

# **Der digitale Wandel im Eisenbahnwesen**

## **The digital change in railways**

### **Le changement numérique dans les chemins de fer**

Dipl.-Ing. Dr. Barbara Streimelweger, MBA  
Stragere Management Consulting e.U. & Stragere Engineering Solutions e.U.  
A-3071 Böhleimkirchen, Austria, b.streimelweger<at>stragere.at

#### **Kurzfassung**

Ein Leben ohne Digitalisierung und digitale Lösungen ist kaum noch denkbar und so hat sich die Digitalisierung zu einem ständigen Begleiter entwickelt.

Im Eisenbahnwesen ermöglicht die Digitalisierung viele neue innovative Lösungen, birgt aber auch Risiken, mit denen sich Unternehmen, Nutzer und Anwender auseinandersetzen müssen. Die Rahmenbedingungen müssen an die neuen Anforderungen angepasst werden und entsprechende Maßnahmen sowohl betreffend Sicherheit in der Anwendung als auch für die Anwender selbst sind zu definieren und umzusetzen.

*Keywords: Digitalisierung, IoT, Internet of Things, Eisenbahnwesen, Digitale Transformation, Industrielle Revolution, Industrie 4.0*

#### **Abstract**

A life without digitalisation and digital solutions is hardly conceivable and digitalisation has become a constant companion.

Digitalisation enables many new innovative solutions in the railway sector, but also entails risks that companies, users and operators have to deal with. This means that framework conditions have to be adapted to the new requirements, and appropriate measures for both safety in use and for users must be defined and implemented.

*Keywords: Digitalisation, IoT, Internet of Things, Railway, Digital Transformation, Industrial Revolution, Industry 4.0*

#### **Résumé**

Une vie sans numérisation et sans solutions numériques est difficilement concevable et la numérisation est donc devenue un compagnon constant.

Dans le secteur ferroviaire, la numérisation permet de nombreuses solutions innovantes, mais elle comporte aussi des risques auxquels les entreprises, les utilisateurs et les usagers doivent faire face. Les conditions cadres doivent être adaptées aux nouvelles exigences et des mesures appropriées doivent être définies et mises en œuvre tant en ce qui concerne la sécurité de l'application que celle des utilisateurs.

*Mots-clés: Numérisation, IoT, Internet des objets, Chemins de fer, Transformation numérique, Révolution industrielle, Industrie 4.0*

*Autorin: DI Dr. Barbara Streimelweger, MBA*

*Lektorat: Dr. Thomas Dreßler*

*Publiziert: Digital Society, online (<https://digsociety.at/>)*

*© die Autorin, 2020*

## 1. Einleitung

Das Eisenbahnwesen hat seit seiner Entstehung bis in die heutige Zeit, die heute gerne als Zeitalter der Industriellen Revolution 4.0 bezeichnet wird oder auch bekannt ist als Industrie 4.0, eine enorme Weiterentwicklung erfahren.

Durch neue Technologien haben sich viele neue Möglichkeiten eröffnet. Wir fahren anstatt mit einer Dampflock mit modernen Hochgeschwindigkeitszügen über Landesgrenzen hinweg oder mit Magnetschwebebahnen in Städten. In Städten und Ländern entstehen neue Mobilitätskonzepte für den Personenverkehr. Im Bereich des Güterverkehrs macht man sich neue Technologien und Trends zu Nutze. Die enorme Bedeutung der Globalisierung, bezogen auf den Eisenbahnverkehr, zeigt die Planung und Umsetzung der „neuen Seidenstraße“, charakterisiert durch die nördlich gelegenen Landwege (Silk Road Economic Belt) und die südlich gelegenen Seewege (Maritime Silk Road). Die komplexe Infrastruktur der „neuen Seidenstraße“ umfasst neben der Eisenbahn auch Straßen, Flughäfen, Kraftwerke, Pipelines und die See.

Nicht zu vergessen sind der Umwelt- und Klimaschutzaspekt. In Österreich beispielsweise fährt die Eisenbahn bereits mit 100 % „grünem Strom“ das heißt ausschließlich aus erneuerbaren Energien. Hierbei produzieren die ÖBB circa ein Drittel des Bedarfs an Bahnenergie selbst, im Wesentlichen basierend auf der Energieerzeugung aus eigenen Wasserkraftwerken und einer Photovoltaik-Anlage mit der Einzigartigkeit, dass diese auf 16,7 Hz basiert und die Energie direkt in die Oberleitungen eingespeist wird. Circa 25 % kommen aus Partner-Wasserkraftwerken. Die restliche Energie wird zugekauft und mittels Herkunftsnachweisen aus erneuerbaren Energien gedeckt.

Mit dieser Entwicklung haben sich auch die Anforderungen an das Eisenbahnwesen verändert und mussten beziehungsweise müssen laufend den neuen Anforderungen entsprechend angepasst werden.

## 2. Industrielle Revolution

Der Prozess der Einführung der Massenproduktion in Fabriken und die damit einhergehende Ablösung der Agrarwirtschaft wird allgemein als „Industrielle Revolution“ bezeichnet [1].

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts begann von England aus die erste Industrielle Revolution. Sie war von einer Vielzahl an bedeutenden und zukunftsweisenden Erfindungen und Innovationen gekennzeichnet. Zu den wesentlichen Erfindungen zählen hierzu die Weiterentwicklung des traditionellen Spinnstuhls zur Spinnmaschine („Spinning Jenny“) von James Hargreaves (1764), gefolgt von einem mit Wasserdampf betriebenen Spinnstuhl von Richard Arkwright (1769). 1785 baute Edmund Cartwright den ersten mechanischen Webstuhl.

