten in diesen, kann die angewandte Methodik leicht für weitere Domänen herangezogen werden. Durch die Anwendung einer gemeinsamen Methodik besteht die Möglichkeit, Erkenntnisse und Entwicklungen miteinander zu teilen. Vorhandene Spezifikationen (Profile) aus einem Sektor können auch in anderen Domänen genutzt werden.

Hierzu gibt es Beispiele aus dem Projekt IES Austria, wo etablierte und valide Spezifikationen aus der Medizininformatik (siehe IHE) auch für Spezifikation in der Energiedomäne genutzt werden konnten (z.B.: Anforderungen an eine sichere Datenübertragung).

Mehr Information kann unter www.ieasaustria.at gefunden werden.

3. Management Summary

Das Thema Verfügbarkeit ist im Transportbereich ein beinahe unerschöpfliches, sowohl im Sinne der Probleme, die auftreten können, als auch im Sinne der notwendigen und möglichen Verbesserungen. Im RRTM-Abschlussbericht der Phase 1 wurde bereits umfassend auf diese Problematik im Sinne einer Gesamtbetrachtung eingegangen.

Innerhalb der „Phase 2“ wurden indirekte Effekte auf die Verfügbarkeit beleuchtet, wieder mit einem Fokus auf das System Eisenbahn. Die gewonnenen Erkenntnisse sind im RRTM Abschlussbericht der Phase 2 zusammengefasst.

In der aktuellen Phase 3 wurden nun einige besonders relevante Themen herausgegriffen. Dabei war das Hauptaugenmerk nicht mehr allein auf Verfügbarkeit gelegt. Vielmehr wurde versucht, die ausgewählten Themen in möglichst großer Breite zu erörtern, um Nutzen durch Gesamtverständnis zu erzielen.

Im Thema SmartRail 4.0 wurde eine der interessantesten Initiativen der letzten Zeit intensiv diskutiert und vorgestellt. Neben Details und Status des Programms an sich wurde auch auf darauf aufbauende, europäische Initiativen eingegangen, um die Relevanz für zumindest einen Kontinent zu erkennen und zu betonen.

Ein weiteres, sehr fesselndes Gebiet ist das der Tunnel. Aufgrund der Aktualität durch mehrere laufende Tunnelbauprojekte hat sich die Arbeitsgruppe mit den Erfahrungen, Herausforderungen und Optimierungspotentialen in diesem komplexen Fachgebiet auseinandergesetzt.

Als themenübergreifendes Fachgebiet hat sich das Gebiet der Netzwerke erwiesen. Einerseits durch die Tatsache, dass moderne Systeme ohne entsprechend leistungsfähige Netzwerke völlig undenkbar sind und andererseits durch die hohe Aktualität der gerade in Einführung befindlichen Technologie „5G“ wurden verschiedene Möglichkeiten zur Datenübertragung mit Fokus auf Eisenbahnsicherungstechnik beleuchtet. Hier fanden auch Gedanken zu „Safety“ und „Security“ Einzug, die gerade für Netzwerke im Eisenbahnsicherungsbereich eine sehr wichtige Rolle spielen.

Das hochinteressante Thema der Regionalbahnen wurde wissenschaftlich umfassend und in sehr hohem Detailgrad beleuchtet. Dabei kamen sowohl Bahnbetreiber als auch Lösungslieferanten zu Wort, die Erstaunliches im Bereich von geplanten Innovationen, aber auch bereits eingesetzter Systeme zu berichten wussten. Als klare Erkenntnis in diesem Bereich trat zutage, dass eine Regionalbahn immer ganzheitlich, also unter Einbeziehung von „Land, Leuten, Technik und verschiedener Stakeholder“ zu betrachten ist.

Abgerundet werden die oben angeführten Bereiche von einer wertvollen Betrachtung zur Interoperabilität von Informations- und Kommunikationstechnik-Systemen. Mit Hilfe von Beispielen von Sektoren, in denen Interoperabilität auf sehr hohem Niveau betrieben wird, wird der Nutzen derartiger Vorhaben herausgearbeitet.

Insgesamt zeigen die fünf Themen eine beachtliche Bandbreite von bereits erfolgten und zukünftigen Innovationen auf und geben Hoffnung, das bereits heute sehr gut funktionierende System Bahn noch fitter und attraktiver für die Zukunft und deren Herausforderungen zu machen.

Arbeitsgruppe 3:

Vernetzte digitalisierte Informationsservices

1. Vernetzte, digitalisierte Informationsservices für Kunden in der Mobilitätskette.

Die Aktivitäten im Arbeitskreis RRTM in den Jahren 2019 und 2020 setzen nahtlos auf den vorangegangenen Aktivitäten und Arbeiten auf.

Auf der einen Seite wurde die Umsetzung von Services bei den einzelnen Arbeitsgruppenteilnehmern intensiv vorangetrieben. So konnte die im vorangegangenen Arbeitsgruppenzyklus definierte intermodale Störungskarte von der Verkehrsauskunft Österreich im Jahr 2019 erfolgreich umgesetzt und als Produkt angeboten werden. Auf der anderen Seite wurde weiter an verkehrsträgerübergreifenden Kooperationen weitergearbeitet, um sowohl das Angebot aber insbesondere die Kundeninformation erheblich auszubauen und zu verbessern.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe wurden Abstimmungsrunden mit diversen Stakeholdern durchgeführt und es wurde versucht die Ergebnisse auch direkt in den Informationsdiensten für die Endkunden umzusetzen. Ein besonderer Schwerpunkt wurde dabei in diesem Arbeitsgruppenzyklus auf das Thema der Baustellen und die Baustellenkoordination gesetzt. So wurden neben den ohnehin standardmäßigen Abstimmungen auf behördlicher Ebene auch zusätzliche Themen wie das Thema multimodales Verlagerungspotential beleuchtet und in übergreifenden Abstimmungsrunden diskutiert.

Aufgrund der COVID-19 Pandemie konnten einige geplante Arbeiten schlussendlich nicht wie geplant stattfinden bzw. konnten die Arbeitsgruppentermine nicht wie geplant durchgeführt werden. Dadurch wurden die Themen teilweise mit anderen Abstimmungsrunden zusammengelegt und oftmals gemeinsam besprochen. In der Folge findet sich eine Zusammenstellung der wesentlichen Themenbereiche und offene Themen bzw. Learnings daraus.

2. Intermodale Störfallkarte

In der vorangegangenen Arbeitsgruppe wurde gemeinsam mit der Verkehrsauskunft Österreich VAO GmbH (VAO) und den wesentlichen Stakeholdern wie ASFINAG, ÖAMTC, Verkehrsverbände, Wiener Linien und ÖBB eine intermodale Störfallkarte konzipiert. In diesem Themenbereich wurde die Zielsetzung verfolgt den Reisenden einen multimodalen Gesamtüberblick über das aktuelle Verkehrsgeschehen in Österreich zu geben. Zu diesem Zwecke wurden die Ergebnisse der Prozessanalyse bzw. die grundsätzlich zu Verfügung stehenden Daten genutzt um betreiberübergreifend die Möglichkeiten einer multimodalen Verkehrsmeldungskarte für den Öffentlichen Verkehr und den Individualverkehr zu entwickeln. Dabei wurden sowohl betriebliche Aspekte als auch die Kundenbedürfnisse berücksichtigt.

Die von der VAO erarbeiteten Spezifikationen wurden dann in weiterer Folge umgesetzt und zu einem Produkt entwickelt, welches die VAO seit Mitte 2019 ihren Kunden anbietet.

Aktuell wird die intermodale Störfallkarte von der ASFINAG und der Verkehrsverbund Ostregion GmbH den Endkunden angeboten. Ab 2022 wird die intermodale Störfallkarte auch die Basis für das gemeinsame Verkehrslagebild im Rahmen der übergreifenden, intermodalen Störfallkoordination bilden.



Abbildung 1 Intermodale Störfallkarte Meldungen öffentlicher Verkehr (www.asfinag.at)

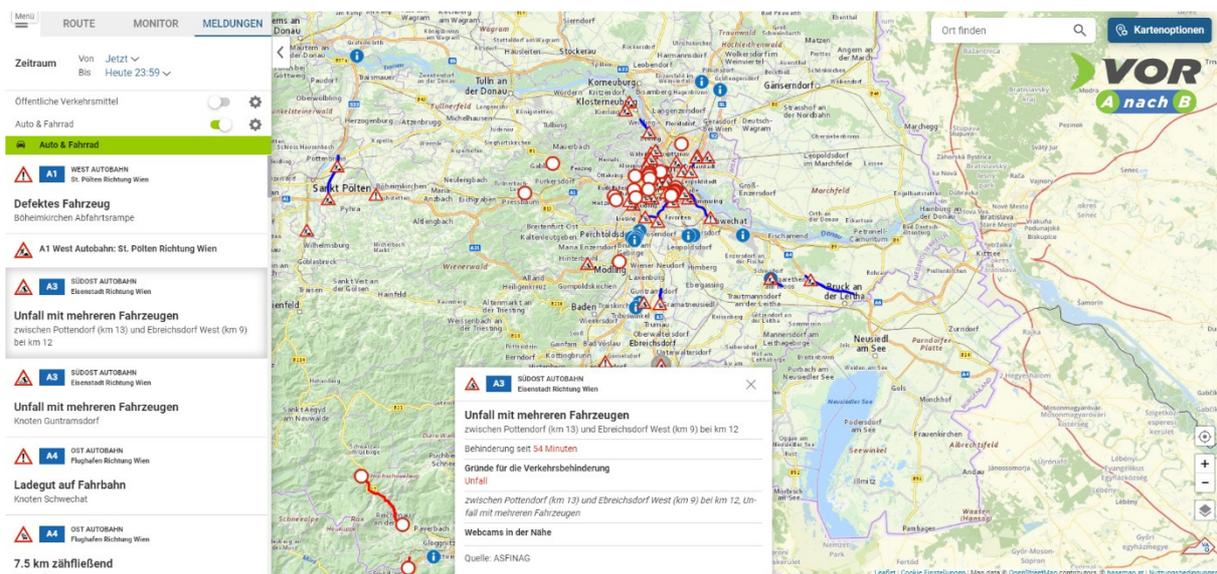


Abbildung 2 Intermodale Störfallkarte Meldungen Individualverkehr (www.vor.at)

Die intermodale Störungskarte wurde bei der Umsetzung vollumfänglich in die bisherigen Auskunftssysteme wie Routenplaner oder Abfahrtsmonitore integriert und so den Kunden ein vollumfängliches Informationsangebot bereitgestellt werden kann.

In die intermodale Störfallkarte werden die Meldungen des Individualverkehrs von ASFINAG und ÖAMTC und im öffentlichen Verkehr von den Verkehrsverbänden und der ÖBB über Echtzeitschnittstellen bereitgestellt.

Das Service der intermodalen Störfallkarte für Endkunden ist europaweit einzigartig. Österreich ist hier mit der einzigartigen modi-übergreifenden Zusammenarbeit zwischen den Betreibern des öffentlichen Verkehrs und des Individualverkehrs (inkl. Rad- und Fußverehre) Vorreiter.

3. Baustellenmanagement und Baustellenkoordination

Das Thema Baustellenmanagement und Baustellenkoordination wurde ebenfalls in der Arbeitsgruppe behandelt. Neben den ohnehin sehr guten Abstimmungen der Planungsabteilungen und den Baustellenverantwortlichen die regelmäßig stattfinden wurde das Thema der Information zu Baustellen in der Arbeitsgruppe thematisiert. Unterschiedliche Eingabewerkzeuge und unterschiedliche Ausspielkanäle sorgen oft dafür, dass Informationen zu Baustellen und geplanten Ereignissen in unterschiedlicher Qualität und Ausprägung vorliegen. Dies führt zu Unzufriedenheit und Nachfragen seitens der Nutzer, da z.B. die selbe Baustelle auf unterschiedlichen Plattformen unterschiedliche Verortungen, Ausdehnungen, Dauern und Einschränkungen aufweist. Aus diesem Grund wurden von den Stakeholdern die wichtigsten Informationen über Baustellen abgestimmt und harmonisiert bzw. neue Methodiken generiert die eine automatisierte Verarbeitung von bestehenden Daten ermöglichen. So wurde z.B. in der ASFINAG basierend auf den Spurführungsinformationen der Baustellen aus dem internen Baustellenmanagementsystem automatisiert Texte über Einschränkungen erstellt, welche von anderen Services, Diensten und Kunden genutzt werden können. Auf diese Art wird sichergestellt, dass die Informationen übergreifend in derselben Qualität den Verkehrsteilnehmern zur Verfügung gestellt werden, unabhängig ob die Information über die ASFINAG, den ÖAMTC oder die Services und Mandanten der Verkehrsauskunft Österreich abgerufen werden.

Weiters wurden die Ergebnisse der Arbeitsgruppe in die Weiterentwicklung der bestehenden Baustelleninformation eingebracht. Die ASFINAG hat Anfang 2020 ihr Baustelleninformationsservice neu gelauncht. Durch die komplett neu gestaltetete Nutzeroberfläche, die neben der bisherigen textuellen Information um eine Kartendarstellung erweitert wurde, wurde das neue Service auch mehrsprachig umgesetzt, da dies eine wesentliche Anforderung darstellt um möglichst viele Nutzerinnen und Nutzer zu erreichen. Die zuvor bereits erwähnten Grafiken zur Spurführung wurden neu und übersichtlicher gestaltet und die Ausdehnung der Baustelle bzw. die einzelnen Bauphasen wurden in das Service integriert.

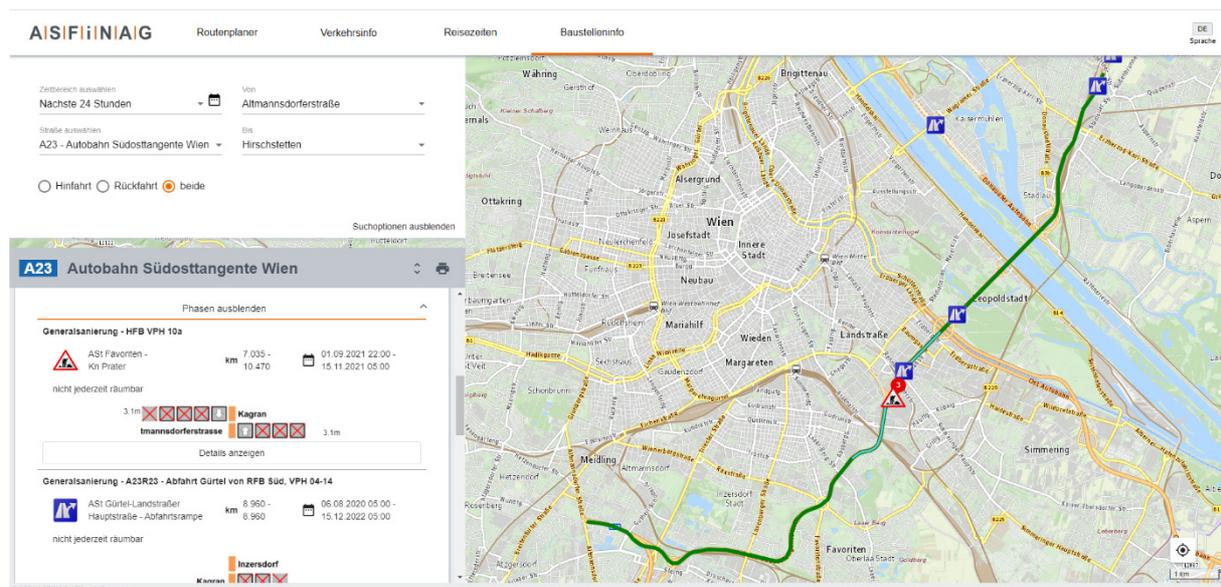


Abbildung 3 Baustelleninfo der ASFINAG mit Spurführungen

Ein weiterer Schwerpunkt wurde auf die begleitenden Maßnahmen im Rahmen von koordiniertem Baustellenmanagement gelegt.

Im März 2020 startete die ASFINAG mit der umfassenden Sanierung der Hochstraße St. Marx, welche die verkehrsstärkste Strecke im österreichischen Autobahnen- und Schnellstraßennetz darstellt. Knapp drei Kilometer der Tangente in Wien werden rundum erneuert. Von den Tragwerken über die Stützen bis hin zur Entwässerung, der Beleuchtung und natürlich der Fahrbahnoberfläche wird alles generalüberholt. Zusätzlich werden auch alle Auf- und Abfahrten - insgesamt zehn - auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Neben der standardmäßigen Baustellenkoordination mit der Stadt Wien wurde im Themenbereich der vernetzten, digitalisierten Informationsservices für Kunden in der Mobilitätskette eine Analyse der aktuellen Baustelleninformation durchgeführt und Optimierungspotential (vor allem in den Vorankündigungen) erhoben und umgesetzt.

Neben den Abstimmungen zwischen den Straßenbetreibern des hoch- bzw. niederrangigen Netzes wurde in den letzten Jahren auch verstärkt der Fokus auf das multimodale Verlagerungspotential gelegt. Die Abstimmungen zwischen Individualverkehr Straße und dem öffentlichen Verkehr mit Schiene und Bus birgt erhebliches Potential, um Verkehre primär während der Bauphasen aber auch darüber hinaus auf den Umweltverbund zu verlagern. Aus diesem Grund wurden in Abstimmungen zwischen den ÖBB und der ASFINAG Kriterien definiert die eine strukturierte Analyse des Verlagerungspotentials ermöglichen. Ein erstes Pilotprojekt wurde im Bundesland Salzburg mit dem Projekt Multimodalität A10 identifiziert und gemeinsam verkehrsträgerübergreifend geplant.

In Salzburg liegt der Fokus auf der verkehrsträgerübergreifenden Zusammenarbeit rund um die A10 Tauern Autobahn. Von Mitte 2022 bis zum Herbst 2024 werden auf der A10 Tauernautobahn im 14 Kilometer langen Abschnitt zwischen Golling und Werfen der Ofenauer und Hiefler sowie drei Tunnel der Tunnelkette Werfen generalsaniert. Dies bedingt die Sperre jeweils einer Tunnelröhre und somit Gegenverkehr in der verbleibenden Röhre mit Reduktion auf einen Fahrstreifen je Fahrtrichtung.