Wesentlich für die Eisenbahn war 1769 die Erfindung der Dampfmaschine von James Watt. 1814 baute George Stephenson die erste funktionierende Dampflokomotive. Die erste Eisenbahnlinie wurde 1825 zwischen Liverpool und Manchester gebaut. In Deutschland baute Johann Andreas Schubert 1825 die erste Dampflokomotive, die als „Saxonia“ bekannt wurde. [1]

Erst Mitte des 19. Jahrhunderts begann die Industrialisierung (*1. Industrielle Revolution*) im damaligen Bereich des Deutschen Bundes. Der Entwicklungsrückstand wurde rasch aufgeholt und insbesondere durch den Eisenbahnbau konnte sich eine starke Eisen- und Stahlindustrie etablieren [1].

Der Zeitraum nach 1920 wird als *2. Industrielle Revolution* und die Zeit nach etwa 1970 als *3. Industrielle Revolution* bezeichnet [1]. Die *4. industrielle Revolution* wird dem Zeitraum ab circa 2010 zugeordnet.

„Im Jahr 2002, so wird angenommen, war es der Menschheit das erste Mal möglich, mehr Informationen digital als im Analogformat zu speichern, was deshalb als der Beginn des „Digitalen Zeitalters“ gesehen wird“ [2].

Eine Übersicht über die Entwicklung von der Industrie 1.0 bis zur Industrie 4.0 ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

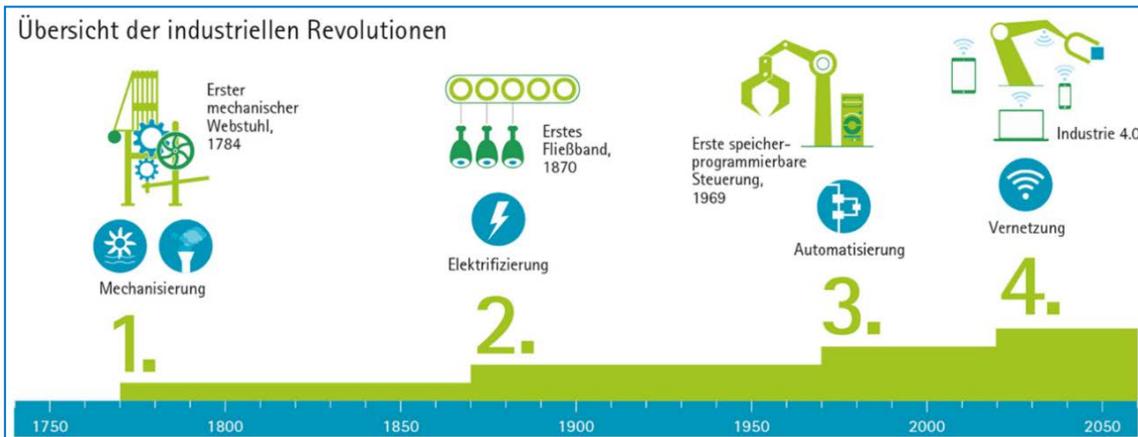


Abbildung 1 – Die vier industriellen Revolutionen im Zeitstrahl [3]

Die vierte industrielle Revolution ist geprägt von der Vernetzung physischer und digitaler Systeme (siehe Abbildung 2), wobei das Internet-of-Things (IoT) das Zentrum bildet, über das die Vernetzung koordiniert und verwaltet wird.

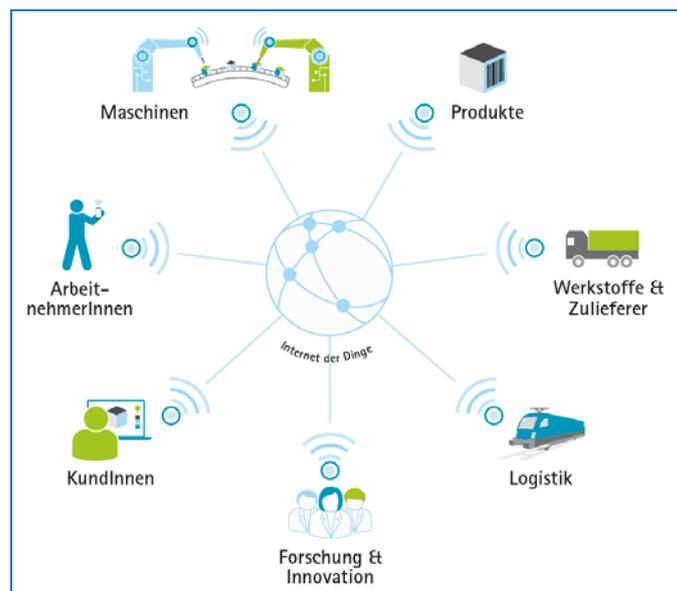


Abbildung 2 – Die 4. industrielle Revolution [3]

Im Folgenden werden einige Beispiele zu den in Abbildung 2 genannten Aspekten angeführt:

- Arbeitnehmer und Angestellte – Sie steuern beispielsweise über ihre Endgeräte (PC, Tablets, Smartphones) Systeme oder sonstige Produkte und Maschinen.
- Produkte – Hier hat sich der Begriff Smart Home bereits etabliert. Produkte wie zum Beispiel TV-Geräte, Haushaltsgeräte wie Öfen, Waschmaschinen, Wäschetrockner oder Gefrierschränke sowie Steuerungsanlagen für Heizung oder Rollos sowie Alarmanlagen lassen sich bequem über IoT vernetzen und steuern.
- Maschinen – In unterschiedlichen industriellen Bereich kommunizieren Maschinen miteinander (M2M) oder Maschinen mit Robotern (M2R).
- Werkstoffe & Zulieferer – Auch hier hat die Industrie 4.0 bereits Einzug gehalten. So können wir nachverfolgen, wo sich beispielsweise unsere letzte Bestellung befindet. Andererseits lassen sich Beladung und Routen zur Warenauslieferung durch LKWs genau planen.