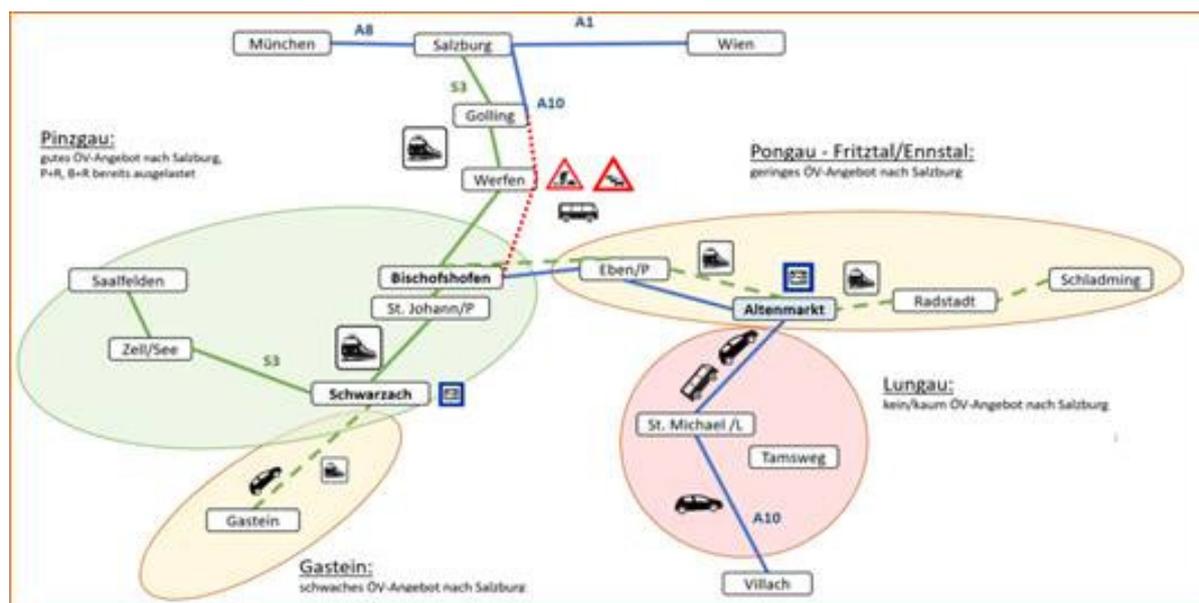


Abbildung 4 Übersicht potentielle Maßnahmen und Projektgebiet

Mit dem Projekt Multimodales Baustellenmanagement A10 (MuM A10) setzen die ASFINAG und die ÖBB Infrastruktur in Kooperation mit dem Land Salzburg und der Salzburger Verkehrsverbund GmbH gemeinsam Maßnahmen um, um die verkehrlichen Auswirkungen der oben skizzierten Bauarbeiten so gering wie möglich zu halten. Die Planungsphase startet im März 2020, um alle Angebote und Maßnahmen bis zum Start des Bauprojektes Mitte 2022 verfügbar zu haben. Nach einer Kapazitätsanalyse der A10 und einer Analyse potentieller Reisezeitverluste wurde das Potenzial der Verlagerung von IV auf ÖV erhoben. Darauf aufbauend startete das Projektteam mit der Ausarbeitung von einer Vielzahl an Maßnahmen um die Projektziele – Eine intermodale Wegekette bzw. ein Mobilitätssystem, das von den Kundinnen und Kunden angenommen wird und letztendlich dazu beiträgt, den Wirtschaftsverkehr aufrecht zu erhalten, verkehrs- und umweltpolitischen Ziele zu erreichen und die A10 von Personenverkehr zu entlasten - zu erreichen.

Basierend auf den Ergebnissen und Rahmen welche in der ITS Austria Arbeitsgruppe zum Thema multimodale, digitale Verkehrsmanagementplänen von ASFINAG, ÖBB, AIT und Wiener Linien definiert wurden, werden in 2022 erste konkrete multimodale Maßnahmen pilotiert werden.

Weitere Baustellenprojekte mit multimodalen Verlagerungspotential wurden analysiert und werden weiter vorangetrieben.

4. Zusammenfassung

Die Arbeitsgruppe 3 des Arbeitskreises Rail- und Road Traffic Management der ÖVG hat in vielen Bereichen wieder Verbesserungen in der Zusammenarbeit der einzelnen Infrastrukturbetreiber gebracht. So sind mit den Störfallkooperationen sowohl im ÖV als auch intermodal zwischen IV und ÖV erste Anwendungen umgesetzt, die sowohl in der Betriebsführung als auch für die Reisenden entsprechenden Mehrwert mit sich bringen. Das stetig wachsende Verkehrsaufkommen auf allen

Verkehrsträgern erfordert zukünftig eine noch stärkere intermodale Zusammenarbeit und Vernetzung sowohl auf Betreiberebene aber auch im Bereich der Service. Der Einsatz von neuen Technologien wird hier weiterhin für große Fortschritte sorgen wobei der Bereich des Verkehrsmanagements und der Verkehrsinformation sehr gute Anwendungsfelder für diese neuen Technologien darstellen.

Die Entwicklung zu einer stark bedarfsorientierten Mobilität wird sich in den nächsten Jahren weiter fortsetzen und der Ausbau der Infrastruktur scheint sich dem Ende zu nähern. Umso wichtiger wird es in Zukunft die vorhandenen Infrastrukturen und Kapazitäten aufeinander abzustimmen und mit mittelbarer Zukunft gemeinsam zu managen. Am Beispiel des Baustellenmanagements und der eingeführten multimodalen Betrachtung zeigt sich, dass hier viel Potenzial in der verkehrsträgerübergreifenden Betrachtung des Verkehrssystems liegt, das in Zukunft noch verstärkter genutzt werden muss. Die COVID-19 Pandemie hat gezeigt wie vulnerabel einzelne Verkehrsträger unter bestimmten Voraussetzungen sein können, aber auch wie schnell sich mit den richtigen Maßnahmen eine Erholung einstellt.

Der Arbeitskreis RRTM und im speziellen die Arbeitsgruppe vernetzte, digitale Informationsdienste eignen sich sehr gut um hier Stakeholder-übergreifende Diskussionen und Abstimmungen zu führen. Wenn dann aus der Arbeitsgruppe heraus konkrete Umsetzungen für die Reisenden entstehen kann der Erfolg noch größer angesehen werden.

Arbeitsgruppe 4:

Cargo Infra Informationsmanagement

1. Zielsetzung der Arbeitsgruppe

Die AG „Cargo Infra Informationsmanagement“ befasste sich intensiv mit der Gestaltung einer möglichen Architektur zur Schließung der Informationskette im Rahmen von multimodalen Transportketten. Am 30.07.2019 fand die Kick-Off-Veranstaltung der AG bei AIT statt in deren Rahmen die Themen, Ziele und Aktivitäten, die innerhalb der aktuellen Berichtsperiode im Angriff genommen werden sollten, definiert wurden. Durch die Bestätigung des zugehörigen Protokolls wurden innerhalb der AG folgende Ziele festgelegt:

- Fortführung der Überlegungen zum Informationsmanagement multimodaler Transportketten auf Basis der Vorarbeiten
- Konzentration der Überlegungen auf die beiden Verkehrsmodi Straße und Schiene mit Terminals als deren Schnittstelle
- Definition und Einreichung einer Projektidee zur Erforschung bzw. Umsetzung einer geschlossenen Informationskette in einer geeigneten Förderschiene

2. Durchgeführte Arbeiten

Fortführung der Überlegungen zum Informationsmanagement multimodaler Transportketten auf Basis der Vorarbeiten:

Zur Erreichung der angeführten Ziele wurden zuerst alle Unterlagen aus den vorhergehenden AG zusammengeführt und aufbereitet. Damit konnte eine Grundlage geschaffen werden, um ein Projekt aufzusetzen, das unter der Mitwirkung aller geeigneten Teilnehmer der AG durchgeführt werden könnte.

Konzentration der Überlegungen auf die beiden Verkehrsmodi Straße und Schiene mit Terminals als deren Schnittstelle:

Es sollte eine Projektidee entwickelt werden, die eine geschlossene Informationskette entlang einer multimodalen Transportkette bildet und als Demonstrationsprojekt umgesetzt werden könnte. Hierzu sollte eine Transportkette identifiziert werden, die eine möglichst hohe Wiederholrate aufweist, um die Auswirkungen der rechtzeitig zur Verfügung gestellten Informationen besser darzustellen und zu evaluieren.

Dadurch, dass die ASFINAG Maut GmbH, die ÖBB Infrastruktur AG und Venz Logistik GmbH aktive Mitglieder der AG seit ihrer Gründung sind, wurde die Vertiefung der Tätigkeiten auf die Verkehrsträger Straße und Schiene festgelegt. Als Betreiber von Terminals als Schnittstelle zwischen den beiden Verkehrsmodi konnte die Terminal Services Austria als Teil der ÖBB Infra zu einer Mitarbeit gewonnen werden. Venz Logistik fährt die straßenseitigen Transporte einer Transportkette im Auftrag von Containerdienst Hämmerle GmbH (CDH), die auch den Terminal in Bludenz betreibt. CDH erteilte das Einverständnis, dass die relevanten Daten ausschließlich nur im Projekt und von den Projektpartner verwendet dürfen. Damit konnten alle Aspekte rund um eine multimodale Transportkette abgedeckt und aufgezeigt werden.

Definition und Einreichung einer Projektidee zur Erforschung bzw. Umsetzung einer geschlossenen Informationskette in einer geeigneten Förderschiene:

Im Rahmen der Definition der Projektidee wurde, basierend auf der Forderung der hohen Wiederholrate, einigte sich die AG auf die Betrachtung der täglichen Transportkette die CDH mittels des Orange Combi Cargo (OCC)-Zuges, der von Gebrüder Weiss betrieben wird. Die Fragestellung ergibt sich hier aus dem Nichtvorhandensein von Ankunftsinformationen betreffend des OCC im Terminal Wien-Süd. Daher müssen alle Frächter, die Container dieses Zuges weitertransportieren müssen auf gut Glück zum Terminal fahren, wobei sie nicht wissen, ob der Zug rechtzeitig im Terminal ankommt. Die Frächter erfahren erst am Terminaleingang, ob der Zug angekommen ist. Im Abweichungsfall können derzeit auch vom Terminal keine Angaben gegenüber den Frächtern gemacht werden, wann der Zug real kommen wird. Mit diesen Rahmenbedingungen konnte das Projektziel zum Schließen der Informationsflüsse entlang einer multimodalen Transportkette festgelegt werden. Im Projekt soll eine prototypische Umsetzung der Informationsverknüpfung aus verschiedensten Datenquellen und der Bereitstellung dieser Informationen an alle Beteiligten erfolgen. Dabei wird schon bei der Erstellung auf die mögliche Skalierbarkeit des Projektansatzes auf eine breite Anwendbarkeit geachtet werden.

Vorerst wurde die Förderschiene „Mobilität der Zukunft“ des BMK (damals noch BMVIT) als passend identifiziert. Der relativ kurze Zeitrahmen bis zur Deadline Ende September 2019 machte allerdings den Wechsel zur Förderschiene „Logistikförderung 2019-2023“ der SCHIG notwendig. Nach der Präsentation der Projektidee vor dem Gremium des BMK und der SCHIG am 16.10.2019, der erfolgreichen Einreichung des Antrages „RRTM-C Rail Road Transportmanagement Cargo“ am 25.10.2019 wurde die Förderwürdigkeit des Projektes am 12.12.2019 bestätigt. Mit 01.02.2020 konnte das Projekt eröffnet und mit dem Kick-Off am 19.02.2020 offiziell gestartet werden.

3. Projektbeschreibung RRTM-C Rail Road Transportmanagement - Cargo

Kundeninformation im Regel- und Abweichungsfall für den Bereich Güterverkehr basiert im Wesentlichen auf Informationsbeziehungen zwischen den einzelnen Beteiligten entlang der Transport- bzw. Prozessketten und den darin erzeugten bzw. verwendeten Daten- und Informationen. Daher sollen Echtzeitinformationen entlang der Transportkette durch die beteiligten Unternehmen zur Verfügung gestellt werden, um jedem Dienstleister die Optimierung seiner Ressourcen und dispositive Steuerung seiner Prozesse zu ermöglichen, um rechtzeitig auf kurzfristig auftretende Abweichungen reagieren zu können.

Die bei den Projektpartner ÖBB und ASFINAG vorhandenen Tools zur laufenden Erhebung von ETA (Estimated Time of Arrival) sollen im Rahmen des Projektes über geeignete Schnittstellen verbunden werden, damit ein durchgehender, verkehrsträgerübergreifender Informationsaustausch ermöglicht wird. Dabei steht die Gewährleistung der Datenhoheit und des Datenschutzes bezüglich der eingebrachten Daten im Vordergrund. Dies soll so offen gestaltet werden, um künftig eine skalierbare und portierbare Lösung für eine unternehmens-, verkehrsträger- und länderübergreifende Informationsweitergabe und -abstimmung anbieten zu können. Die Lösung soll anhand einer beispielhaften Transportkette (tägliches Shuttlezug von Wien nach Bludenz) die über den Terminal Wien Süd läuft, mit den beteiligten Akteuren als Projektpartner erprobt und evaluiert werden. Damit wird ein entscheidender Schritt in Richtung der Verbesserung der Planbarkeit sowie eine Verringerung der Leerfahrten und Wartezeiten bei Abweichungen von der ursprünglichen ETA gesetzt. Dies stellt einen entscheidenden Mehrwert für die beteiligten Firmen dar. Mit der Umsetzung der Projektidee ist mit einer Attraktivierung der Langstrecken-Transporte auf der Schiene zu rechnen, womit ein

Grundstein gelegt wird, um die Langstreckenverkehre im Güterverkehr von der Straße auf die Schiene zu verlagern.

3.1 Erfassung IST-Zustand Systemlandschaft

Als Basis für weiteren Tätigkeiten zur Auslegung der Architektur und zur Implementierung der Kombination der unterschiedlichen Teilsysteme wurden alle relevanten derzeitigen, bei den beteiligten Projektpartnern, vorhandenen Prozesse und beteiligten Tools, Systeme bzw. Datenquellen zusammengestellt. Aus Gründen des Datenschutzes werden in den folgenden Beschreibungen keine Kunden bzw. Start und Zielorte genannt, da diese Informationen teilweise den Firmengeheimnissen der beteiligten Firmen unterliegen.

Mit Projektstart wurde eine Reihe von Experteninterviews mit Vertretern der einzelnen Projektpartner geführt. Dabei wurde jeweils ein Teil der Transportkette beleuchtet und die involvierten Prozesse, verwendeten Daten und Informationen bzw. Rahmenbedingungen erfasst und detailliert beschrieben. Die Detailbeschreibungen wurden in einem Deliverable als „Bericht zu Arbeitspaket 2“ zusammengestellt, welches dem Fördergeber zur Einsicht zur Verfügung gestellt wird. In diesem Deliverable sind neben den User Stories zur Motivation am Projekt und den Rahmenbedingungen und projektrelevanten Definitionen sämtliche Prozesse zur Abwicklung der betrachteten Transportkette im Rahmen des täglich zwischen Terminal Bludenz und dem Terminal Wien Süd verkehrenden OCC (Orange Combi Cargo). Dieser Zug wird von der Fa. Gebrüder Weiss gemanagt und befördert unter anderem auch Container, die im Auftrag von Fa Containerdienst Hämmerle GmbH für Großkunden täglich im Nachtsprung von Bludenz über den Terminal Wien-Süd nach Niederösterreich (Großraum Tulln) versendet werden, um dort an mehreren Orten mit Lebensmitteln (Melasse, Kartoffeln, etc.) befüllt zu werden. Die Container werden danach wieder über den Terminal Wien-Süd am selben Tag im Nachtsprung zum Terminal Bludenz zurück transportiert. Die Transportfahrten auf der Straße vom Terminal zu den Produzenten in Niederösterreich werden durch den Projektpartner Venz Logistik GmbH durchgeführt.

Als Beispiel für den Detaillierungsgrad der Untersuchungen und Aufbereitungen sind in den folgenden Abbildungen die Prozesse zur Abwicklung des Transportes von Vorarlberg zu den Kunden im Großraum Wien dargestellt.

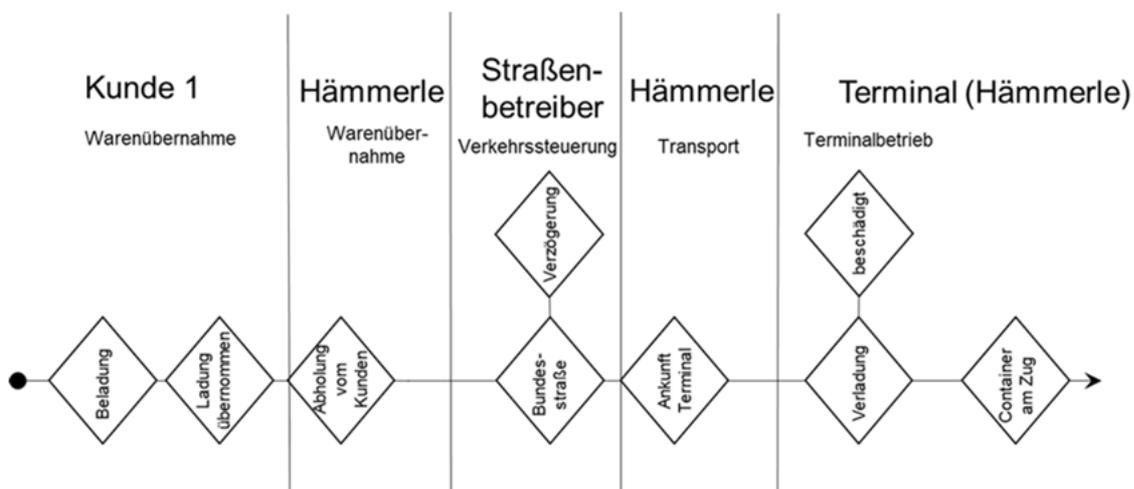


Abbildung 3: Ablaufdiagramm Transportkette Vorarlberg (Kunde1) – Niederösterreich (Kunde 2) Teilabschnitt Abholung Vorarlberg (Kunde 1) + Straßenvorlauf + Terminal Bludenz

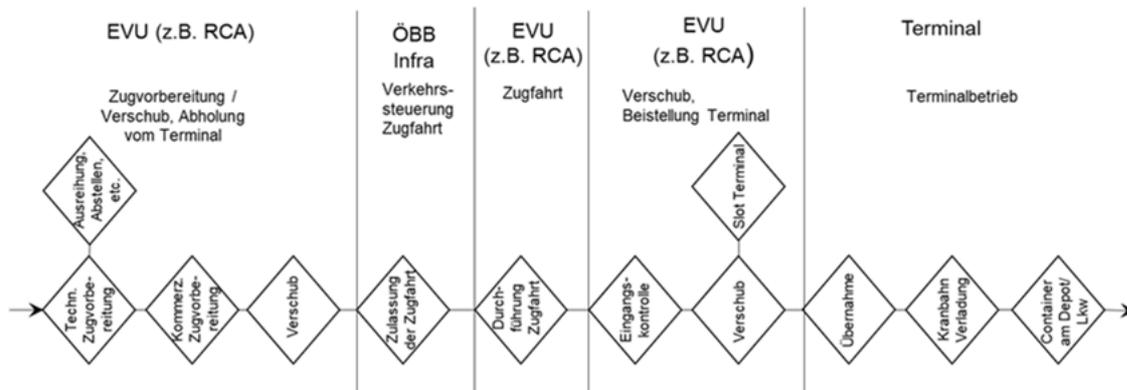


Abbildung 4: Ablaufdiagramm Transportkette Vorarlberg (Kunde1) – Niederösterreich (Kunde 2) Bahntransport Terminal Bludenz – Terminal Wien Süd