- Logistik – Durch den Einsatz, beispielsweise von Sensoren, Monitoring und Tracking-Systemen, erfährt der Güterverkehr sowie Transport via Containerschiffe eine Revolution im wahrsten Sinn des Wortes. Das Transportgut kann durch effiziente Planung optimal verladen werden und lässt sich genauestens lokalisieren. Frachten können in Echtzeit verfolgt werden und die Auslieferung kann bereits in einem engen Zeitintervall dem Kunden kommuniziert werden.
- Forschung & Innovation – Die Vernetzung ermöglicht einen Zugriff auf Wissen in kürzester Zeit. Suchalgorithmen unterstützen hier. Andererseits werden neue Technologien entwickelt und Lösungen für neue Produkte und Dienstleistungen geschaffen. Klassische Buzz-Words sind hier Künstliche Intelligenz beziehungsweise Artificial Intelligence (KI beziehungsweise AI), Virtual Reality (VR), Blockchain oder auch Data Analytics beziehungsweise Datenanalyse.
- Kunden – Sowohl Kunden im Business-to-Business (B2B) als auch Business-to-Customer (B2C) Bereich profitieren von den oben genannten Lösungen der Industrie 4.0.

### 3. Herausforderungen heutiger Unternehmen

Heute kommen neue Herausforderungen in Form der Digitalisierung auf uns zu. Digitale Technologien halten Einzug in unser tägliches Leben und prägen unser Tun und Handeln und in Folge den Welthandel. Unsere Globalisierung ist gefordert, den Wandel mitzugehen und mitzugestalten. Während der Handel mit Waren stagniert, ist der Handel mit globalen Dienstleistungen, insbesondere digital gestützter Dienste, am Wachsen. Die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit ändern sich dadurch. Das rasante Wachstum der digitalen Plattformen macht Grenzen überflüssig und der Ruf nach neuen Geschäftsmodellen ist unüberhörbar.

Neben Globalisierung und Digitalisierung spielt die Reglementierung eine wesentliche Rolle. Internationale und nationale Gesetze sowie sonstige regulatorische Vorgaben und insbesondere die Anforderungen durch den Stand der Technik bilden ein Gerüst rund um neue innovative Lösungen. Auch wenn sie oftmals als störend und einschränkend empfunden werden, helfen sie unter anderem einerseits für die Sicherheit von Anlagen und Systemen zu sorgen und regeln andererseits die wirtschaftlichen Beziehungen zwischen B2B, B2C und jeglichen Handelsbeziehungen zwischen Ländern.

Eine schematische Darstellung der Entwicklung der Globalisierung und der Digitalisierung ist in Abbildung 3 dargestellt.

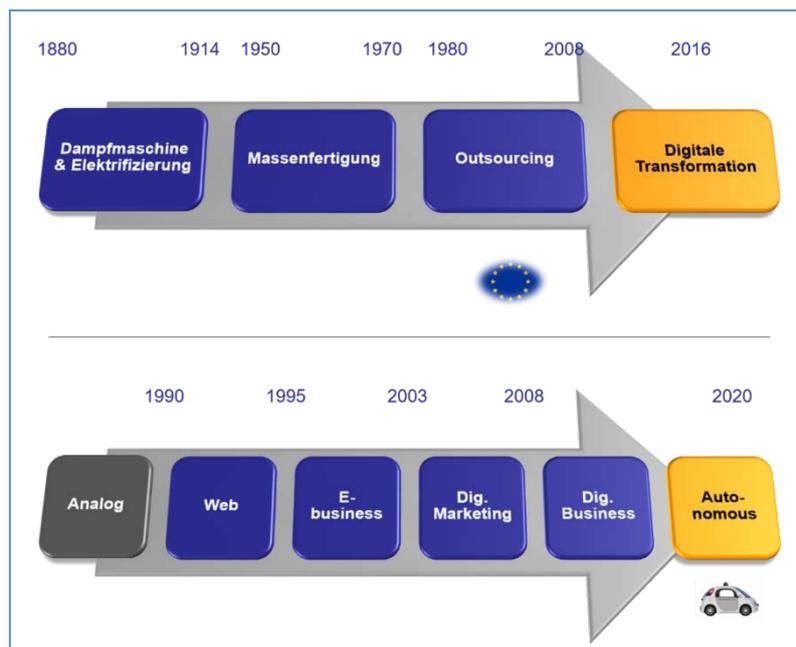


Abbildung 3 – Entwicklung der Globalisierung und der Digitalisierung [4]

Innovative Lösungen auf Basis neuer Technologien wie jene, die der Industrie 4.0 zugeordnet werden können und im Rahmen der Digitalisierung und digitalen Transformationen Anwendung finden, greifen quer über unterschiedliche Branchen (cross-sektoral) und ermöglichen einerseits neue Geschäftsmodelle und liefern andererseits eine Möglichkeit an neuen Leistungen und Produkten.

Beispielsweise zeigt der Bau der neuen Seidenstraße, wie über Grenzen hinweg ein moderner Eisenbahnbetrieb aussehen kann und wie neue Technologien sowie die Basis einheitlicher Standards zur sicheren, hochverfügbaren und wirtschaftlichen Eisenbahninfrastruktur beitragen.

## 4. Digitalisierung im Eisenbahnwesen

### 4.1. Allgemeines

Das Eisenbahnwesen von früher zu heute hat sich durch neue Technologien verändert und weiterentwickelt und die Komplexität hat insbesondere in den letzten Jahrzehnten zugenommen.

Dies hat jedoch zur Folge, dass sich die Anforderungen an die Eigentümer sowie Betreiber von Eisenbahninfrastrukturen verändert und über die Zeit an Umfang zugenommen haben. Diese neuen und zusätzlichen Anforderungen betreffen sowohl die Eisenbahninfrastruktur und Eisenbahnanlagen sowie deren Betriebsführung, als auch die Mitarbeiter in den Eisenbahnunternehmen und Fahrzeuge.

### 4.2. Innovative Lösungen durch neue Technologien

Mit dem Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert, bekannt als die *Industrielle Revolution 2.0*, kam es erstmalig zu einem Umdenken hinsichtlich der Begriffe Risiko und Sicherheit im Sinne von Safety [5].

Heute stecken wir bereits mitten in der 4. Industriellen Revolution, die unter anderem gekennzeichnet ist durch ihre Digitalisierung, IoT, Machine-to-Machine (M2M), KI beziehungsweise AI, Augmented Reality (AR) oder Virtual Reality (VR). Abbildung 4 zeigt einige Technologietreiber der digitalen Transformation.

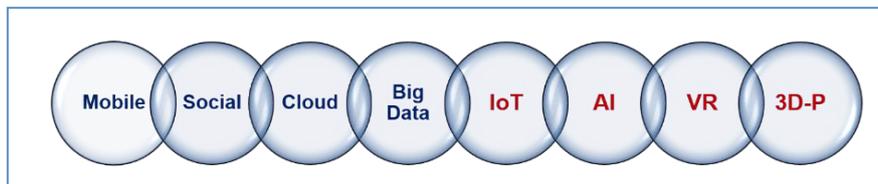


Abbildung 4 – Technologietreiber der digitalen Transformation (beispielhaft) [4]

Ein wesentlicher Aspekt der Digitalisierung ist das Sammeln von Daten und aus den vorliegenden Big-Data sogenannte Smart-Data zu generieren beziehungsweise abzuleiten. Dies bedeutet, dass aus den vorliegenden Datenmengen durch definierte Analysemethoden, die je nach Situation notwendigen Daten entsprechend aufbereitet werden. Neben der Datenanalyse kommen unterschiedliche Algorithmen aber auch Ansätze basierend auf Machine Learning (Maschinenlernen) und KI zum Einsatz. Beispielsweise werden mittels Sensoren oder durch Laserabtastungen sowie Video- und Audioaufzeichnungen Daten gesammelt und in Folge aufbereitet.

Die Digitalisierung liefert neue innovative Lösungen auch im Bahnbereich, die sich entweder noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase, in Pilotierung oder bereits erfolgreich im Einsatz befinden.

### **Betriebsführung 2035+ der ÖBB-Infrastruktur**

Die Betriebsführung der ÖBB-Infrastruktur basiert auf einem komplexen Netzwerk moderner Technologien. Die Umsetzung der Betriebsführungsstrategie umfasst demzufolge zahlreiche komplexe technische Systeme. Eine Übersicht hierzu zeigt Abbildung 5.

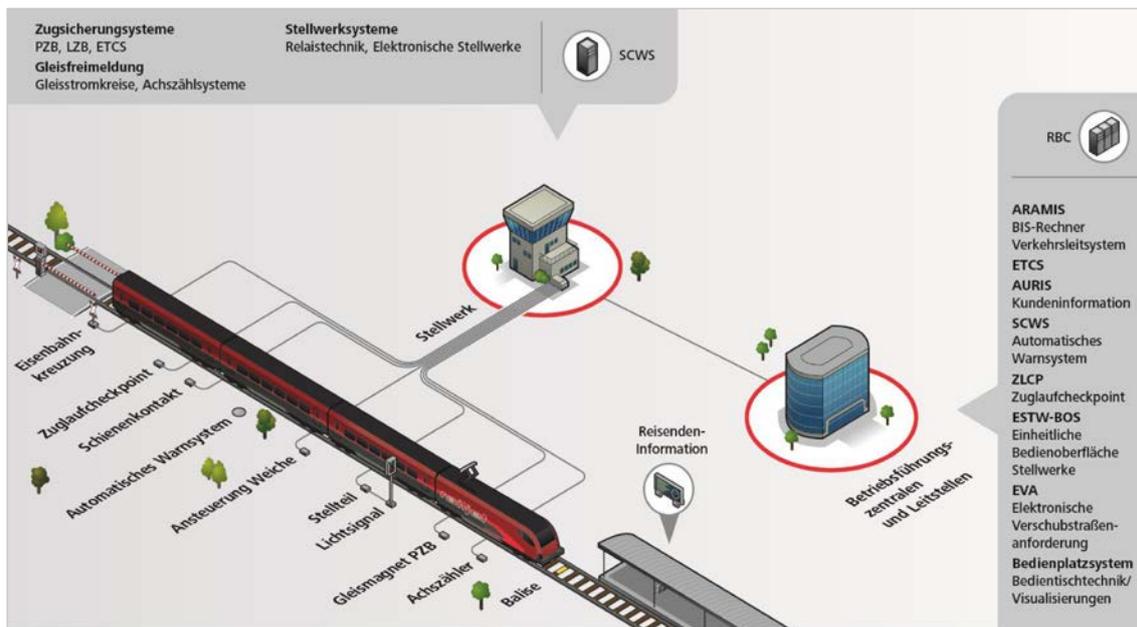


Abbildung 5 – Betriebsführung 2035+ der ÖBB-Infrastruktur – ein komplexes Netzwerk [6]