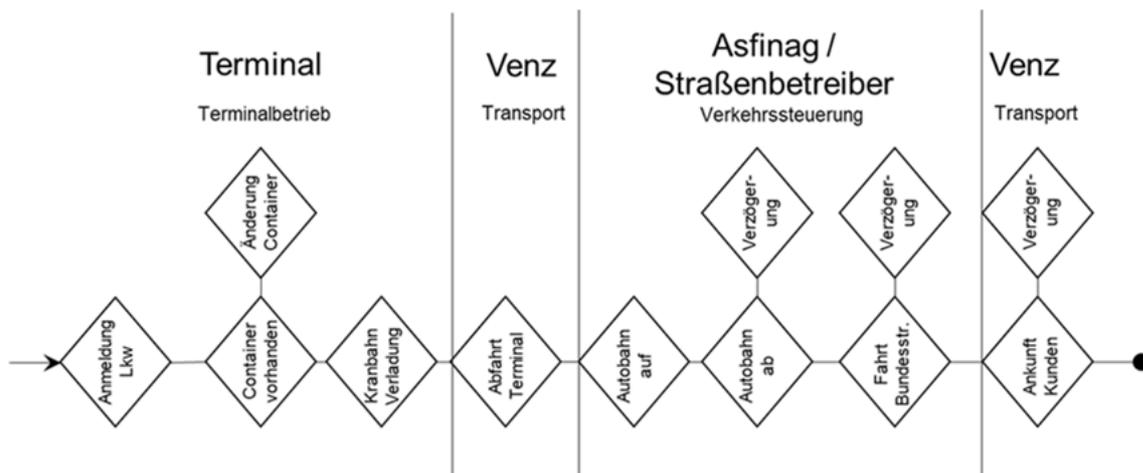


Abbildung 5: Ablaufdiagramm Transportkette Vorarlberg (Kunde1) – Niederösterreich (Kunde 2) Straßennachlauf Terminal Wien Süd – Niederösterreich (Kunde 2)

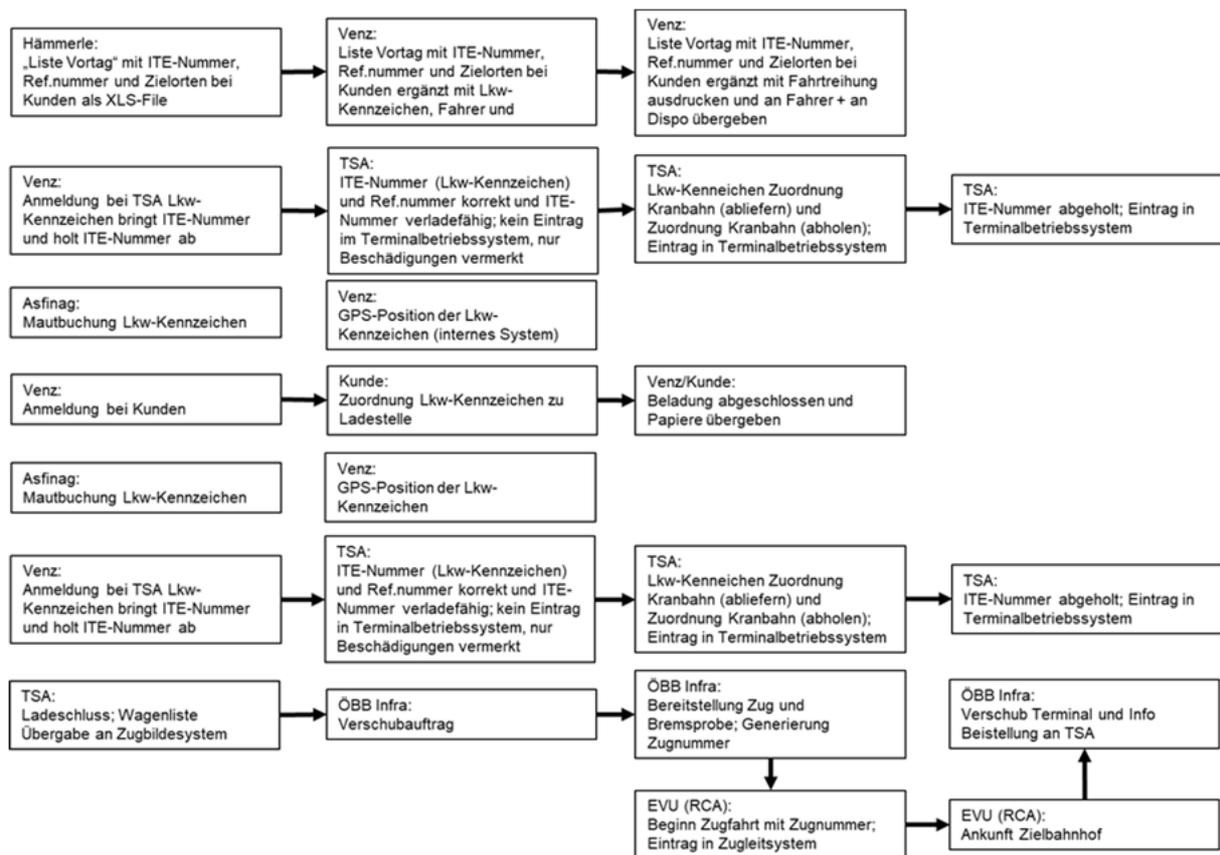


Abbildung 6: Darstellung der derzeit vorhandenen Informationsflüsse

Anschließend wurden die beteiligten Systeme der Projektpartner inkl. der zu verwendenden Schnittstellen und Protokolle identifiziert, welche ebenfalls im Deliverable zu AP2 beschrieben sind.

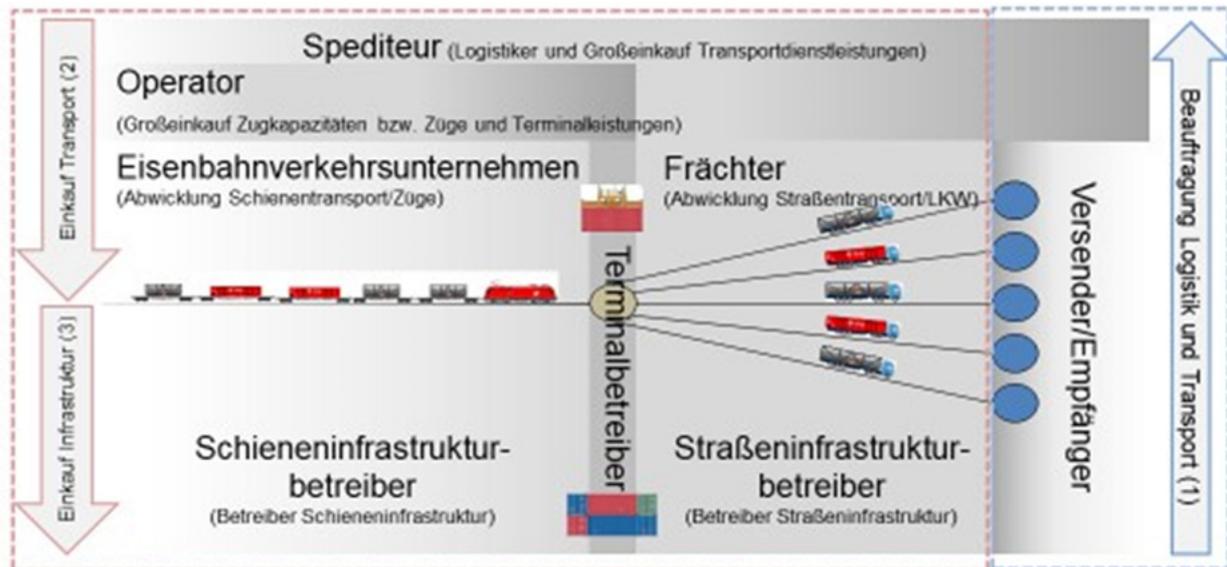
Darstellung der IST-Systeme:

- ETA-Monitor der ASFINAG maut GesmbH
- InfoHUB, Zugleitsystem und Zugbildesystem der ÖBB Infra AG
- Terminalbetriebssystem der Terminal Services Austria
- Disposystem der Venz Logistik GmbH

Abschließend wurden Anforderungen, Anregungen bzw. Wünsche an ein künftiges System aus den Expertenbefragungen zusammengefasst, welche als Grundlage für die Überlegungen und Planungen zur Architektur des Zielsystems dienen.

3.2 Architektur für Informationsweitergabe

Die Erarbeitungen der möglichen Lösungen zur Informationsweitergabe waren entsprechend der komplexen Voraussetzungen (siehe Abbildung 5) wurde in mehreren Runden durchgeführt. Die möglichen Szenarien je nach Informationsbedarf der unterschiedlichen Unternehmen wurden sukzessive evaluiert.



Der Terminalbetreiber stellt die Infrastruktur des Terminals zur Verfügung (Infrastrukturbetreiber) und führt Terminaldienstleistungen wie z.B. Hub, Reparatur und Lagerung der Container durch (also ähnlich einem Transportdienstleister auf Schiene und Straße).

Abbildung 7: Abbild der Informationsweitergabe

Die Definition der Daten als solches musste im Detail reflektiert werden, denn Daten, die zum Zweck der Produktion oder Leistungserbringung in Unternehmen generiert bzw. gespeichert werden, sind primär nicht zur Verwendung als Kundeninformation geeignet. Codierungen, Fachbegriffe, die im operativen Geschäft verwendet werden und einen wesentlichen Stellenwert besitzen, sind aus Kundensicht oft nicht ausschlagend für ihre Disposition. Daher waren inhaltliche Recherchen nötig, um die relevante und nutzenbringende Kundeninformation zu definieren. Straßen-, terminal- und eisenbahnspezifische Daten werden so gestaltet, dass die Verständlichkeit der Inhalte für Datennutzer gegeben ist (betrifft vor allem Abkürzungen und Fachausdrücke).

Die Daten können teilweise durch eine Transformation der vorhandenen Daten (Lkw-Kennzeichen, Wagenummer, Zugnummer) zu einem für den jeweils Berechtigten reduziertes Format (Containernummer) nutzbar gemacht werden.

Nutzeradäquate Inhalte sind Containernummer, Statusdaten (Wo ist der Container?) und Bewegungsdaten (Wann wird der Container in der nächsten Schnittstelle ankommen?). Seitens Straße und Schiene sind die benötigten Daten teilweise vorhanden. Im Terminalbereich wird an der Modernisierung der Systeme gearbeitet, um Statusdaten (Standort, Verfügbarkeit) verfügbar zu machen.

U.a. wurden auch die Anforderungen an die Datenqualität dieser Daten, die von verschiedenen Faktoren abhängig sind wie:

- Verfügbarkeit der Daten
- Durchgängigkeit der benötigten Informationen (Schnittstellen, Formate)
- Nutzeradäquate Inhalte (Art, Umfang)
- Zeitpunkt der Datenbereitstellung bzw. -übermittlung
- Verständlichkeit der Inhalte miteinbezogen.

Es war nötig die Vielschichtigkeit der Kaskade des Dienstleistungseinkaufs im Kombinierten Verkehr in einer Abbildung zu verdeutlichen (siehe Abbildung 7). Daraus ersichtlich ist wie sich die vertraglich vereinbarte Leistungserbringung gegenüber dem jeweiligen Besteller ergibt. Diese beinhaltet in der Regel auch den Teil der Kundeninformation. Daraus resultiert wiederum die vereinbarte Datenqualität (Lieferumfang, Lieferzeitpunkt, Lieferformat). Die Informationskette ist also grundsätzlich in entgegengesetzter Richtung des Leistungseinkaufs abzuwickeln. Der Datenschutz bezüglich dieser Informationskette hängt im Wesentlichen an dieser Reihenfolge. Das vorliegende Projekt hebt diese Reihenfolge aus.

Es mussten datenrechtliche Ausnahmen mittels zusätzlicher Vereinbarungen geregelt werden.

Im Rahmen des Projekts wird an der Durchgängigkeit der Daten auf elektronischer Basis gearbeitet. Bezüglich des Zeitpunkts der Datenbereitstellung bzw. -übermittlung wird primär an einer permanenten Abfragemöglichkeit gearbeitet. Aufgrund der Weiterentwicklung des Terminalsystems können derzeit erforderliche Daten nur im Rahmen der Terminalöffnungszeiten bereitgestellt werden.

Es wurde die Importschnittstelle für den Upload der Tracking Daten in das ETA System der ASFINAG definiert. Mit dem Upload Daten durch die Fa. Venz wird die Basisvoraussetzung für das Tracking gestartet. Diese Daten bestehen u.a. aus dem Lkw-Kennzeichen, der Containernummer und dem Ausgangsort/Zielort mit Zeiten.

Weiters wurde die Exportschnittstelle für den Abruf der aufbereiteten Trackingdaten der ASFINAG für die Fa. Venz spezifiziert, inkludiert wurden bestimmte, benötigte Bedingungen. Die Firma Venz lädt diese Daten in ihr System und hat damit u.a. Kenntnis welches Gantry von ihrem Lkw zeitnah passiert wurde.

Der Datenaustausch seitens ÖBB wird mittels unterschiedlicher, technischer Prinzipien (Pull- oder Pushnachrichten) erfolgen. Die Versendung der Pushnachricht mittels E-Mail wurde im Februar 2021 gestartet, sie beinhaltet die Nachricht, dass u.a. der Container mit bestimmter ITE-Nummer das Terminal verlassen hat. Die API-Testschnittstelle des ÖBB InfoHub wurde bereitgestellt und steht mit 03.05.2021 für Tests zur Verfügung.

Die vorhandenen Systeme der Unternehmen sind u. a. die Basis für den gewählten Ansatz der Soll Architektur im Pilotprojekt, u.a. mussten Systeme deren produktiver Einsatz geplant war, kompensiert werden.

DRAFT RRTM-C Architektur

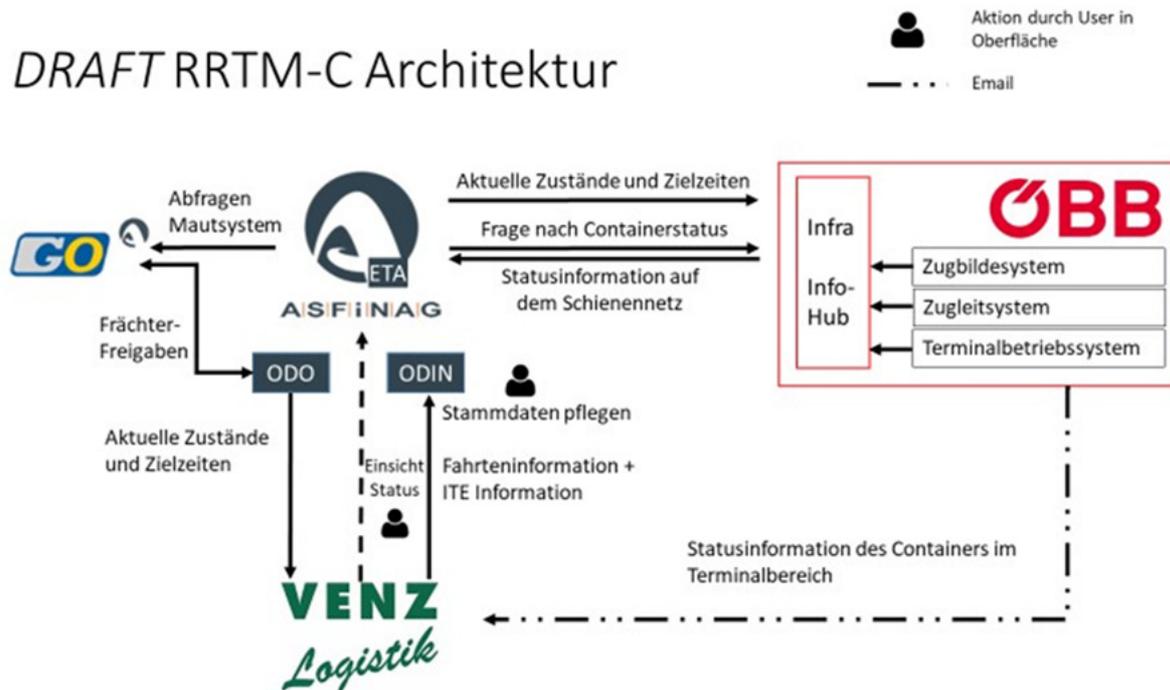


Abbildung 8: Abbild der Systemarchitektur für den Informationsaustausch

3.3 Implementierung Framework Optimierung

Im Rahmen des Projekts wird ein Digital Twin des Containerterminals entwickelt, mit dessen Hilfe die Geschäftsprozesse innerhalb des Terminals in Software abgebildet werden.

Konkret betrachten wir hierbei die Anlieferung, Zwischenlagerung, Verladung und Abholung der einzelnen Frachtcontainer anhand gegebener Zeitpläne für Züge und Lkw.

Im ersten Schritt wurden die relevanten Systemkomponenten, die im Digital Twin repräsentiert werden müssen, identifiziert.

Die zentrale Komponente ist ein einzelner Frachtcontainer, dessen Fluss durch die verschiedenen Stationen des Terminals abgebildet wird. Von der Anlieferung des Containers mittels Zugs oder Lkw bis zu seiner letztlichen Abholung wird zu jedem Zeitpunkt der genaue Standort des Containers getrackt und im Digital Twin gespeichert. Die Bewegung von Containern erfolgt dabei ausschließlich über die im Terminal vorhandene Transportinfrastruktur wie Verladekräne und Hubstapler, deren Zeitpläne ebenfalls im Digital Twin verwaltet werden.

Für jeden Container sind geplanter Ankunfts- und Abfahrtszeitpunkt bekannt, anhand derer die notwendigen Bewegungen des Containers vom Digital Twin berechnet werden können. Abweichungen von diesen Zeiten, etwa durch verkehrsbedingte Verspätungen, führen zu einer Neuberechnung aller betroffenen Containerpläne.

Aktuell erfolgt die Implementierung des beschriebenen Digital Twins. Die beschriebenen Komponenten werden dabei als einzelne Objekte repräsentiert.

Für Container werden etwa der aktuelle Standort, sowie bereits erfolgte und künftig geplante Bewegungen innerhalb des Terminals gespeichert.

Ebenso kennt das System die Liste aller für den Tag geplanten Containeranlieferungen und -abholungen, inklusive der geplanten Zeitpunkte. Weiters sind eventuelle Abweichungen von diesen Plänen hinterlegt.

Vom Terminal selbst sind das Layout aller Containerstandplätze (sowohl im Containerlager als auch auf den abgestellten Lkw und Zügen) und die Transportmöglichkeiten zwischen den einzelnen Standplätzen (etwa mittels Krans oder Hubstapler) gespeichert.

Aufbauend auf dem zuvor beschriebenen Digital Twin soll die Planung der Transportwege der einzelnen Container innerhalb des Terminals optimiert werden. Vorrangiges Ziel ist hierbei, unnötige Containerbewegungen zu vermeiden und die Transportwege möglichst kurz und effizient zu halten, um die Kapazität des Terminals möglichst effizient nutzen zu können.

Dabei berechnet der Optimierungsalgorithmus anhand der erwarteten Ankunfts- und Abholzeitpunkten der einzelnen Container einen Transportplan für alle relevanten Container. Bei nötiger Zwischenlagerung im Containerlager wird der Transportplan aller Container in die Auswahl des Lagerplatzes mit einbezogen, um den Zugriff auf die einzelnen Container in der richtigen Reihenfolge möglichst einfach zu gestalten.

Bei Änderungen im Liefer- und Abholplan kann die Optimierung anhand der aktualisierten Informationen neu durchgeführt werden. Dabei werden alle bereits erfolgten Containerbewegungen korrekt berücksichtigt.

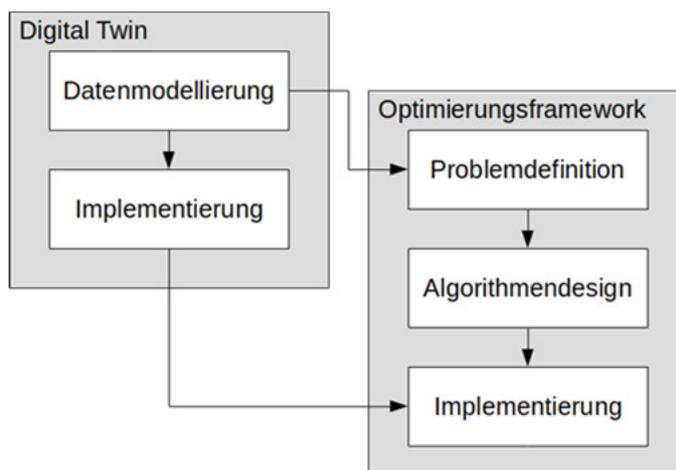


Abbildung 9: Zusammenspiel Digital Twin und Optimierungsframework

Durch die Verwendung dieses Optimierungsalgorithmus soll insbesondere aufgezeigt werden, wie sich verlässliche Vorabinformation zu Containerankünften und -abholungen und Echtzeitinformation zu Verspätungen auf die Logistikprozesse innerhalb des Terminals auswirken - insbesondere im Vergleich zur aktuellen Situation, wo diese Information nicht vor der Ankunft der Fahrzeuge zur Verfügung steht und daher auch nicht in die Planung einbezogen wird.

3.4 Implementierung Informationsverknüpfung

ÖBB haben mit den Arbeiten zur Umsetzung der erforderlichen Schnittstelle am InfoHUB begonnen. Es wird eine Schnittstelle bereitgestellt, die auf Basis der übergebenen Container-Identifikation eine Zuordnung zum Zug sowie dessen ETA inkl. allfälliger Abweichungen abbildet. Zusätzlich sind

Zugdetails (z.B. aktueller Ort) über eine Zugleitsystem Schnittstelle verfügbar. Die Detailabstimmung der Schnittstellen sowie ein Testzugang für ASFINAG (als Nutzer der Schnittstelle) wird bis Ende April 2021 bereitgestellt.

ASFINAG hat mit Vorbereitungsarbeiten der Umsetzung begonnen. Dazu zählen insbesondere Planungs- und Definitionstätigkeiten. Insbesondere wurden im Berichtszeitraum folgende Schritte gesetzt:

- Beauftragung Auftragnehmer TietoEvry: TietoEvry war auch bisher Umsetzer des ETA-Monitors der ASFINAG und ist daher mit GUI(-Implementierung), verwendeten Frameworks, Datenbankmodell und Schnittstellen bestens vertraut. Die Beauftragung erfolgte über die bestehende Rahmenvereinbarung der ASFINAG mit TietoEvry.
- Definition von Ergänzungen an der ETA-Monitor Business-Logik: der (IV) ETA-Monitor ist ein etabliertes Service der ASFINAG, welcher im gegenständlichen Projekt um intermodale Funktionalitäten erweitert wird. Im Zuge dessen sind Prozesse der Business-Logik anzupassen und wurden diese identifiziert. Gleichzeitig wurden erste Überlegungen zur Trennung der Implementierung und Betriebsführung des ETA-Monitors und des RRTM-C Prototypen anstrengend.
- Bearbeitung Lastenheft für die Implementierung: besonderes Augenmerk liegt auf einer klaren Abgrenzung zum bestehenden Service ETA-Monitor und der Spezifikation der Umsetzungen als rückwärtskompatible Erweiterungen. Das LH umfasst die Grobarchitektur, User-Stories, Mockups, funktionale und nicht-funktionale Abgrenzungen
- Erste Ideen und Mockups zur GUI-Darstellung: im ETA-Monitor können Kunden aktuell die Stammdaten sowie aktuelle Positionsdaten und erwartete Ankunftszeit (ETA) von LKW auf Basis von Positionsbestimmungen über das GoMaut-System in einer Tabelle anzeigen und als Detailansicht eine Kartendarstellung laden. Die Tabelle wird im Zuge des Gegenständlichen Projektes erweitert und vereinfacht, sodass auch der Zug-Teil abgebildet werden kann. Weiters ist eventuell eine Detailansicht zur aktuellen Positionierung geplant.
- Abstimmungen mit Venz GmbH ad Output Schnittstelle: Aktuell ist der ETA-Monitor als Webanwendung implementiert, die von Disponenten und anderen Berechtigten zur verbesserten Planung und Alarmierung von Fahrten und eventuellen Verzögerungen genutzt wird. Venz GmbH hat die Anforderung geäußert, die multimodalen Tracking- und ETA-Daten auch als Schnittstelle beziehen zu können. Im Kontext des Projektes soll auch dieser Output in Richtung Kunde pilotiert und evaluiert werden.

4. Ausblick und künftige Aktivitäten

Die folgende Darstellung der nächsten Schritte ist nicht nur als im Projekt stattfindend anzusehen, sondern stellen auch die geplanten Aktivitäten der AG im nächsten Jahr dar.

Die Planung der Systemarchitektur und die Schnittstellendefinition sind nahezu abgeschlossen, womit ein Grundgerüst für die Informationsverknüpfung aus den Teilsystemen der Partner geschaffen wurde. Im Zuge der Implementierung und des Probebetriebes werden diese noch an die dann aktuellen Gegebenheiten angepasst. Als Ergebnis liegt eine finale Gesamtdarstellung der Soll Architektur (Systeme, Datenflüsse) mit allen am Informationsaustausch beteiligten Unternehmen.

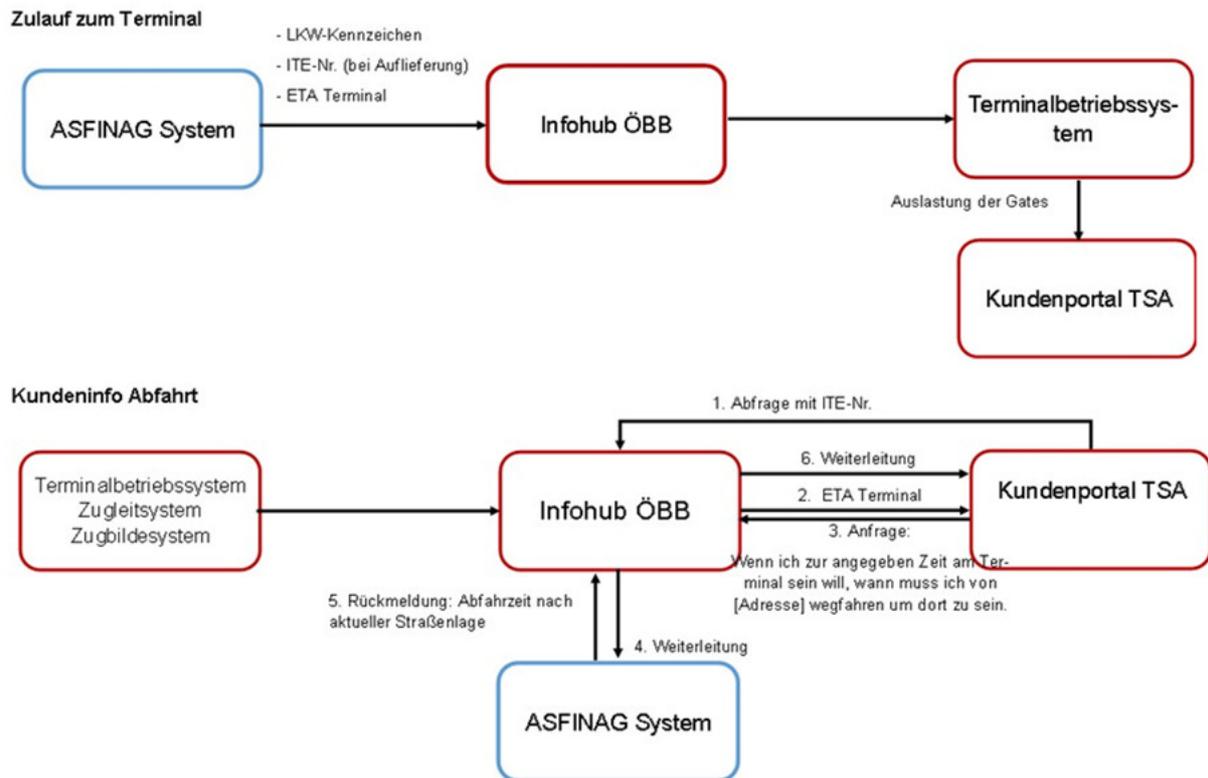


Abbildung 10: Darstellung der geplanten Informationsflüsse

Die Überlegungen zum **Datenschutz und Datensicherheit** wird ergänzend strukturiert und detailliert und dient primär dem Projektziel. Die Verwendbarkeit von Status- und Bewegungsdaten der Container von den Informationsgebern hin zu den Informationsempfängern wird noch finalisiert. Hier muss zwischen Datenschutz (Personen bezogene Daten), Datensicherheit (innerbetriebliche Daten, Systemsicherheit) und Berechtigungen (Verträge zwischen den am Transport Beteiligten) unterschieden werden. Bei den Berechtigten ist vor allem auch Thema, dass Daten an Dritte weitergegeben werden, die in der Kaskade nicht Kunde des Datenlieferanten sind (z.B. Terminal/Frächter). Die inhaltlichen Grundlagen für dazu benötigte vertragliche Regelungen werden noch analysiert.

Als nächste Schritte bei der **Implementierung Framework Optimierung** erfolgen hier die Erstellung eines Grundgerüsts der Software, die die Prozesse beschreibt, die mit entsprechenden Modellierungsrahmenbedingungen versehen sind. Im nächsten Schritt werden die Annahmen zu den gewählten Rahmenbedingungen mit den Projektpartner TSA und ÖBB Infra überprüft bzw. adaptiert.

Im weiteren Projektverlauf werden im Rahmen der **Implementierung der Informationsverknüpfung** sukzessive die Schnittstellen angebunden und erfolgt die funktionale Umsetzung und Implementierung der multimodalen Kette im ETA-Monitor. Die wichtigsten nächsten Schritte sind die Anbindung des ÖBB InfoHUB sowie die finale Festlegung der Input- und Output-Schnittstellen. Datenbankmodell und GUI-Festlegung werden in Q3/2021 finalisiert.

Der **Probetrieb** wird mit der funktionalen Umsetzung der Implementierung der Informationsquellen und -tools gestartet. Dabei werden noch geringe Anpassungen auf Grund der Gegebenheiten durchgeführt, um einen reibungslosen Testbetrieb bis Ende März 2022 zu ermöglichen. Es werden

zwischenzeitlich Integrationstests, beispielsweise der Schnittstellen des InfoHUB, seitens ASFINAG durchgeführt. Weiters werden Vorbereitungen mit Venz GmbH als Stammdatenlieferant (geplante Fahrten, Containernummern) getroffen, um insbesondere des User Management ASFINAG ETA-Monitor, Konfiguration des Mandanten und Schnittstellen umzusetzen.

Die angeführten Arbeiten ermöglichen am Ende des Projektes eine Möglichkeit exakte, laufend aktualisierte Informationen zur Ankunftszeit von Containern in beteiligten Terminals oder künftig in allen möglichen Schnittstellen zwischen den Verkehrsmodi, zu erhalten. Dabei bestehen dann folgende Möglichkeiten zur Abholung der Informationen:

- Als User des ASFINAG ETA-Monitor: Mittels Containernummer (ITE-Nummer und Lkw-Kennzeichen) kann im ETA-Monitor die ETA der relevanten Container festgestellt werden.
 - Dies kann direkt im ETA-Monitor erfolgen oder
 - über eigener Tools in die Systemlandschaft der Nutzer übernommen werden, wie mit der in Entwicklung befindlichen App der Venz Logistik GmbH für ihre Fahrer*innen
- Als Halter eines Accounts direkt über die Informationswebseite die die Informationen aus den ÖBB Systeme im InfoHub bereitstellt

5. Fortführung der Aktivitäten

Die **erfolgreiche Zusammenarbeit** innerhalb der Arbeitsgruppe und im Förderprojekt zeigte unter anderem auch die Wichtigkeit der Fragestellungen auf. Durch die Schaffung von durchgehenden Informationsketten von multimodalen Transporten können eine Vielzahl von Mehrwerten erschlossen werden. Das erstreckt sich nicht nur von der besseren Planbarkeit und bis zu verbesserten Reaktionen im Abweichungsfall, sondern ermöglicht auch eine Verringerung der CO₂-Bilanz der betrachteten Transporte und eine Stärkung der Schiene als Verkehrsträger für den Langstreckenverkehr. Das Projekt hat eine Architektur geschaffen, die auch auf Transportketten außerhalb des kombinierten Verkehrs skaliert und angewendet werden kann.

Aus diesem Grund gibt es speziell bei den Führungsebenen der beteiligten Infrastrukturbetreiber ASFINAG und ÖBB Infrastruktur ein Bekenntnis zur Fortführung der gemeinsamen Aktivitäten im Rahmen der Initiative zur Schließung der Informationskette in Zukunft. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung fanden bereits Überlegungen und Sondierungen statt, welches der vielen Förderprogramme sich für eine Ausweitung der Systemlandschaft eignen kann, um die komplexeren Fragestellungen und Rahmenbedingungen von multimodalen Transporten außerhalb des Kombinierten Verkehrs abzudecken.

Arbeitsgruppe 6:
Autonomes Fahren

Arbeitsgruppenleiter:
Markus RACZ

Arbeitsgruppenmitglieder:
Michael ALEKSA, Christian BIESTER, Manuel Hahnl, Martin LAMPEL, Wolfgang RICHTER, Christine SCHARINGER, Michael SCHUSSEK, Erich STADLER, Roland STADLBAUER, Thomas VALENTIN, August ZIERL

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Aufgabenstellung für den 2. Berichtszeitraum wurde folgendermaßen definiert:

1. Automatisches Parken in Park&Ride Anlagen und Garagen: Eine Novellierung der Automatisiertes Fahren Verordnung ist veröffentlicht, welche auch das Parken betrifft. Deren Auswirkungen auf z.B. Park & Ride soll detaillierter ausgearbeitet werden. Dabei ist auf den tatsächlichen Nutzen einzugehen und dieser von reinen Komforthemen zu trennen.
2. Rechtlichen Aspekte „widerspruchsfreie STVO“ und deren „EDV gerechte“ Aufarbeitung alias „Führerscheinprüfung für hoch automatisierte Fahrzeuge“.

Zu den beiden folgenden Aufgabenstellungen werden in den ersten Arbeitsgruppenrunden Know-how Träger eingeladen, um über die Themen zu referieren. Aus diesen Referaten und den darauffolgenden Gruppendiskussionen werden Aussagen definiert, welche in Summe den Arbeitsgruppenbericht bilden. Die Arbeitsgruppe wird auch explizit Handlungsempfehlungen festlegen, welche zur Erreichung des hoch autonomen Fahrens insbesondere in Park&Ride Anlagen/Garagen zur Anwendung kommen sollten.

2. Ergebnisse und Empfehlungen

2.1 Begriffsdefinition Autonom versus Automatisiert

Wenn es heute um die Zukunft der Mobilität geht, dann ist autonomes Fahren ein zentrales Thema.

Die Vision von Fahrzeugen die sich autonom verhalten, also Entscheidungen unabhängig und selbständig über Algorithmen und daran geknüpfte Reaktionen des Fahrzeugs treffen, mag zu einem bestimmten Teil für den Individualverkehr gelten, im öffentlichen Verkehr (Nah- und Fernverkehr) ist der Begriff „Autonom“ aufgrund der zwingenden Vernetzung Fahrzeug – Infrastruktur und Fahrzeug - Fahrzeug nicht passend.

Autonome Testfahrzeuge waren und sind noch immer eine Herausforderung für die Entwicklung der notwendigen Technologien, im praktischen Zusammenspiel mehrerer Arten von Verkehrsmitteln wird es aber nicht allein um unabhängige oder eigenständige Entscheidungen der einzelnen Verkehrsteilnehmer gehen. Es sind vorrangig Technologien und Entwicklungen aus den Bereichen Mobilität, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), wie zum Beispiel Fahrerassistenzsysteme, Verkehrstelematik, intelligentes Verkehrsmanagement, V2X-Kommunikation und Telekommunikation, die gemeinsam zur Erreichung der Ziele eines automatisierten Verkehrs zum Einsatz kommen werden.

Im Umfeld von automatisiertem Fahren im Individualverkehr werden vor allem Themen wie erhöhte Sicherheit und Komfort für den Nutzer in den Vordergrund gestellt. Als Fernziel wird im Individualverkehr auch die erweiterte oder neue Mobilität von Kindern, Alten und Leuten ohne Führerschein gesehen. Im öffentlichen Verkehr ist es das Ziel durch automatisiertes Fahren die Betriebsabläufe zu optimieren, Gefäße bedarfsorientiert einzusetzen, die Energieeffizienz zu verbessern und die Streckenkapazität zu erhöhen. Und das alles ohne Kompromisse bei den Sicherheitsanforderungen.

Speziell bei U-Bahnen und Metros, also in Teilen des öffentlichen Nahverkehrs, ist die Automatisierung bereits weit fortgeschritten. Begünstigt durch einfache und klar definierte Strecken, in sich geschlossene Streckenführungen in zum Großteil geschützten Bereichen, homogenes rollendes Material und anderen sich positiv auswirkenden Einschränkungen, ist der Bedarf an zusätzlicher laufender Information und der damit verbundenen Kommunikation einigermaßen eingeschränkt.