Demzufolge wird eine strategische Wertschöpfung durch Technologie-Entwicklung und Instandhaltung verfolgt und komplexe Systeme sollen in der beziehungsweise für die Betriebsführung standardisiert werden. Des Weiteren wird eine übergeordnete Steuerung aller Initiativen und der System-Landschaft angestrebt. Zur Umsetzung der festgelegten Betriebsführungsstrategie ist die Bereitstellung des notwendigen Personals mit entsprechenden Kompetenzen ebenso notwendig wie die Finanzierbarkeit. Dadurch kann die Realisierbarkeit der Ziele gewährleistet werden, wobei das Verhältnis einer hohen Anlagenverfügbarkeit zur Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen ist. [6]

Sowie sich die Anforderungen an Systeme durch die Digitalisierung ständig ändern, muss auch die Betriebsführungsstrategie laufend an neue Herausforderungen wie der Digitalisierung und Automatisierung, der vernetzten Mobilität aber auch wegen des steigenden Kostendrucks sowie der Konkurrenz beziehungsweise dem Wettbewerb durch andere Verkehrsträger angepasst werden.

Bezogen auf den Kunden stehen Sicherheit, Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit und Nachhaltigkeit im Fokus sowie die Kundeninformation, die Kundenzufriedenheit und die Leistbarkeit des Angebots. Durch die digitale Transformation werden sich für die Mitarbeiter Berufsbilder durch die zunehmende Komplexität verändern und eine Neugestaltung von Aus- und Weiterbildung sowie des Arbeitsumfelds mit sich bringen. Der Aspekt des demografischen Wandels (Urbanisierung versus Smart City) und seine Auswirkungen sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Das Konzept der Betriebsführung 2035+ der ÖBB-Infrastruktur stützt sich auf neue innovative Lösungen wie dem digitalen Stellwerk und European Train Control System (ETCS), welche beide wiederum Teile der Automatic Train Operation (ATO) bilden, sowie Greenlight ergänzend zur adaptiven Zuglenkung und das Open Rail Lab.

### **European Train Control System (ETCS)**

Das ETCS ist eine neuere Technologie, die den Zugverkehr unter Erreichung kürzerer Intervalle und Blockabstände der Züge zueinander für den Reisenden noch effizienter machen soll. Bei ETCS handelt es sich um ein Zugbeeinflussungssystem, welches grundlegender Bestandteil des zukünftigen einheitlichen transeuropäischen Eisenbahnverkehrssystems European Rail Traffic Management System (ERTMS) ist. ETCS wird bereits bei mehreren Eisenbahninfrastrukturunternehmen, so auch der ÖBB-Infrastruktur, eingesetzt.

Mit Einführung von ETCS wird erwartet, einen interoperablen Eisenbahnverkehr zumindest im Bereich der Sicherungstechnik zu ermöglichen und hiermit die derzeit bekannten Systeme wie:

- Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB)
- Linienförmige Zugbeeinflussung (LZB) in Deutschland und Österreich

- Automatic Train Control (ATC) in Schweden
- Crocodile in Belgien und Frankreich
- Transmission Voie-Machine (TVM) in Frankreich
- Zugsicherung Integra-Signum (ZUB) in der Schweiz und Spanien

abzulösen [5]. Voraussetzung für die Realisierung der Vorteile von ETCS ist allerdings eine gemeinsame Kommunikationsplattform zwischen unterschiedlichen Systemen, welche sich durch die unterschiedlichen Systeme der Hersteller als komplex und herausfordernd erweist. Ferner muss sowohl eine Kommunikation der Systeme von Betreiberseite für die Betriebsführung, also Signalisierung, als auch vom „Endnutzer“, in diesem Fall dem Triebfahrzeug und dessen ETCS-Antenne, ermöglicht werden [5].

Die grundlegende Funktionsweise ist schematisch in Abbildung 6 skizziert. ETCS benötigt zur Kommunikation im Wesentlichen das Global System for Mobile Communications – Rail(way) (GSM-R) und eine Antenne am Zug (ETCS Antenne), welche mit der Balise kommunizieren kann. Eine ETCS-Balise legt den Blockabschnitt fest, das heißt an jedem Ende/Anfang eines Blocks liegt eine Balise. Sobald sich nun ein Zug zwischen diesen beiden Balisen befindet, ist dieser Block für weitere Züge gesperrt. Je mehr Balisen eingesetzt werden, desto mehr Blöcke werden generiert und desto mehr Züge können fahren, wodurch sich Zugintervalle verkürzen lassen. Zu beachten ist, dass die Abschnittslängen auch durch die Bremskurven der Fahrzeuge bestimmt werden.