Getrieben durch die Erfahrung mit automatisiertem Fahren im öffentlichen Nahverkehr wurde auch bereits frühzeitig eine Nomenklatur für den Grad der Automatisierung im schienengebundenen Personennahverkehr standardisiert:

Grades of Automation (GoA) according to IEC/EN 62290-1

*) n/a for industrial, mining & freight

Grade of Automation	Type of Operation	Drive Train	Supervise Track	Supervise Passenger Transfer ³⁾	Train status, Incidents & Emergencies
GoA1 	<ul style="list-style-type: none"> Automatic Train Protection (ATP) e.g. ETCS, LZB, PZB, PTC etc. 	DAS Driver	Driver	Driver	Driver
GoA2 	<ul style="list-style-type: none"> Semi Automated Train Operation (STO) with Automatic Train Operation (ATO) 	System ¹⁾	Driver	Driver	Driver
GoA3 	<ul style="list-style-type: none"> Driverless Train Operation (DTO) Train attendant onboard / on call^{**)} <p>** e.g. industrial, mining</p>	System ¹⁾	System ²⁾	Train attendant	Train attendant
GoA4 	<ul style="list-style-type: none"> Unattended Train Operation (UTO) No staff onboard 	System ¹⁾	System ²⁾	System ³⁾	System ⁴⁾

1) Automatic Train Operation (ATO) 2) Obstacle detection 3) Passenger supervision 4) Status & incident management, remote control
5) Driver Advisory System (DAS) displays advises to driver w/o interface to train control

Abbildung 11: Grades of Automation (GoA) Definition

Im Bahnverkehr führen andere Voraussetzungen, wie zum Beispiel komplexe Schienennetze mit unterschiedlichen Zuständen von verschiedenen Streckenabschnitten, unterschiedliches rollendes Material und keine fixe Zuordnung von Zügen zu spezifischen Strecken mit teilweise auch internationalen Einsätzen, zu weitaus größeren Datenmengen. Hier liegt sicher noch eine große Herausforderung für die Bahnindustrie, um die Schlüsselfunktion der Vollbahn¹⁴ für die Zukunft sicher zu stellen.

Auch wenn viele Individualfahrzeuge seit Jahren mit unterschiedlichen Fahrassistenzsystemen, bis hin zum adaptiven Tempomaten mit Spur- und Abstandsregelung ausgestattet sind, die das Leben auf der Straße erleichtern und die Sicherheit erhöhen, wurde erst mit Anfang 2014 in Form der Norm SAE J3016 die Klassifizierung und Definition von Begriffen für straßengebundene Kraftfahrzeuge als Grundlage und wesentliche Voraussetzung der juristischen Bewertung beschrieben.

¹⁴ Bezeichnung von Eisenbahnen, die keine Straßenbahnen sind. Der Begriff wurde auch als Abgrenzung gegenüber Kleinbahn verwendet. Er weist darauf hin, dass die Eisenbahn keine baulichen Einschränkungen bezüglich des Betriebs mit hohen Achslasten und hohen Geschwindigkeit aufweist.

SAE-Stufe	Name	Beschreibung	Quer- und Längsführung	Umgebungsbeobachtung	Rückfallebene
Stufe 0	No Automation (keine Automation)	Der Fahrer fährt eigenständig, auch wenn unterstützende Systeme (z.B. ABS oder ESP) vorhanden sind.	Fahrer	Fahrer	keine
Stufe 1	Driver Assistance (Assistenzsysteme)	Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- oder Querführung (u.a. ACC).	Fahrer und System	Fahrer	Fahrer
Stufe 2	Partial Automation (Teilautomatisierung)	Ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- und gleichzeitiger Querführung.	System	Fahrer	Fahrer
Stufe 3	Conditional Automation (Bedingte Automatisierung)	Autonomes Fahren mit der Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung zum Eingreifen reagieren muss.	System	System	Fahrer
Stufe 4	High Automation (Hochautomatisierung)	automatisierte Führung des Fahrzeugs mit der Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung zum Eingreifen reagiert. Ohne menschliche Reaktion steuert das Fahrzeug weiterhin autonom.	System	System	System
Stufe 5	Full Automation (Vollautomatisierung)	vollständig autonomes Fahren, bei dem die dynamische Fahraufgabe unter jeder Fahrbahn und Umgebungsbedingung wie von einem menschlichen Fahrer durchgeführt wird. Der Mensch kann ebenso noch Steuereingaben durchführen.	System	System	System

Abbildung 12: SAE Stufen

Der VCÖ hat dieselben SAE Stufen in eine humorvollere Darstellung verpackt.



Abbildung 13: SAE Stufen in VCÖ Darstellung

Ähnlich der unterschiedlichen aktuellen Ausgangslage im Vergleich U-Bahn zur Vollbahn, wird auch im Individualverkehr die Erreichung der unterschiedlichen Stufen in verschiedenen Umgebungen früher oder später erzielt werden können.

Ein einfaches Beispiel ist die Situation „Parkhaus“, ein Umfeld in dem durch das Vorherrschen geringer Geschwindigkeiten die Situation trotz hoher Komplexität einfacher beherrschbar ist. Das

vollautomatisierte Fahrzeug in vernetzten Parkhäusern, bei denen ein Fahrzeug ohne Fahrer einen zugewiesenen Parkplatz findet, wird mit großer Wahrscheinlichkeit zeitlich erheblich vor dem vollautomatisierten Fahren in einer Stadt im Zusammenspiel mit nicht-automatisierten Fahrzeugen Realität werden.

Als notwendige Grundlage für automatisiertes Fahren in einem rechtssicheren Rahmen müssen sowohl auf nationaler Ebene wie auch im globalen Kontext die entsprechenden Voraussetzungen geschaffen werden. Und das unabhängig von den jeweiligen Definitionen die im direkten Vergleich doch auch schon einiges Gemeinsames zeigen.

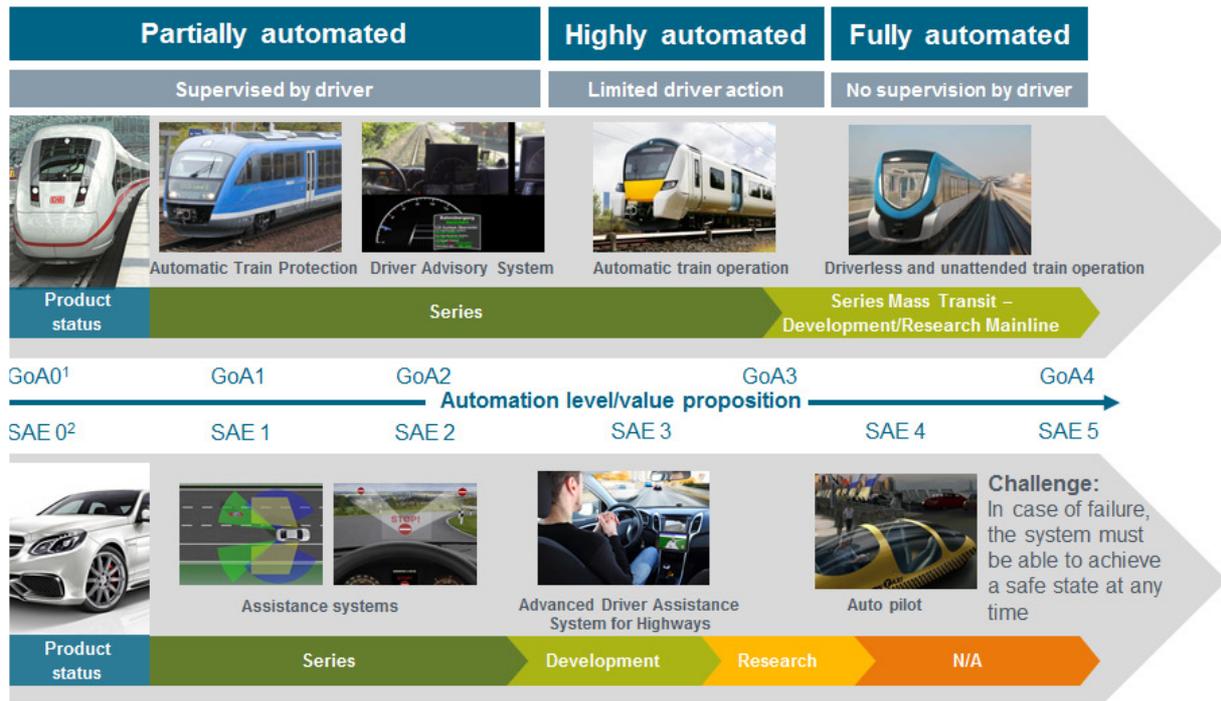


Abbildung 14: Vergleich GoA Level zu SAE Level

In dem Bericht wird daher weiterführend der Begriff automatisiertes Fahren in verschiedenen Automatisierungsstufen benutzt.

2.2 Aktuelle Einordnung der Fahrerassistenzsysteme

Weltweit sind 1,3 Mio. Tote im Straßenverkehr pro Jahr zu beklagen. In Österreich gibt es ca. 400 Getötete und 35.000 verletzte Menschen pro Jahr inkl. einem nur schwer abschätzbaren – da polizeilich nicht aufgenommen - aber erheblichen Sachschaden.

Aus diversen Studien der Ministerien, ASFINAG oder diversen Fachgruppen ist bekannt, dass 40% der Unfälle auf Grund von Ablenkung erfolgen und lediglich 25 % auf Grund von Vorrangverletzungen. Daher ist Ablenkung aktuell die Haupt-Unfallursache Nr. 1. in Österreich.

Diese Ablenkung durch Telefonieren, Rauchen bzw. Verfassen von Nachrichten kann der Gesetzgeber durch Strafandrohung versuchen einzudämmen. Es werden jedoch Tätigkeiten mit Ablenkungspotential bleiben, welche man schwerlich verbieten kann. Hierunter fällt zum Beispiel das Trinken bzw. Essen im eigenen Fahrzeug.

An dieser Stelle sind neue Technologien, wie zum Beispiel der Abstandsregler mit Spurhalteassistent eine klare Verbesserung. Die heutige Rechtslage erlaubt die Nutzung des Spurhalteassistenten und in zukünftigen Fahrzeugen werden ab 2022/24 folgende Assistenzsysteme in Europa bei Neufahrzeugen zwingend vorgeschrieben sein.

- Automatic Emergency Braking, Notbremsassistent
Ein kurz bevorstehender Zusammenstoß wird erkannt und das Fahrzeug bremst automatisch
- Emergency Stop Signal
Das Notbremsignal warnt den Hintermann bei einer Vollbremsung
- Lane Departure Warning, Spurverlassenswarnung
Beim Verlassen der Fahrspur wird ein Warnsignal (vibriert oder ein Ton) ausgelöst. Manche Systeme lenken auch wieder in die richtige Fahrspur
- Reversing Cameras or Detectors
Kameras und Detektoren unterstützen das Zurücksetzen
- Driver Drowsiness and Attention Monitors
Das Fahrzeug erkennt Müdigkeit und Aufmerksamkeitsprobleme des Fahrers und fordert zu einer Pause auf
- Alcohol Interlocks
Das Fahrzeug lässt sich nicht in Betrieb nehmen, sofern der Fahrer Alkoholspuren in der Atemluft hat
- Accident Data Recorder
Das Fahrzeug zeichnet die letzten Sekunden vor einem Unfall in einem zerstörungsresistenten Speicher auf
- Intelligent Speed Assistance, adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC).
Das Fahrzeug kann unter Berücksichtigung des vorausfahrenden Verkehrs eine Geschwindigkeit halten.

Es bleibt zu hoffen, dass die meisten dieser nützlichen Systeme nicht deaktiviert werden können bzw. eine Deaktivierung als Fahrlässigkeit im Fall eines Unfalls klassifiziert wird.

Um hier vorzubauen fördert das BMK laut Aussage von Fr. Sabine Kühschelm (Leiterin der Gruppe Infrastrukturverfahren & Verkehrssicherheit) im Rahmen des GSV Forums „Fahrerassistenzsysteme – Helfer oder lästige Beifahrer?“ am 30.10.2020 aktuell mit 1 Mio. € eine Studie, welche untersucht wird, wie Assistenten im Cockpit sowohl von der Sichtbarkeit als auch Bedienung optimal gestaltet werden sollten. Die Assistenzsysteme sollten den Fahrer nicht zusätzlich durch komplizierte Quittierungen, Bedienungen oder aggressive Warnungen ablenken, was heute bei Neufahrzeugen durchaus noch der Fall ist.

Bei den folgenden zwei Großveranstaltungen sieht man, dass das Thema hochautomatisiertes Fahren an Fahrt aufnimmt.

Bei den geplanten olympischen Winterspielen 2021¹⁵ in China werden die Athleten im SAE Level 5 zu den Sportstätten gebracht. Die im Kapitel 0 vorgestellte Firma Easelink hat mit den Veranstaltern

¹⁵ Vorbehaltlich Verschiebung auf Grund von Covid19

bereits betreffend ihrer Ladetechnik Matrix Charging® einen Vorvertrag abgeschlossen und wird Ihr Ladekonzept spätestens dort dem „Proof of Concept“ unterziehen.

Im Rahmen des ITS World Congress 2021¹⁵ in Hamburg, wird Siemens Mobility eine heute vorhandene Buslinie zwischen dem Congress Zentrum und anderen Verkehrsmodi durch einen autonom fahrenden Bus ersetzen.

2.3 Anforderungen Parkflächenbetreiber

Um die Anforderungen von Parkflächenbetreibern an das autonome Fahren besser greifen zu können, konnten wir jeweils einen Vertreter vom Flughafen Wien und WiPark in der Arbeitsgruppe befragen.

Vortrag Hr. Wolfgang Richter WiPark:

WiPark startete die Geschäftstätigkeit 1962 mit der Votivparkgarage mit 630 Stellplätzen und 55 Mitarbeitern. Heute zählt das Unternehmen 80 Standorte, 25.000 Stellplätze und 80 Mitarbeiter.

Ein Drittel der Mitarbeiter arbeitet im Bereich von Valet Parking und Tanken. Die angebotene Fahrzeugreinigung wird durch Drittunternehmen erbracht.

Man geht zurzeit von ca. 80 T€ Errichtungskosten pro Parkplatz aus. Sollte man Parkflächen nur für hoch automatisiert parkende Fahrzeuge vorsehen, so darf man mit zumindest 20 % Platzeinsparung rechnen. Diese Reduktion kann sich in geringeren Errichtungskosten oder mehr Kapazität bei gleichen Kosten auswirken. Das autonome Valetparken scheint jedoch bis auf wenige Pilotanwendungen (z.B. Boschsystem beim Mercedes Benz Museum) noch nicht marktreif zu sein. Daher werden diese Einsparungspotentiale bei aktuell in Planung befindlichen Neubauten noch nicht als produktivitätssteigernde Maßnahme mit eingeplant.

Handlungsempfehlung 1: Um einen gewissen Pull-Effekt zu erreichen, sollten Planer angehalten sein die 20 % Produktivitätssteigerung bei der Auslegung von Parkflächen für hoch automatisierte Fahrzeuge in die Vorschlagsliste für Bauherren aufzunehmen.

Zu diesen erhofften Produktivitätssteigerungen gegenläufig ist die Entwicklung der Parkplatzausdehnungen. Diese stieg in den 2016 verordneten Garagenverordnung von 2,3m * 4,8m; auf 2,5m * 5m bei gleichbleibender Höhe von 2,1m geschuldet der immer größeren SUVs.

Das von Bosch beim Mercedes Benz Museum in der Garage installierte System (<https://www.daimler.com/innovation/case/autonomous/fahrerlos-geparkt.html>) besteht aus einem zentralen Managementsystem, welches den autonomen Fahrzeugen die Position zuweist.

Es wird eine genormte Schnittstelle zwischen einer Garagenzentrale und den Fahrzeugen brauchen, sofern man es nicht den Fahrzeugen überlassen will, wo sie stehen. Hier wird der Garagenbetreiber mitreden wollen und müssen, da für einen geregelten Arbeitsablauf, welcher zumindest die Schritte Laden, Reinigung und Parken umfasst, unumgänglich ist, dass es eine koordinierende Stelle gibt.

Es müssen somit auch nicht alle Parkplätze mit Lademöglichkeit ausgestattet sein. Die autonomen Fahrzeuge können zum Laden gewisse Punkte in der Garage anfahren und dann wieder verlassen. Somit sinkt der Investitionsbedarf und es kommt auch zu einer sinnvollen Systemauslegung betreffend der Stromzuleitung im Gebäude.

In diesem Zusammenhang zeigt sich auch im urbanen Umfeld, dass die Infrastrukturbetreiber von der Errichtung von Schnellladestationen abgehen und Ladestationen mit geringerer Kapazität verbauen.

Weiters ist insbesondere im Indoor-Bereich für die hoch automatisierten Fahrzeuge eine Ortungsunterstützung unerlässlich.

Die oben angesprochene zentrale Parkmanagementfunktion ist auch Voraussetzung für ein späteres intelligentes Gridmanagement (Management des Stromnetzes), in welchem die vollelektrischen teilautonomen Fahrzeuge als Stromkonsumenten, aber auch zeitweilige Stromzwischenpeicher, einen wesentlichen Einfluss haben werden. Das Gridmanagement sollte eine Schnittstelle zum Parkmanagementsystem haben, damit auch gesteuert werden kann, wann welches Fahrzeug Verbindung zum Stromnetz bekommt.

Handlungsempfehlung 2: Es ist eine genormte Schnittstelle zwischen Garagenmanagementsystem und hoch automatisierten Fahrzeugen zu definieren, welche es den Betreibern erlaubt, den Fahrzeugen Fahrbefehle innerhalb der Garagenfläche zu geben.

Autonome Fahrzeuge brauchen bei der Einfahrt eine Identifizierungsmöglichkeit, um die Parkgebühr verrechnen zu können. Heute sind bereits durch die KFZ-Produktion selbst bis zu 20 RFID Tags im Auto verbaut. Dieser Umstand führt zu einer hohen Zahl von Fehllösungen was im SAE Level 5 unbedingt vermieden werden muss, da es keinen Fahrer gibt, der über eine Sprechanlage am Schranken Hilfe anfordern kann.

Handlungsempfehlung 3: Es ist eine genormte eindeutige Identifizierbarkeit von hoch automatisierten Fahrzeugen vergleichbar mit einer MAC Adresse festzulegen, welche auch ausgelesen werden kann.

Sobald hoch automatisierte Fahrzeuge Parkflächen selbstständig befahren, kommt ein erhöhter Fokus auf die Begegnungszone Mensch / Fahrzeug im Einfahrtsbereich. Diese Begegnungsflächen bieten neue Geschäftsmöglichkeiten. Hier wird mehr Platz als bei den heutigen Einfahrten notwendig sein, damit mehrere Fahrzeuge gleichzeitig verlassen bzw. beladen werden können. Zusatzgeschäftsmöglichkeiten können zum Beispiel Paketstationen, Onlineeinkaufabholung, Wäscherei und vieles mehr sein.

In den meisten Parkhäusern gilt die STVO. Somit ist die heutige gesetzliche Regelung betreffend hoch automatisiertes Parken noch nicht ausreichend.

Handlungsempfehlung 4: Der Gesetzgeber möge, über die heute vom Fahrer überwachte, automatisierte Parkmöglichkeit hinaus, Regelungen treffen, welche einen Mischverkehr zwischen individuellen Parker und hoch automatisierten Parkvorgängen erlaubt.