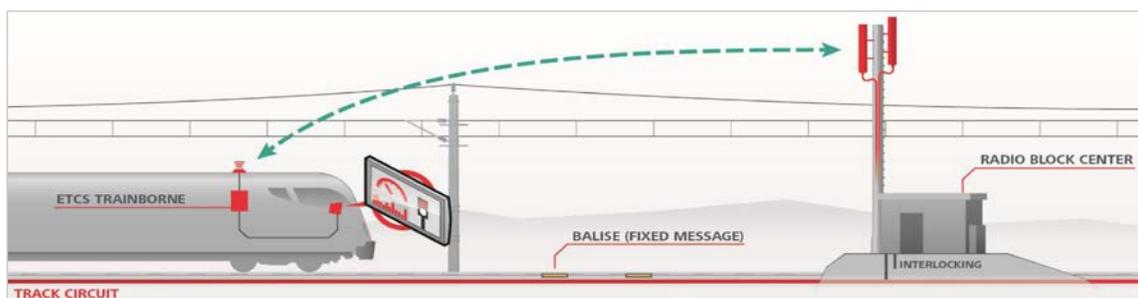


Abbildung 6 – ETCS – Funktionsweise [6]

Bei der ÖBB-Infrastruktur bildet ETCS Level 2 die Basis für weitere Entwicklungen. Mit dem Einsatz von ETCS Level 3 wird die Kapazitätsauslastung optimiert. So ermöglicht ETCS Level 3 den Verzicht auf Gleisfreimeldungen auf freier Strecke, die Nutzung von „Moving Blocks“ (dynamische, variable Blockabstände) um Züge im zulässigen Mindestabstand hintereinander fahren zu lassen und die Unterstützung durch Cloud-basierte Stellwerke. ETCS Level 3 ist eine langfristige und weltweit genutzte Systemlösung deren frühestmöglicher Einsatz im Jahr 2022 liegt. Die Integration wird in erster Linie auf Neubaustrecken erfolgen. [7]

### **Digitales Stellwerk**

Die konventionelle Stellwerksarchitektur ist unter anderem gekennzeichnet durch einen begrenzten Stellbereich, einem hohen Anteil an Verkabelungskosten und dem Einsatz spezifischer Hardwarekomponenten.

Im Gegensatz dazu ist das digitale Stellwerk das „Stellwerk der Next Generation“, ein Stellwerk in der Cloud mit einer Auflösung der geografischen Bindung, einer Minimierung der Infrastrukturkosten und dem Einsatz von standardisierten Hardwarekomponenten. Das digitale Stellwerk ist gekennzeichnet durch hardwareunabhängige Reinvestitionszyklen. Eine Herausforderung, die es zu bewältigen gibt, ist der Aspekt von unterschiedlichen Software-Versionen derartiger standardisierter Hardwarekomponenten.

### **Automatic Train Operation (ATO)**

Wenn es um die Zukunft der Mobilität geht, stellt sich unter anderem die Frage, ob ATO eine oder sogar vielleicht die einzige optimale Lösung für die zukünftige Gestaltung des öffentlichen Verkehrs ist.

Mit ATO lassen sich sicherlich effiziente Verbesserungen wie Kosten- und Energieeffizienz, Erhöhung der

Verfügbarkeit oder auch mehr Kapazität auf der Strecke erreichen. Diesen Vorteilen stehen Risiken, wie zum Beispiel keine Lokführer mehr in den Führerständen sowie keine Rückfallebene für die Reaktion auf kritische Vorfälle, gegenüber.

Dies führt unweigerlich zur Diskussion der eingesetzten Technologie, den damit verbunden rechtlichen Rahmenbedingungen sowie dem ethischen Aspekt. Neue Technologien und deren Einsatz sind genauestens zu analysieren und hinsichtlich ihrer Risiken betreffend Sicherheit für Systeme selbst sowie für deren Anwender und Nutzer zu bewerten und durch geeignete Maßnahmen zu minimieren. Neue Systeme und Produkte, müssen entsprechend pilotiert und in Feldtests evaluiert werden, bevor sie als Standardtechnologie beziehungsweise -lösungen eingesetzt werden können. Damit verbunden müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen angepasst werden, durch Gesetze verankert und durch Standards untermauert werden. Aus ethischer Sicht bleibt aber die Frage, wie viel Automatisierung ist vertretbar und inwieweit lassen sich Menschen zu 100% ersetzen?

Die vier Grade der Automatisierung (Grades of Automation, GOA) definieren den Automatisierungsbedarf [8]:

- GOA 1 – Manuelle Fahrt mit Zugbeeinflussung; Fahrer regelt die Fahrt (Start, Stopp & Türsteuerung)
- GOA 2 – Halbautomatischer Zugverkehr (STO) – Fahrt vom Start bis Stopp vollautomatisch; Fahrer löst Start aus und steuert die Türen
- GOA 3 – Begleiteter fahrerloser Zugbetrieb (driverless train operation – DTO); Zugbegleiter statt Fahrer
- GOA 4 – Vollautomatischer fahrerloser Zugbetrieb (unattended train operation – UTO / manless train operation MTO); kein Personal am Zug

Ein Vorteil von ATO im Eisenbahnverkehr sind sicherlich die begrenzten äußeren Einflüsse im Vergleich zur Straße und die Fahrzeuge werden spurgeführt, bewegt. Der Zugverkehr zählt sicherlich zum emissionsarmen und energieeffizienten Verkehr und bietet den Passagieren mehr Komfort als im Straßenverkehr, beispielsweise Relaxen und Musik hören oder Arbeiten während der Fahrt. Wenn es um die Automatisierung im Eisenbahnwesen geht, zeigt sich, dass die notwendige technische Basis oftmals vorhanden ist.

Demzufolge profitiert das System Schiene durch ATO [8]:

- Im Bereich Geschäft und Kunden – durch Pünktlichkeit, Energieeffizienz und Reduktion CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Im Bereich Betriebsführung – durch höchste Betriebssicherheit, eine höhere Präzision des Zugbetriebs und die Vermeidung von außerplanmäßigen Stopps
- Im Bereich Technische Entwicklung – durch die Automatisierung des Zugbetriebs (z.B. Konfliktmanagement), den Einsatz von Sensoren an den Fahrzeugen sowie der Vernetzung von Kundeninformationssystemen

### **Zugpositionierung – Greenlight**

Zur Verbesserung ihres Positionierungssystems haben die ÖBB das Projekt Greenlight gestartet. Greenlight ermöglicht die gleisgenaue Ortung von Zügen in Echtzeit. Mit den gesammelten Informationen eröffnen sich dadurch für die ÖBB-Infrastruktur bisher ungeahnte und innovative Anwendungsmöglichkeiten für Betrieb, Wartung sowie Kundeninformation.