Vortrag Hr. Ing. Thomas Valentin, Flughafen Wien AG:

Heute verfügt der Flughafen Wien über 20.000 Parkplätze inklusive Mazur und Mitarbeiterplätzen. Die Geschäftsstrategie sieht vor, noch weitere Office Firmen zum Flughafen Wien zu bringen um das „Non Aviation“ Geschäft auszuweiten.

Im Rahmen des Vortrages wurde die Fragestellung diskutiert, ob es überhaupt Parkflächen für hoch automatisierte Fahrzeuge braucht. Es könnte, sofern die Energie kein kostenrelevanter Faktor mehr ist, für die hoch automatisierten Fahrzeuge günstiger sein in Bewegung zu bleiben, als Parkgebühren zu zahlen.

Gegen diese Denkvariante spricht jedoch die Notwendigkeit von Ladevorgängen, die Abnutzung der beweglichen Teile bzw. der Straße und der definitive Gegenwind der Infrastrukturbetreiber.

Weiters wird es Flotten geben, die in der Nähe des Flughafens bleiben, damit die pünktliche Abholung im Kiss&Ride Bereich sichergestellt werden kann. Das abholende Fahrzeug sollte nicht auf der A4 im Stau stehen.

In der Planung der Zukunft¹⁶ steht der Neubau des Parkhauses 5 mit ca. 3500 Stellplätzen. Die zugehörige Vision des Parkplatzmanagements betreffend Mietwagenfirmen ist, dass nicht jede Firma wie heute eine fixe Anzahl von reservierten Plätzen hat, sondern die Mieter bei Kiss&Ride ihren Mietwagen übernehmen welcher autonom aus der Tiefgarage zufährt. Das hätte auch bauliche Vorteile, da man in die Tiefgarage nicht sämtliche Lifte und Fluchtstiegen über alle Geschosse durchziehen muss.

Die Mietwagenfirmen werden daher zukünftig nur mehr Zeit in der Garage kaufen und nicht fixe Plätze. Das wäre ein Mehrwert für die Mietwagenfirma als auch den Garagenbetreiber.

Die Mietwagenflotten werden neben Carsharing Anbietern auch der Treiber für das hoch automatisierte Valet Parken sein. Wenn hier durch die Mietwagenfirmen eine große Anzahl von Fahrzeugen mit dieser Funktion gewünscht werden, dann wird die Automotive Industrie diese Funktion auch serienreif entwickeln. Durch die kurze Behalte Dauer der Mietwagen, kommen die Fahrzeuge dann auch zügig mit dieser Valet-Parkfunktion bei den Normalverbrauchern an.

Hierbei ist jedoch festzustellen, dass sich die Anforderungen betreffend des autonomen Parkens von Mietfahrzeugen am Flughafen und „normalen“ Nutzern in ÖBB Park&Ride Anlagen nochmals unterscheiden können und werden. Die Mietwagenfirma muss ein Fahrzeug der richtigen Kategorie, betankt und mängelfrei aus der Garage holen, sofern der Mietvertrag erst beim Inbetriebnehmen durch den Kunden final geschlossen wird. Der ÖBB P&R Kunde erwartet sein Fahrzeug zu bekommen.

Betreffend Anbindung Mazur Parkplatz hätte der Flughafen auch an autonom fahrenden Bussen Interesse.

Handlungsempfehlung 5: Als Vorstufe zum hoch automatisierten Parken sollten die Zubringerbusse der existierenden Außenparkplätze an Flughäfen und anderen Einrichtungen auf einen hoch automatisiert fahrenden Bus umgestellt werden. Da diese Busse elektrisch sein werden/sollten, ist eine erste Reduktion im Personenbeförderungsverkehr von CO₂ Emissionen als Einsparungen zu erreichen.

2.4 Zulassungsverfahren hoch automatisiertes Fahren (BMK)

¹⁶ Auf Grund von Covid19 sind sämtliche bisherigen Planungen neu zu evaluieren
Rail & Road Traffic Management: Abschlussberichte 2021

Eine Aufgabenstellung an die Arbeitsgruppe ist eine speziellere Betrachtung der rechtlichen Aspekte des hoch automatisierten Fahrens. Der theoretische Ansatz wäre, dass man analog zu einer Führerscheinprüfung für Menschen sich auch bei einem hoch automatisierten Fahrzeug durch Tests davon überzeugen können muss, ob das Fahrzeug fähig ist, die gültige Straßenverkehrsordnung einzuhalten.

Um ein Softwareprogramm/einen Algorithmus, der im Fahrzeug implementiert ist, abschließend testen zu können, müsste die STVO und alle damit in Verbindung stehenden gesetzlichen Regelungen aber in elektronischer Form und nach formalen Methoden spezifiziert vorliegen.

Das ist aktuell sicher nicht der Fall, wie auch eine aktuelle Ausschreibung zu Forschungsprojekten (D-A-CH KOOPERATION, VERKEHRSINFRASTRUKTURFORSCHUNG IM RAHMEN VON MOBILITÄT DER ZUKUNFT 2020) des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie belegt.

Siehe dazu auch die Empfehlung aus dem ersten September 2018 veröffentlichten Bericht dieser Arbeitsgruppe:

Handlungsempfehlung Nr. 4: Der Gesetzgeber muss den Auftrag zur Erfassung der relevanten Rechtsvorschriften (z.B. STVO) mit formalen Methoden geben. Ziel ist die Erarbeitung widerspruchsfreier und für automatisierte Fahrzeuge eindeutiger Rechtsvorschriften.

Daher war es für die Arbeitsgruppe sehr interessant mit Vertretern der Legislative aber auch der Automotivindustrie zu diesen beiden Themen ins Gespräch und Gedankenaustausch zu kommen.

Am 04.07.2019 konnten wir Frau Mag. Marleen Roubik vom BMVIT (heute BMK) zu einem Interview bitten.

Es stellte sich heraus, dass nach Ansicht des Ministeriums die Zulassung des hoch automatisierten Fahrens nach gleichen Schemata vollzogen werden wird, wie es heute bei sämtlichen anderen Zulassungsthemen im Automobilumfeld üblich ist. Das heißt, es wird auf EU-Ebene eine Typengenehmigung ausgesprochen, welche von den anderen EU-Ländern anzuerkennen ist, außer ein lokales Recht spricht dagegen. Hier wäre ein Beispiel einer lokalen Regelung, ob eine Hand am Lenkrad zu sein hat oder nicht.

Somit wird das Fahrerassistenzsystem analog anderer Fahrzeugeinrichtungen in einem Fahrzeug hineingenehmigt.

Die Straßenverkehrsordnung richtet sich heute auch eindeutig an Menschen und nicht Maschinen. Erwähnenswert in diesem Zusammenhang ist auch, dass bei den aktuellen Führerscheinlehrinhalten die Assistenzsysteme nicht im Fokus stehen.

Handlungsempfehlung 6: *Im Rahmen der Führerscheinausbildung müssen vor allem aktuell im breiten Einsatz befindliche Assistenzsysteme aktiv gelehrt und benutzt werden, damit die Fahrer später den Mehrwert bereits erkannt haben und nicht abgelenkt werden oder gar die Systeme aus Unkenntnis deaktivieren.*

Die Überprüfung, ob ein Fahrzeug den entsprechenden Regeln entspricht liegt beim Innenministerium bzw. bei der Polizei. Das BMK kann jedoch in die EU-Typzulassung (1860) nicht eingreifen und lässt sich regelmäßig über den Stand der Diskussion informieren. Die UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (Working Party.29) ist hier zur Regelung auf EU-Ebene eingesetzt.

Auf EU-Ebene geht die aktuelle Diskussion zwar in Richtung genormter Testfälle, welche von den Softwareherstellern nachgewiesen werden müssen, nur diese Tests beschäftigen sich nicht mit der Fragestellung der Straßenverkehrsordnung. Hier geht es vielmehr um den Nachweis der Spur-Abstandshaltung, also generell um Assistenzsysteme.

In diesem Zusammenhang ist auch anzumerken, dass man sich auf EU-Ebene ja auch dem Problem stellen müsste, dass die Straßenverkehrsordnungen in den Ländern nicht normiert sind. Somit werden in vergleichbaren Situationen verschiedene Handlungen vom Fahrer erwartet (Linksverkehr, Rettungsgasse, Blinken im Kreisverkehr...).

In diesem Zusammenhang wird öfter der Vorschlag geäußert die SAE Level 5 Fahrzeuge speziell zu kennzeichnen, damit die noch selbst fahrenden Lenker Rücksicht nehmen können. Davon ist dringend abzuraten, da sich erstens die SAE5 Fahrzeuge nicht anders als Selbstfahrer verhalten dürfen und zweitens manche Selbstfahrer versucht sein könnten die autonomen Fahrzeuge zu „ärgern“. Dies ist durch empirische Beobachtungen des autonomen Busses in der Seestadt Aspern belegt. Selbiger Testbetrieb wurde um ein Jahr bis 2021 verlängert.

Die Unterschiede in der optischen Ausprägung von Straßenverkehrszeichen könnte man durch genormte Karten (HD Maps) bzw. für das automatisierte Fahrzeug lesbare Tags auf den Verkehrszeichen noch sehr simpel in den Griff bekommen.

Es bleibt aber festzuhalten, dass es sich um einen Irrweg handeln muss, wenn man glaubt, dass sich das funktionale Verhalten von Fahrzeugsteuerungen nach gleichen Methoden wie die physikalische Ausprägung von Scheibenwischern zulassen lässt. Physikalische Themen kann man mit hinreichend vielen Tests ausreichend nachweisen, ohne in die Fahrlässigkeit zu kommen. Autonomes Fahren wird sich über noch so viele in Simulationen gefahrene Tests nicht ausreichend nachweisen lassen. Hier wird man Testmethoden entwickeln müssen, welche die Funktionen nicht nur verifizieren, sondern man auch geeignet validieren kann, dass die Funktionen nicht nur richtig funktionieren, sondern auch das richtige, der Situation angepasst, tun.

Die Einhaltung der Straßenverkehrsordnung müsste auch schon bei niedrigen Automatisierungslevel gewährleistet werden. Als Beispiel kann man den Abstand bei adaptiven Tempomaten bzw. den Vorrang von Fußgängern, welche sich einem Fußgängerübergang nähern nennen. In beiden Fällen wird das gültige Recht von der Implementierung dieser Level 2 Funktionen ignoriert. Die Fahrzeuge fahren auf der Autobahn bei hoher Geschwindigkeit knapper auf als erlaubt und warnen vor Fußgängern nur wenn eine Kollision droht unabhängig, ob der Fußgänger einen Fußgängerübergang benutzt.

Dem ist entgegenzuhalten, dass die NAVYA-Busse (mit einem niedrigen Automatisierungsgrad) über ein spezielles Sensoriksystem („LIDAR“) verfügen, die einen sich einem Fußgängerübergang annähernden Passanten sehr wohl im „Seitenblick“ bereits beim Annäherungsvorgang wahrnehmen und auf ihn StVO-konform („anhalten und gefahrloses Überqueren ermöglichen“) reagieren, in dieser

sehr speziellen Hinsicht also durchaus schon „führerscheinprüfungsfähig“ sind. Die Ableitung daraus: Je höher der finanzielle Aufwand zur technischen Ausstattung eines hoch automatisierten Fahrzeuges, desto mehr Führerscheintauglichkeit wird sich herstellen lassen. Für die kommerziellen Hersteller von hoch automatisierten Fahrzeugen wird dieser Zusammenhang jedoch aus Kostengründen nachfragedämpfende Wirkung haben.

In wieweit die für die Erkennung von Fußgängern notwendige Sensorik zwingend im Fahrzeug verbaut werden muss und nicht auch in der digitalisierten Infrastruktur liegen kann, werden die bereits in Betrieb befindlichen Testfelder zeigen.

Sinnvoller Weise wird es auch verschiedene Wege der Informationsweiterleitung geben. Einerseits kommunizieren die Fahrzeuge mit einer Infrastrukturzentrale z.B. Unfallmeldung x km voraus. Andererseits kommunizieren die Fahrzeuge zusätzlich zur Infrastruktur auch herstellerübergreifend untereinander und machen sich so gegenseitig die Informationen der Sensoren zugänglich um, in Anlehnung an die „Schwarmintelligenz“, gemeinsam ein besseres Bild der Verkehrssituation zu bekommen.

Handlungsempfehlung 7: *Der Gesetzgeber möge sowohl die herstellerübergreifende Kommunikation vorschreiben als auch die entsprechende Standardisierung der notwendigen Schnittstelle anstoßen.*

Die Firma Tesla lässt zum Zweck der Verbesserung der fahrerlosen Steuerungssoftware im Normalbetrieb den Algorithmus des autonomen Fahrens gegen den aktiven Fahrer fahren und überprüft die Unterschiede. Hierbei muss davon ausgegangen werden, dass sich der Fahrer entsprechend der Straßenverkehrsordnung verhält. So kann die teilweise künstliche intelligente Software automatisch verbessert (self learning) werden. Trotzdem kann es keine Garantie geben, dass die Software jede erdenkliche Situation schon einmal unfallfrei absolviert hat. Als anschauliches Beispiel sei die Karosseriebremsung als „ultima ratio“ bei defekten Bremsen in der Bergabfahrt genannt.

Glücklicher Weise ist bis zur Klärung der Zulassung dieser Fahrzeuge weiterhin der Mensch immer endverantwortlich, im hoch automatisiert fahrenden Autobus der verpflichtend anwesende Operator.

Spannend ist jedoch, dass, obwohl es noch kein Zulassungsverfahren gibt, es in Deutschland bereits erlaubt ist, Nebentätigkeiten nachzugehen, während die Fahrerassistenz verwendet wird. Eine Übernahmezeit ist nicht definiert.

Hier besteht ein gefährlicher Widerspruch, welcher zeitnah ausjudiziert werden sollte, weil man nicht ernsthaft Verantwortung für das Fahren übernehmen kann, wenn man Nebentätigkeiten nachgeht. In den USA gab es hier schon tödliche Unfälle, weil der Fahrer Videos ansah, während das autonome Fahrzeug Hindernisse nicht oder zu spät erkannte.

Es bleibt daher abzuwarten, wie die Gerichte hier zwischen Herstellerprodukthaftung und Fahrerhaftung unter- und entscheiden werden.

Ein weiterer spannender Aspekt ist, dass die Assistenzsoftware mit der Auslieferung zwar „function complete“ ist, jedoch weiter lernt. Es liegt im laufenden Prozess der Entwicklung von

Softwareprogrammen, dass sie ständig weiterentwickelt werden, einerseits in Fehlerhaftigkeit andererseits auch Algorithmen verbessert werden. Tesla schickt schon heute regelmäßig „over the air“ Updates an die in Betrieb befindlichen Fahrzeuge. Autos lernen somit nach ihrer Auslieferung an den Kunden weiter.

Diese Vorgehensweise ist zwar in der Automotive-Industrie nicht gänzlich neu, nur gibt es einen wesentlichen Unterschied ob bisher nur die Funktion des Motormanagements aktualisiert wurde oder ob es sich um ein „mission critical“ Verhalten in Verkehrssituationen handelt.

Im Eisenbahnumfeld gibt es im ETCS Umfeld bereits jahrzehntelanges Knowhow und auch negative Erfahrungen wie man mit Updates und deren Ausrollung umgeht. Hier gibt es Vorschriften, welche Strecken mit welchem Softwarestand befahren werden dürfen oder eben nicht. Wenn man verkürzt davon ausgeht, dass die ETCS Technik lediglich dafür eingesetzt wird, um Züge am Zusammenfahren auf Schienensträngen zu hindern, ist es vollkommen unverständlich, warum im Autoumfeld ohne Bindung an einen Schienenstrang und daher deutlich erhöhter Komplexität nahezu unreguliert agiert wird.

Die gerade auf unterschiedlichen Teststrecken laufenden Tests (z.B. bei Graz das Alp.Lab) zeichnen sich dadurch aus, dass auf Grund der spezifischen Einschulung der Testlenker auch mehr ausprobiert werden darf. Ein Expertenrat des Ministers erstellt nach Einreichung einer Testanforderung eine Einschätzung, ob dem Testantrag zugestimmt werden soll. Im Falle einer positiven Entscheidung wird ein Bescheid, welcher Testumfang und Streckenführung beinhaltet, ausgestellt. So darf zum Beispiel Tesla außerhalb der Testfahrten auf Autobahnen nicht automatisch die Spur wechseln.

In diesem Zusammenhang wird gerne das Musterbeispiel aus Florida/USA gebracht, wo angeblich SAE Level 5 Fahrzeuge bereits im Regelbetrieb seien. Das ist sicher nicht richtig. In den dort getesteten Fahrzeugen ist jede Menge Sensorik und Testmittel (z.B. PCs) installiert, welche in einem Serienfahrzeug so nie Platz finden werden und auch zu viel kosten würden. Somit sind wir von der Serienreife noch ein paar Jahre entfernt. Nichtsdestotrotz werden dort wertvolle Testkilometer und Erfahrungen gesammelt, welche in späteren Zulassungsphasen hilfreich sein werden.

Das gegenständliche Thema könnte auch von unerwarteter Seite Anschub bekommen. Nämlich dann, wenn man im Rahmen einer Unfallaufarbeitung zu dem Ergebnis kommt, dass am Markt schon weit verbreitete Assistenzsysteme Unfälle hätten verhindern können. Dann könnte die Nutzung solcher Assistenten (z.B. bei Bussen eine adaptive Abstandshaltung) verpflichtend werden, da die Fuhrunternehmer angehalten sind den Stand der Technik zum Schutz der Passagiere einzusetzen. In den EU-Gremien wird schon aktiv diskutiert und auch entschieden, dass ab 2022 gewisse Assistenzsysteme verpflichtend bei Neufahrzeugen auszuliefern sind (z.B. Abbiegeassistenten bei LKW).

Das BMK überlegt eine Entscheidungsmatrix zu definieren, welche Funktionen auf der Autobahn notwendig sind. Es ist zu diskutieren ob hoch automatisiertes Auf- Abfahren bzw. Spurwechsel wirklich zwingend notwendige Funktionen darstellen. In einem weiteren Schritt ist dann zu definieren, für welche der notwendigen Funktionen die Infrastruktur Unterstützung bieten muss.

Hierbei werden auch für die Straßen-Infrastruktur ISAD Levels (Infrastructure Support Levels for Automated Driving) definiert, die den Grad der Digitalisierung der Infrastruktur beschreiben. Dafür

ist ein Schema vorgeschlagen worden, analog zu den SAE Levels, um darzustellen in welchem Ausmaß Fahrzeuge von der Digital Transport Infrastructure (DTI) unterstützt werden können. Die ISAD Levels gehen von A bis E, wobei E bedeutet, dass es keinerlei digitale Infrastruktur gibt und A das höchste Level darstellt.