Im Rahmen des Betriebes kann beispielsweise eine exakte Prognoseberechnung für Fahrempfehlungen zum Energiesparen durchgeführt werden, kann die Belastung von Schiene und Triebfahrzeug-Radsatz reduziert werden, Konflikte bei eingleisigen Strecken können früher erkannt werden oder die gleisgenauen Zugdaten für weiterführende Projekte, zum Beispiel Adaptive Zuglenkung, herangezogen werden. [9]

Hinsichtlich der Wartung kann beispielsweise durch präzise Analyse, welche Gleise intensiver befahren werden, eine exaktere Wartungssteuerung erfolgen und eine genauere Disposition von Entstör-Trupps stattfinden. [9]

Für Kunden ergibt sich ein Mehrwert durch präzisere Informationen. Beispielsweise ist eine gleisgenaue Steuerung der Zugzielanzeigen und Monitore am Bahnhof möglich, bei Verspätungen ermöglichen genaue Zugpositionsdaten eine präzise Kundeninformation, sehr genaue Fahrdaten in Blockabständen ermöglichen exakte Ansagen bei mehreren Haltestellen innerhalb eines Blocks und schließlich ist aufgrund genauer Positionsdaten eine exakte Erkennung des Zughaltes beziehungsweise der Zugabfahrt und dadurch die exakte Steuerung der Lautsprecheransagen am Bahnsteig möglich. [9]

Abbildung 7 skizziert schematisch den Aufbau von Greenlight und zeigt das Zusammenwirken der informationsliefernden Systeme.

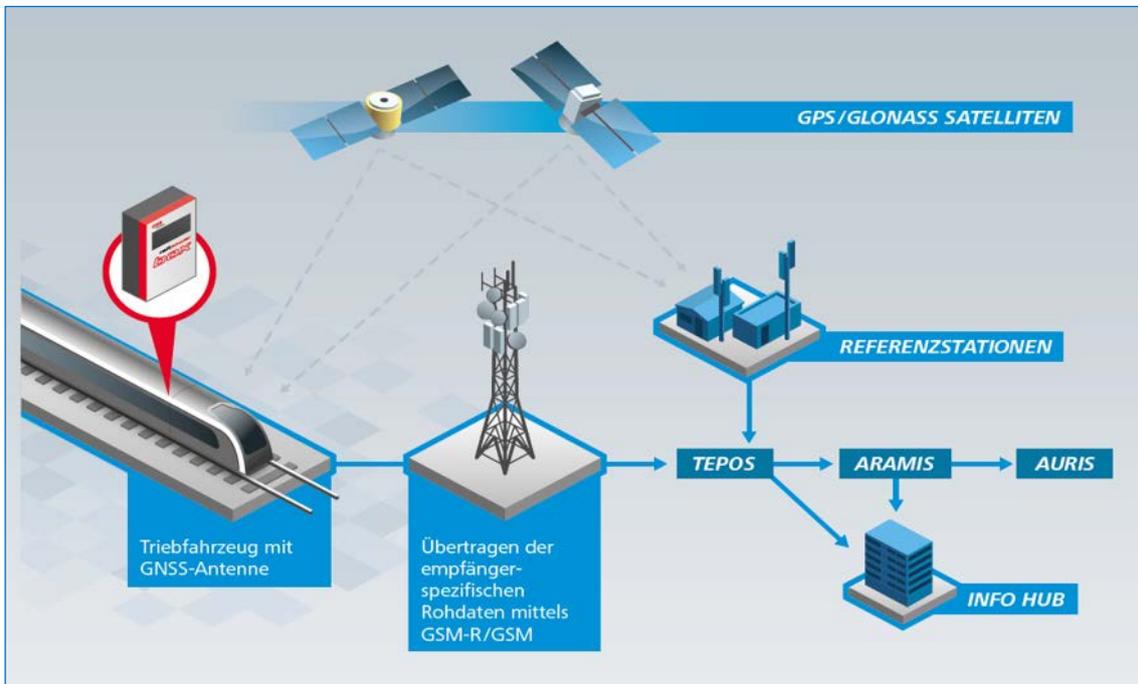


Abbildung 7 – Greenlight – Schematische Darstellung [6]

### Adaptive Zuglenkung mit ARAMIS

ARAMIS steht für *Advanced Railway Automation Management Information System*. „Diese Applikation ermöglicht eine Echtzeit Zugverfolgung für Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Infrastrukturbetreiber. ARAMIS ermöglicht einen Zugriff auf Echtzeit-Zugdaten aller am ÖBB-Schiennetz verkehrenden Züge. Dabei verwendet ARAMIS eine mandantenfähige Informationstechnik. Dadurch können mehrere Kunden gleichzeitig bedient werden, ohne dass diese gegenseitig Einblick in die Daten und Benutzerverwaltung der anderen haben. Die visuelle Aufbereitung der Produktionsdaten beschränkt sich daher grundsätzlich auf die vom Kunden selbst bestellten Zugfahrten.“ [10]

Abbildung 8 zeigt einen Bedienplatz bei der ÖBB. Die obere Reihe zeigt die Dispositive und die untere Reihe die Operative [11].