Level	Name	Description	Digital information provided to AVs			
			Digital map with static road signs	VMS, warnings, incidents, weather	Microscopic traffic situation	Guidance: speed, gap, lane advice
Digital infrastructure	A	Cooperative driving Based on the real-time information on vehicles movements, the infrastructure is able to guide AVs (groups of vehicles or single vehicles) in order to optimize the overall traffic flow	X	X	X	X
	B	Cooperative perception Infrastructure is capable of perceiving microscopic traffic situations and providing this data to AVs in real-time	X	X	X	
	C	Dynamic digital information All dynamic and static infrastructure information is available in digital form and can be provided to AVs	X	X		
Conventional infrastructure	D	Static digital information / Map support Digital map data is available with static road signs. Map data could be complemented by physical reference points (landmarks signs). Traffic lights, short term road works and VMS need to be recognized by AVs	X			
	E	Conventional infrastructure / no AV support Conventional infrastructure without digital information. AVs need to recognise road geometry and road signs				

Abbildung 15: ISAD Level

Seitens der Fahrzeughersteller werden ODD (Operational Design Domains) definiert, also jene Örtlichkeiten und Umstände (Wetter, Geschwindigkeit, Tageszeit,..) in welchen eine Automatisierungsfunktion spezifikationsgemäß funktionieren muss.

Infrastrukturausrüstung kann helfen diese ODD zu erweitern, quasi den Bereich, in dem eine Funktion noch angeboten werden kann, auszudehnen. Dies kann z.B. durch Hilfestellung bei der Erkennung von Straßenmarkierungen, Fahrsituationen, Baustelleninformationen. etc., geschehen und somit das automatisierte Fahren sicherer machen.

Das bei der ASFINAG gerade in Ausrollung befindliche C-ITS System wird durch die normative Kraft des Faktischen Informationen in die hoch automatisiert fahrenden Fahrzeuge bringen. Die Automotive Industrie wird gratis verfügbare Infos, sofern vorhanden, nicht ignorieren wollen und können.

Ein weiterer Zugang zu dem Thema könnte sein, dass man die Verantwortung so lange beim Fahrer lässt, bis die gesellschaftliche Meinung zum Schluss kommt, dass diese Funktion unter zu definierenden Umständen eingesetzt werden kann. Dabei ist aber klar, dass man sich niemals sicher sein kann, dass die humanen Reaktionen auf das Verkehrsgeschehen von der Software ident vollführt werden. Man kann aber im Straßenverkehr auch nicht alle Wendungen vorhersehen und daher auch nicht alle Reaktionen der Software testen.

Aus diesem Grund gibt es eine Haftpflichtversicherung, weil in der Gesellschaft akzeptiert ist, dass Fehler passieren und damit Schaden erzeugen. Daher wird der Nutzer gezwungen, geeignete Sicherheit für den Fall des Falles vorzuhalten.

Hier besteht auch eine Analogie zum Arbeitnehmerinnenschutz. Es gibt Grundregeln, die einzuhalten sind (z.B. Platzbedarf pro Angestellten, Waschmöglichkeiten, Temperatur am Arbeitsplatz, Durchgangshöhen in Gängen...). Eine befugte Person gibt eine Bewertung ab, ob ein überprüfter

Arbeitsplatz den Vorschriften entspricht, also in Ordnung ist. Die Behörde überprüft, ob der Gutachter geeignet war. Wenn es zu Problemen kommt (z.B. Die Durchschnittsgröße der Menschen hat sich erhöht und daher sind Durchgangshöhen nicht mehr ausreichend), dann wird nachgebessert. Vergleichbar könnte es bei der Zulassung von hoch automatisierten Fahrfunktionen ablaufen.

Im Eisenbahnumfeld ist eine Aufgabe der ERA (European Union Agency for Railways) als Prüfstelle im Unfallfall Daten zu sammeln, analysieren und Empfehlungen auszusprechen.

Handlungsempfehlung 8: *Es ist eine Prüfstelle analog ERA oder Flugunfallkommission einzurichten, welche bei Unfällen mit Personenschaden unabhängig ermitteln kann und die Automotive Industrie zu Verbesserungen zwingen kann.*

Ohne eine solche Prüfstelle würden die Boeing 737 Max wahrscheinlich heute noch ohne vertiefte Prüfung der Absturzursachen und anschließender Schadenersatzabhandlung fliegen.

Im derzeit startenden Projekt AHEAD (<https://projekte.ffg.at/projekt/3791257>) soll eine Evaluierung und Adaptierung des Testprozederes automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen evaluiert werden.

2.5 Standpunkt der Automotive Industrie (AVL)

Am 04.09.2019 besuchte uns Hr. Dr. Schöggel von der Firma AVL welche sich im Umfeld von hoch automatisiertem Fahren in den Bereichen Engineering, Testing und Simulation beschäftigt.

Hr. Dr. Schöggel referierte über die unterschiedlichen Herangehensweisen in den USA und in Europa. Die Europäer wollen möglichst lückenlos alle geforderten Funktionalitäten über Testsysteme abdecken. Dies wurde insbesondere nach Fahrzeugüberschlägen, ausgelöst durch Assistenzsysteme, intensiviert.

In den USA muss der Hersteller erst im Unfallfall nachweisen welche Maßnahmen zur Absicherung der Funktionalitäten ergriffen wurden und nicht schon zum Zeitpunkt der Auslieferung des Produktes.

Nach Meinung von AVL wird der Nachweis der Einhaltung der Straßenverkehrsordnung implizit hineinentwickelt, nach dem Prinzip: „Wenn X Millionen Kilometer nicht passiert ist, wird die Funktion wohl tauglich sein“.

Trotzdem gibt es eine Zusammenarbeit zwischen der Firma Kontrol aus Oberösterreich (www.kontrol.tech) und AVL um eine Testsoftware zu entwickeln. Zitat aus einem Zeitungsartikel (Kurier, 20.05.2020 Futurezone): „Beim Menschen garantiert der Führerschein, dass eine Person die jeweiligen Verkehrsregeln beherrscht. Bei selbstfahrenden Autos soll genau diese Voraussetzung die Software übernehmen. Wie bei einer Führerscheinprüfung verifiziert Kontrol, ob sich autonome Fahrzeuge auch tatsächlich an die geltende Straßenverkehrsordnung halten“

Die Euro NCAP definiert Tests, welche abgefahren werden müssen, um eine Typzulassung zu bekommen.

Aktuell beschäftigen sich die Autohersteller mit der maximalen Systemverfügbarkeit bei in der Anzahl eingeschränkten Use Cases. So werden sich in Zukunft die Hersteller darin differenzieren, welcher mehr Prozent der Autobahnstrecke Wien – Hamburg hoch automatisiert fahren kann. Dies deckt sich mit der schon mehrmals geäußerten Meinung, dass Level 3 in den nächsten zwei Jahren breit genutzt werden wird, aber nur auf den Autobahnen.

Die Zulieferindustrie entwickelt Echtzeitüberwachungssysteme, welche die Güte der Fahrmanöver beurteilen. Sobald ein Fahrmanöver für das Überwachungsmodul auffällig erscheint, wird diese Fahrsequenz automatisch zur vertiefenden Auswertung an den Hersteller gesendet.

Sollte es zu einer Softwareverbesserung kommen, wird diese unter dem rollenden Rad „over the air“ verteilt. Tesla hat aktuell zwei Controller im Auto. Auf einem Controller läuft die aktuelle Software auf dem anderen Controller die neue Version. Die beiden Recheneinheiten vergleichen die jeweiligen Ergebnisse und erst wenn die neue Software für gut erachtet wird, wird sie freigeschaltet.

Die behördliche Einbindung bzw. die Einbindung der Infrastrukturbetreiber für diesen Vorgang des Softwareupdates ist in Europa derzeit nicht gegeben.

Eine Herausforderung für das hochautomatisierte Fahrzeug stellt die ständige Datenerreichbarkeit dar. Ab Level 4 muss jedes Auto überwacht werden und Aktionen gesetzt werden können. Sowohl der Hersteller als auch der Infrastrukturbetreiber und die Exekutive müssen Möglichkeiten bekommen, Funktionen auszuschalten bzw. das Fahrzeug sogar anzuhalten.

Es muss eine Versicherung geben, welche allfällige Klagen deckt. Weiters werden auch immer mehr Menschen in Folge den Hersteller klagen.

Die Automotive Industrie strebt nach wie vor eine Lösung an, in welcher das in Ausrollung befindliche C-ITS System nicht gebraucht wird. Die Hersteller werden eher noch mehr Sensorik im Fahrzeug verbauen, um keine zwingenden Informationsbedürfnisse dem Infrastrukturbetreiber als Datenlieferant zu überlassen, um hier nicht in eine Abhängigkeit zu geraten. Dies ist aber ein nicht zu vernachlässigender Kostenfaktor. Schon heute setzt die Automotive Industrie Kosten von 15-20 T€ für die notwendige Level 3 Hardware an. In diesem Zusammenhang muss auch erwähnt werden, dass der Strombedarf des im Fahrzeug verbauten Systems mit der Anzahl der Sensoren steigt. Daher geht die Forschung in die Richtung von einer Auslagerung der SW Funktionen in die Cloud. Hierzu ist aber eine schnelle flächenhaft verfügbare Datenverbindung Voraussetzung, welche mit 5G vorhanden sein sollte.

AVL vertritt die Meinung, dass es zu einer Konzentration der SW Hersteller für hoch automatisiertes Fahren geben wird, jedoch werden mehr als drei Hersteller am Markt übrigbleiben.

Dass das Thema Zulassung den Autobauern unter den Nägeln brennt kann man auch daran festmachen, dass sich jetzt 11 Firmen zur Erstellung eines Leitfadens für die Zulassung zusammengeschlossen haben. (Siehe Literaturverzeichnis Pkt. 7). Ziel ist es einen quasi Standard für die Entwicklung der Softwarefunktionen zu generieren.

Ein sinnvoller Use Case für Level 4/5 könnte neben dem automatischen Parken auch die Beladung von Fährschiffen mit LKWs sein, da auch dort durch diese Funktion ebenfalls kostbarer Raum besser genutzt werden könnte.

Summa summarum bleibt somit festzuhalten, dass sich die Automotive Industrie im Gegensatz zur Eisenbahn das Lastenheft der Funktionalitäten selbst schreibt und die Lösung in einem iterativen Ansatz weiterentwickelt. Im Eisenbahnumfeld beginnt die Entwicklung erst mit der Freigabe des Lastenhefts.

2.6 Innovative Ladetechnologien

2.6.1 Allgemein

Die 17. Arbeitskreissitzung am 07.11.2019 beschäftigte sich mit dem automatischen Laden von Elektrofahrzeugen. Es ist im Zusammenhang mit hoch automatisiert fahrenden Fahrzeugen unabdingbar, dass auch der Ladevorgang voll automatisiert erfolgen muss, andernfalls sind die erhofften Einsparungen (z.B. Personalkostenreduktion für Garagenbetreiber) nicht erzielbar.

2.6.2 Induktives Laden versus kontaktives Laden von Elektrofahrzeugen

Induktives Laden basiert auf der kontaktlosen Energieübertragung mittels elektromagnetischer Wellen. Im Vergleich dazu erfolgt beim kontaktiven Laden die Stromübertragung über eine direkte physische Verbindung, gleich wie bei einem Ladekabel. Dazu wäre am Parkplatz lediglich die Installation einer Ladeplatte erforderlich.

Es hat den Anschein als würde sich induktives Laden nur im Premiumsegment der Automobilbranche verkaufen lassen. Hierbei sei aber angemerkt, dass auch erst seit kurzem neue hochpreisige Handys über induktives Laden verfügen. Wenn der Konsument die Vorteile hier einmal täglich erlebt ist es denkbar, dass nochmals ein Umdenken betreffend des Ladevorgangs von Fahrzeugen einsetzt.

Ein weiterer unbestrittener Vorteil des induktiven Ladens ist die höhere Herstellerun-abhängigkeit zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur (normierte Luftschnittstelle) und der Umstand, dass keine bewegten Teile verbaut werden müssen, welche typischerweise wartungsintensiv sind.

Unter den Nachteilen ist stets das Thema Strahlung (Herzschrittmacher, Metallteile im Körper...) und die nicht zu vernachlässigende Verlustleistung von 10% (Lit. 8.) zu sehen. Weiters wird zukünftig die Unidirektionalität möglicherweise ein „Showstopper“ für diese Ladetechnik werden. Es gibt jedoch bereits Literatur, welche aufzeigt, dass auch bidirektionales Laden möglich werden kann, was jedoch sicher in höheren Kosten durch zusätzliche Technik im Fahrzeug resultieren wird.

Beim induktiven Laden muss man auch nicht zwingend zusätzlichen Raum verbauen, weil der notwendige Schaltkasten (Schutzeinrichtungen) für die Induktionsplatte in bestehende Hausinfrastruktur eingebaut werden kann. Eine Ladesäule muss jedoch auf Grund der Längenbegrenztheit des Ladekabels typischerweise in die Nähe des Parkplatzes auf bisher unverbauten Grund errichtet werden.

2.6.3 Evaluierung verschiedener automatischer Lade Systeme

Am Markt sind verschiedene Systeme in Entwicklung. In der Arbeitsgruppe wurden die unterschiedlichen Technologien analysiert und bewertet.

Roboterarm-Systeme:

Die Möglichkeit Elektrofahrzeuge durch Roboter mit einer Ladesäule zu verbinden ist vielleicht noch in automatischen Garagen denkbar, aber sicher nicht im öffentlichen Raum. Der Platzbedarf und auch der Abschirmungsbedarf gegen ungewollte Verletzungen wären zu groß. Zum anderen sind die Ladevorrichtungen bei den Fahrzeugen an unterschiedlichen Positionen. Renault und Nissan laden ihre Fahrzeuge im Frontbereich, andere Hersteller haben die Ladestecker an der linken oder rechten Fahrzeugseite. Ein Roboterarm kann den geforderten Bewegungsablauf nicht multifunktional für alle Automobilmarken gleichermaßen gewährleisten und der Platzbedarf dafür wäre nicht verhältnismäßig.

Die Robotertechnologie wird noch ehestens bei großen Fahrzeugen (LKW, Bus) zur Anwendung kommen, wo schon auf Grund der schweren Kabel eine technische Unterstützung vom Arbeitnehmerinnenschutz gefordert ist.

ACDU (automatic charging device underbody) Connection Interfaces

Die Anforderung an automatisierte Ladeinfrastruktur ist neben der Kapazitätsplanung auch eine der Flächenwidmungsplanung. Es muss der Lebensraum effizient und vor allem in Großstädten hitzereduzierend genutzt werden. Oftmals stehen keine infrastrukturellen baulichen Befestigungsmöglichkeiten wie Wände oder Säulen zur Verfügung. Die einzigen korrespondierenden Flächen sind der Boden am Parkraum und der Unterboden des Fahrzeuges. Die Ladetechnologie teilt sich in zwei Einheiten, eine Ladeeinheit im Fahrzeug und eine Infrastrukturladeeinheit am Boden. Um das Einparken zu erleichtern kommen Positionierungshilfen zum Einsatz. Bei der Analyse gibt es auch hier unterschiedliche Systeme von Anbietern. In einem Schaubild werden diese kurz dargestellt:

	 Matrix Charging®	 ACDS - Robot	 ACDU - Robot
Costs	+	-	~
Charging Power	~	+	~
Scalability	+	-	~
Robustness	+	~	-
Traversability	+	-	-
Space requirement infrastructure unit	+	-	+
Tightness	+	~	-

Abbildung 16: Vergleich Ladesysteme

Anders als beim induktiven Ladevorgang bleibt beim konduktiven Laden zwischen den elektrischen Schnittstellen kein Luftspalt bestehen. Bewegungen des parkenden Fahrzeugs und unterschiedliche Distanz der korrespondierenden Flächen Parkraum und Unterboden der Fahrzeuge müssen von der Verbindungsmechanik bedacht und ausgeglichen werden. Diese mechanische Entkopplung erhöht die Komplexität der ACDU-Systeme.

Aufgrund der Einbausituation am Fahrzeugunterboden befinden sich die Schnittstellen zur Stromübertragung in anspruchsvoller Umgebung. Witterungseinflüsse, Schmutz, und Streusalz stellen eine große Herausforderung für komplexe Schnittstellen Geometrien, bewegliche Teile und

dynamische Dichtungen dar. Vor allem die am Parkraumboden befindliche Infrastruktureinheit wird zusätzlich durch Fahrzeugüberfahrten neben Umwelteinflüssen stark beeinträchtigt.

Je geringer der Anteil an beweglichen Teilen in einem ACQU-System ist, um so effizienter, einfacher, kostengünstiger und belastbarer ist das Ladesystem.

Das österreichische High Tech Unternehmen Easelink GmbH ist seit 5 Jahren am Markt und entwickelt mit derzeit über 20 MitarbeiterInnen ein derartiges Ladesystem.

Easelink entwickelt, pilotiert und strebt die Marktreife für eine Ladetechnik namens Matrix Charging® an. Das Ladesystem enthält zwei Komponenten: Einen Connector der im Elektrofahrzeug verbaut wird und der die Verbindung zu einem am Boden befindlichen Pad (schneepflugsicher) - welches zum Laden des Elektrofahrzeuges dient - herstellt.

Wesentlicher Vorteil dieser Lösung ist, dass man das Fahrzeug nur grob positionieren muss, da die im Fahrzeug verbaute und an den CAN-Bus angeschlossene Technik auch die Positionierung unterstützt. Ansonsten sind keine weiteren Handlungen zum Start des Ladevorganges notwendig.

Ein im Fahrzeug verbauter „Rüssel“ (sämtliche beweglichen Teile sind am Fahrzeug) wird über Druckluft auf die darunter liegende Ladeplatte gedrückt und dort automatisch arretiert, sodass ein leitender Stromkontakt hergestellt ist. Mittels dieser leitenden Ladung kann sichergestellt werden, dass es zu keinen Transferverlusten beim Strom kommt. Die in der Straße verbaute Infrastruktureinheit – genannt Pad – kann im Winter geheizt und im Rahmen des Kupplungsvorganges auch mit Druckluft gereinigt werden, um eine störungsfreie Verbindung zu erreichen.

Die Technologie ist entsprechend der Niederspannungsrichtlinie mit Basis- und Zusatzschutz ausgelegt. Die Kontaktflächen sind im offenliegenden Zustand doppelt galvanisch getrennt. Die erste galvanische Trennung ist durch den Ladeschutz gegeben, die zweite galvanische Trennung erfolgt durch die Relais unter den Kontaktpunkten.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Bodenplatte genannt Pad in der Infrastruktur und den fahrzeugseitigen Connector „Rüssel“.



Abbildung 17: Matrix Charging®

Die Technik konnte SIL1 zertifiziert werden. Die folgende Abbildung zeigt die Risikobewertung nach CENELEC Guide32 betreffend Gefährdung „Tödlicher Stromschlag durch spannungsführende Teile“

Gefährdung: „Tödlicher Stromschlag durch spannungsführende Teile“

Risikobewertung nach CENELEC Guide 32 (Leitfaden für die sicherheitsrelevante Risikobeurteilung und Risikominderung für Niederspannungsbetriebsmittel)

Bewertung für steuerungstechnische Maßnahme - Überwachung Schutzpotentialausgleich, Überwachung der Abdeckung durch Connector - nach IEC 61508 (Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme)

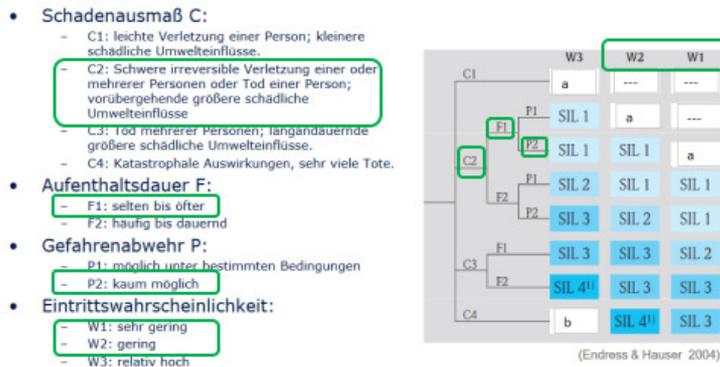


Abbildung 18: Risikobetrachtung entsprechend Cenelec Guide 32

Wie bei einer Kabelverbindung hat man dann eine bidirektionale Verbindung und kann mit dieser Technik die EU-Vorgabe erfüllen, welche eine Vehicle 2 Infrastructure Verbindung fordert. Ebendiese ist notwendig um zukünftig „Smart Grids“ aufbauen zu können, in welchem die an der Ladeinfrastruktur angeschlossenen Fahrzeuge als „Speicherkraftwerk“ betrachtet werden könnten. Ein Parkraumbewirtschafter könnte durch Einsatz solcher Technik zum Kraftwerk werden und über spezielle Tarifmodell die Kunden dazu bringen die Fahrzeugbatterie zur Netzstabilisierung zur Verfügung zu stellen.

Ein flächendeckender Einsatz dieser Lösung könnte die inhärente Reichweitenangst von vollelektrischen Fahrzeugnutzern bekämpfen, da bei nahezu jedem Parkvorgang geladen werden könnte. Dies würde wiederum dazu führen, dass die Batteriekapazitäten der Fahrzeuge nicht so groß sein müssten und die Zuleitungen zur Infrastruktur entsprechend netzverträglich errichtet werden könnten. Folglich wird die Anschaffung eines Elektrofahrzeuges günstiger und die Anforderung an den Stromnetzbetreiber wird kleiner. Es müssen definitiv weniger Lademöglichkeiten mit hoher Stromkapazität geschaffen werden.

Ein bestechender Vorteil dieser Lösung für Elektrofahrzeugnutzer ist, dass kein Kabel im Auto vorgehalten werden muss, welches defekt sein kann bzw. verschwinden könnte.

In die Entscheidungsfrage zwischen Batteriemiete und Batterieanschaffung ist gerade Bewegung gekommen. Zum einen Erkennen Autoverkäufer, dass die Batteriemiete ein Verkaufshemmnis darstellt, weil potenzielle Käufer von den oft großen Summen abgeschreckt werden. Zum anderen führt der ÖAMTC gerade Testverfahren ein, welche den aktuellen Zustand der Batterie transparent und objektiv darstellen, sodass der potenzielle Käufer keine Angst haben muss die Katze im Sack zu erwerben. Verknüpft mit der Information über die kleiner und damit günstiger werdenden Batterien, wird die Zukunft wohl Richtung Anschaffung von Batterien gehen.

Um eine weite Verbreitung dieser Technik zu ermöglichen ist es notwendig, dass sowohl in Bestandsflotten nachgerüstet werden kann (Retrofit) als auch neue Fahrzeuge bereits vorgerüstet bzw.

ausgerüstet werden. Aktuell konzentriert sich die Firma Easelink GmbH auf den chinesischen und europäischen Markt (z.B. Hersteller Great Wall), da dort die Elektroflotten schneller wachsen und diese Fahrzeuge demnächst auch nach Europa drängen werden. Sollte es daher gelingen mit einem chinesischen oder europäischen Hersteller einen Ausrüstungsvertrag auf Lizenzbasis zu schließen, dann hat das System eine Chance auf Serienproduktion und auch spätere weltweite Verbreitung.

An dieser Stelle sei aber kritisch angemerkt, dass sich nicht immer das bessere System durchsetzen muss, wie man am Wettstreit der Systeme VHS und Video 2000 beobachten konnte.

Geplant ist, dass das Gesamtsystem bei Serienreife ungefähr EUR 3.000 kosten und 2023 am Markt verfügbar ist.

Eine Herausforderung der vorgestellten Technik stellt die Positionierung der Infrastrukturplatte dar. Es braucht Vorgaben wo die Platte in der Infrastruktur (z.B. Parkdeck) liegt. Das Fahrzeug kann dann nicht mehr in beiden Richtungen eingeparkt werden, was jedoch auf Grund der Kabellängen schon heute für den elektrischen Betankungsvorgang nicht der Fall ist.

Neben der ausreichend notwendigen Ladeinfrastruktur wird auch die Preisgestaltung ein wesentlicher Treiber für die Verbreitung von hoch automatisierten Fahrzeugen werden. Hier ist momentan eine Fehlentwicklung zu beobachten. Sobald das Betanken eines Elektrofahrzeuges Roamingkosten von 69ct pro Minute kostet bzw. 1 kWh 19ct Stromkosten wird die Verbreitung nicht vorankommen. Da die EU die Anschaffung von Elektrofahrzeugen massiv fördert, wird man an einem Regulator nicht vorbeikommen.

Eine Markteintrittsbarriere dieser Technologie stellt allerdings der nachträgliche Zulassungsprozess dar, da man nach aktueller Gesetzeslage für jedes Altfahrzeug eine Einzelgenehmigung erwirken müsste. Daher wird in der folgenden Handlungsempfehlung vorgeschlagen, den Retrofit Einbau der Ladetechnik analog den Vorgaben beim nachträglichen Einbau einer Standheizung (§25 KFG) zu regeln.

Handlungsempfehlung 9: Änderung sowohl EU rechtlicher als auch nationaler Rechtsvorschriften für den Retrofit Einbau der Ladetechnik in Bestandsfahrzeuge analog den Vorschriften bei Heizvorrichtungen zur Erwärmung der Innenräume z.B. § 25 KFG auf nationaler, österreichischer Ebene.

Handlungsempfehlung 10: Zusätzlich zu der Förderung von Elektrofahrzeugen möge die EU einen Regulator ins Leben rufen, welcher auf die Preisgestaltung Einfluss nehmen kann und somit verhindert, dass die Verbreitung von Elektrofahrzeugen durch die horrenden Betankungspreise gebremst wird.

Handlungsempfehlung 11: Änderung der örtlichen Bauordnungen insbesondere im Wohn- und Straßenbau, dass die Errichtung einer derartigen Ladeinfrastruktur möglich ist. Weiters sollte der Ladeanschluss bzw. Ladespule in einem gewissen Fahrzeugbereich sein, sodass es zu einer Standardisierung der Ladeinfrastruktur wie bei den CCS Steckern kommt.

Resonanzschwingungssystem von WiTricity

Eine weitere interessante kontaktlose Ladetechnologie stellt die Firma WiTricity vor. Hier wird über Resonanzschwingungen Energie übertragen. Der Vorteil gegenüber induktiven Laden ist, dass es sich

um eine bidirektionale Lademöglichkeit handelt. Weiters entfallen bei dieser Technik bewegte Teile zur Herstellung von elektrischen Kontakten zwischen Infrastruktur und Fahrzeug. Der Hersteller verspricht Verlustleistungen von maximal 7% bei Ladeleistungen bis 11kw. Sollte sich diese Versprechen bewahrheiten, handelt es sich um eine beobachtungswürdige innovative Entwicklung aus der Schweiz.

3. Management Summary und Handlungsempfehlungen

3.1 Management Summary

Der zweite Berichtszeitraum (05/2019 – 11/2020) der Arbeitsgruppe 6 „Autonomes Fahren“ des ÖVG Arbeitskreises Rail Road Traffic Management behandelte die Aufgabenstellungen

- „Automatisches Parken in P&R Anlagen und den daraus resultierenden Nutzen
- „Führerscheinprüfung für hoch automatisierte Fahrzeuge und widerspruchsfreie STVO

Im Folgenden sollen verdichtet die Erkenntnisse der Arbeitsgruppe zusammengefasst werden. Es wird aber gebeten insbesondere das Kapitel Handlungsempfehlungen ebenfalls im Rahmen der Management Summary zu verinnerlichen.

3.1.1 Automatisches Parken

Das Thema bietet ein langfristiges Potential zur besseren Ausnutzung von vorhandenen Parkflächen oder bei Neubauten von z.B. Garagen oder P&R Flächen. Die Arbeitsgruppe geht von einer Einsparung von 20% der derzeitigen Fläche aus. Systemkritisch ist, dass der Anlagenbetreiber die Möglichkeit haben muss über eine zu definierende Schnittstelle Einfluss auf die hoch automatisierten Fahrzeuge zu haben, damit er steuern kann wer wo wie lange steht. Diese zentrale Funktion ist auch Voraussetzung für ein späteres intelligentes Gridmanagement (Management des Stromnetzes), in welchem die vollelektrischen teilautonomen Fahrzeuge als Stromkonsumenten, aber auch zeitweilige Stromzwischenpeicher, einen wesentlichen Einfluss haben werden. Das Gridmanagement sollte eine Schnittstelle zum Parkmanagementsystem haben, damit auch gesteuert werden kann, wann welches Fahrzeug Verbindung zum Stromnetz bekommt.

Weiters muss es ein automatisches System der Fahrzeugladung bei Elektrofahrzeugen geben. Der Bericht zeigt, dass entsprechende Systeme bereits Marktreife erlangt haben, es jedoch an logistischen Hilfen bedarf, die neuen Systeme ohne große Hürden in Bestandsfahrzeuge zu verbauen.

Die Ein- Ausfahrt muss über eine genormte eindeutige Identifizierung der Fahrzeuge vergleichbar mit einer MAC Adresse erfolgen.

Diese neuen Parkräume bieten für die Betreiber die Möglichkeiten für neue Businessmodelle, wie zum Beispiel Abholung von Paketen, Wäsche, vorbestellten Einkäufen welche in der Kiss&Ride Zone aufgebaut werden können oder gar Funktion eines Energielieferanten zur Netzstabilisierung durch Nutzung der Fahrzeugbatterien der geparkten Fahrzeuge.

Die heutige Gesetzeslage erlaubt jedoch noch kein hoch automatisiertes Parken.

Die Einführung der Technologie wird wahrscheinlich über Mietwagen bzw. Carsharing Anbieter erfolgen, weil dort die Stückzahlen für die Automotive Industrie interessant sind und durch die kurze Behalte Dauer der Fahrzeuge die Technik schnell im Fahrzeug und dadurch beim Individualfahrer ankommt.

3.1.2 Führerschein für hoch automatisierte Fahrzeuge

Die Arbeitsgruppe konnte durch die geführten Experten Interviews klar herausarbeiten, dass es noch Regelungsbedarf gibt. Es besteht eine nicht zu vernachlässigende Kluft zwischen dem Vorgehen der Automotive Industrie und dem Vorgehen der gesetzgebenden Körperschaften.

Wenn es nach der Automotive Industrie geht, welche dafür sogar schon normenähnliche Leitfäden erstellt, dann wird der Nachweis der richtigen Funktionalität über eine ausreichende Anzahl von unfallfrei simulierten bzw. gefahrenen Kilometern erbracht.

Wenn es nach den gesetzgebenden Körperschaften geht, dann werden die Fahrassistenzsysteme analog anderer Funktionen die Fahrzeuge im Rahmen der EU-Typzulassungsverfahren abgehandelt. Hierbei wird aber übersehen, dass der Nachweis der Fehlerfreiheit und ordentlichen Konstruktion nicht einfach erbracht werden kann und man daher einen neuartigen Kompromiss finden muss. Die Arbeitsgruppe schlägt vor, analog der Eisenbahnwelt Verifizierungs- und Validierungsverfahren einzuführen. Weiters ist ein Updateprozess bei Fehlerbehebungen zu definieren und eine globale Stelle (analog zur ERA) zu gründen, welche die jeweiligen Softwareversionen überwacht und frei gibt.

Beim EU-Typenrecht handelt es sich um eine Materie des Völkerrechts und dieses ist zwischen den EU-Staaten vereinbart. In der Gesetzesmaterie steht ebenfalls die Fahrerendverantwortung. Daher würde ein Automatisierungslevel SAE5 nur mit einer Gesetzesänderung bzw. Ausnahmeregelung von statten gehen können.

Solange man bei hochautomatisiertem Fahren nur von der Beherrschung des Autobahnbetriebes redet, sind die nationalen Unterschiede der Straßenverkehrsordnungen der Länder noch nicht das große Thema. Wenn jedoch die Fahrzeuge auch im niederrangigen Straßennetz hoch automatisiert fahren sollen, muss die Beherrschung der nationalen Unterschiede vom Hersteller nachgewiesen werden und die Straßen Erhalter die Möglichkeit haben, Fahrzeuge ohne entsprechenden Nachweis von ihrem Straßennetz auszusperren.

3.2 Handlungsempfehlungen

Handlungsempfehlung 1: Um einen gewissen Pull-Effekt zu erreichen, sollten Planer angehalten sein die 20 % Produktivitätssteigerung bei der Auslegung von Parkflächen für hoch automatisierte Fahrzeuge in die Vorschlagsliste für Bauherren aufzunehmen.

Handlungsempfehlung 2: Es ist eine genormte Schnittstelle zwischen Garagenmanagementsystem und hoch automatisierten Fahrzeugen zu definieren, welche es den Betreibern erlaubt, den Fahrzeugen Fahrbefehle innerhalb der Garagenfläche zu geben.

Handlungsempfehlung 3: Es ist eine genormte eindeutige Identifizierbarkeit von hoch automatisierten Fahrzeugen vergleichbar mit einer MAC Adresse festzulegen, welche auch ausgelesen werden kann.

Handlungsempfehlung 4: Der Gesetzgeber möge, über die heute vom Fahrer überwachte, automatisierte Parkmöglichkeit hinaus, Regelungen treffen, welche einen Mischverkehr zwischen individuellen Parker und hoch automatisierten Parkvorgängen erlaubt

Handlungsempfehlung 5: Als Vorstufe zum hoch automatisierten Parken sollten die Zubringerbusse der existierenden Außenparkplätze an Flughäfen und anderen Einrichtungen auf einen hoch automatisiert fahrenden Bus umgestellt werden. Da diese Busse elektrisch sein werden/sollten, ist eine erste Reduktion im Personenbeförderungsverkehr von CO2 Emissionen als Einsparungen zu erreichen.

Handlungsempfehlung 6: Im Rahmen der Führerscheinausbildung müssen vor allem aktuell im breiten Einsatz befindliche Assistenzsysteme aktiv gelehrt und benutzt werden, damit die Fahrer später den Mehrwert bereits erkannt haben und nicht abgelenkt werden oder gar die Systeme aus Unkenntnis deaktivieren.

Handlungsempfehlung 7: Der Gesetzgeber möge sowohl die herstellerübergreifende Kommunikation vorschreiben als auch die entsprechende Standardisierung der notwendigen Schnittstelle anstoßen.

Handlungsempfehlung 8: Es ist eine Prüfstelle analog ERA oder Flugunfallkommission einzurichten, welche bei Unfällen mit Personenschaden unabhängig ermitteln kann und die Automotive Industrie zu Verbesserungen zwingen kann.

Handlungsempfehlung 9: Änderung sowohl EU rechtlicher als auch nationaler Rechtsvorschriften für den Retrofit Einbau der Ladetechnik in Bestandsfahrzeuge analog den Vorschriften bei Heizvorrichtungen zur Erwärmung der Innenräume z.B. § 25 KFG auf nationaler, österreichischer Ebene.

Handlungsempfehlung 10: Zusätzlich zu der Förderung von Elektrofahrzeugen möge die EU einen Regulator ins Leben rufen, welcher auf die Preisgestaltung Einfluss nehmen kann und somit verhindert, dass die Verbreitung von Elektrofahrzeugen durch die horrenden Betankungspreise gebremst wird.

Handlungsempfehlung 11: Änderung der örtlichen Bauordnungen insbesondere im Wohn- und Straßenbau, dass die Errichtung einer derartigen Ladeinfrastruktur möglich ist. Weiters sollte der Ladeanschluss bzw. Ladespule in einem gewissen Fahrzeugbereich sein, sodass es zu einer Standardisierung der Ladeinfrastruktur wie bei den CCS Steckern kommt.

Literatur

1. Hoch automatisiertes Parken realisiert von Bosch im Mercedes Benz Museum in Stuttgart
<https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.automatisiertes-fahren-daimler-und-bosch-proben-parken-ohne-fahrer.adaf95b1-b919-421a-b87f-1c6914ecaa53.html>
2. Abschlussbericht Arbeitskreis Rail&Road Traffic Management, Version 28.09.2019
3. <https://www.inframix.eu/infrastructure-categorization/>
4. Automatic charging, a key Technology for E-Mobility & Autonomous Driving, Easelink 11/2019
5. <https://witricity.com/>
6. Sicherheitskonzept / Risikobewertung Matrix Charging Pad, June 2020
7. <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/autonomes-fahren-leitfaden-fuer-behoerden/>
8. <http://witricity.com/wp-content/uploads/2018/05/Study-of-Bi-directional-wireless-charging-for-V2G.pdf>
9. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8940646>
10. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7884506>
11. <https://www.carmagazine.co.uk/electric/what-is-electric-car-wireless-charging-wevc-and-how-does-it-work/>
12. <https://www.powerelectronics.com/markets/automotive/article/21864097/wireless-charging-of-electric-vehicles>

13. <https://www.theverge.com/2019/3/21/18276541/norway-oslo-wireless-charging-electric-taxi-car-zero-emissions-induction>
14. <https://gsv.co.at/wp-content/uploads/Bericht%20Fahrerassistenzsysteme%202020%2003%2030.pdf>

Abkürzungsverzeichnis

AZDU	Automatic Charging Device Underbody
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie
C-ITS	Cooperative intelligent transport systems
ERA	European Railway Agency
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
ETCS	European Train Control System
GoA	Grade of Automation
GNSS	Global Navigation Satellite System
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ISAD	Infrastructure Support Level for Automated Driving
ISS	Intersection safety
ITS	Intelligent transport systems
IVI	In Vehicle Information
IV	Intelligent Vehicle
LIDAR	Light detection and ranging
ODD	Operational Design Domain
ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
RFID	Radio Frequency Identification
RWW	Road Works Warning
SAE	Society of Automotive Engineers
SL	Security Level
SIL	Safety Integrity Level
SST	Schnittstelle
STVG	Straßenverkehrsgesetz
STVO	Straßenverkehrsordnung
SUV	Sport Utility Vehicle
TSI	Technical specification for interoperability
UNECE	United nations economic commission for europe
UTO	Unattended train operation
VAO	Verkehrsauskunft Österreich
VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlage
VCÖ	Verkehrsclub Österreich
VLSA	Verkehrslichtsignalanlage
VMZ	Verkehrsmanagementzentrale
V2X	Vehicle to environment communication
QR	Quick response code