Abbildung 8 – ÖBB Bedienplatz: Zuglenkung mit ARAMIS [11]

Durch die adaptive Zuglenkung werden Daten zur optimalen Steuerung von Zügen verknüpft. Aus dem Zusammenspiel aus Zugortung, Fahrplandaten, Triebfahrzeug und ARAMIS werden Vorschläge zu Geschwindigkeiten und Konfliktlösungen zur Steigerung von Pünktlichkeit und Energieeffizienz errechnet [6].

### Zuglaufcheckpoint (ZLCP)

Smarte Daten für den Betriebsführungsprozess, die durch entsprechende Datenanalyse und Algorithmen aus den Big-Data gewonnen werden, vermeiden Systembrüche und verbessern die Handlungssicherheit [7].

So werden zukünftig Zuglaufcheckpoints Daten zum Wagenmaterial am Netz der ÖBB liefern. Eine schematische Darstellung von Systemen zur Datengewinnung für die Betriebsführung zeigt Abbildung 9.

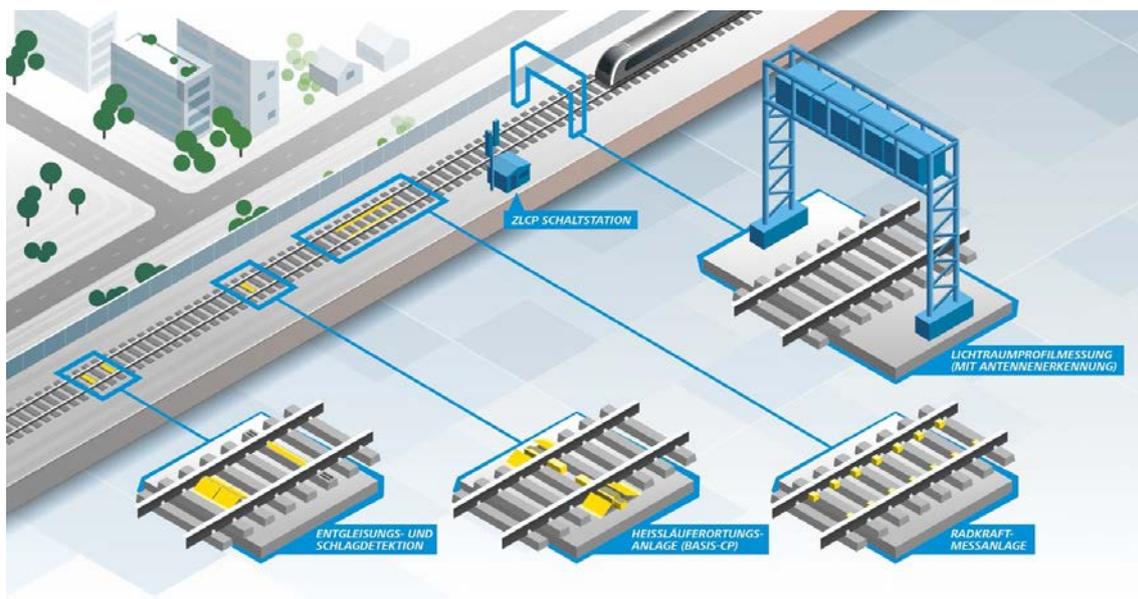


Abbildung 9 – Darstellung Zuglaufcheckpoint – Smarte Daten für den Betriebsführungsprozess [7]

An einer Ausweitung der detektierten Gefahrenquellen an den Zuglaufcheckpoints wird gearbeitet. So sollen künftig auch Daten hinsichtlich Branderkennung, Achsgeräuschmessung, Wagenerkennung, Fahrzeugidentifikation sowie Gefahrgutererkennung erfasst, analysiert und aufbereitet werden. Diese ermittelten Daten sollen optimal genutzt werden, beispielsweise zur einfachen Datenbereitstellung über den Infra Info Hub, zur Tendenzermittlung von Alarmen, zur Vernetzung mit Infrastruktur-Systemen (Naturgefahren Management) sowie zur Vernetzung mit IoT-Sensoren und IoT-Applikationen.

### Pantograph Monitoring Systeme

Diese Systeme dienen der Überwachung von Stromabnehmern und ermöglichen es, schadhafte Stromabnehmer wie verbogene oder fehlende Hörner, inkorrekt montierte Stromabnehmer oder schadhafte Schleifleisten mit Ausbrüchen Rissen oder Abnutzungen zu erkennen. Dadurch können Triebfahrzeuge mit schadhafte Stromabnehmern rechtzeitig aus dem Regelverkehr gezogen und größere Schäden am Triebfahrzeug selbst sowie an den Oberleitungen vorgebeugt werden.

Für das Monitoring gibt es grundsätzlich zwei Lösungsansätze: Erstens die Überwachung der Stromabnehmer direkt von oben, indem das System auf einem Überbau, einer Brücke oder einem Tunnelportal montiert wird. Zweitens durch eine seitliche Überwachung, indem das System beziehungsweise die Systemkomponenten seitlich auf einem Masten montiert werden.

### Warnsysteme

Bei allen Eisenbahnunternehmen steht die Sicherheit der Mitarbeiter und Fahrgäste an erster Stelle. Durch den

Einsatz von Warnsystemen macht die ÖBB-Infrastruktur ihre Baustellen noch sicherer. Warnsysteme sind eine Stütze der Automatisierung und durch die technologischen Weiterentwicklungen im Bereich automatisierter Warnsysteme lassen sich mögliche Fehlerquellen minimieren. Zusätzliche organisatorische Maßnahmen oder fernmündliche Kommunikation werden durch die Interaktion mit dem Verkehrsmanagement unnötig. Die Optimierung der Vorwarnzeiten und der Netto-Arbeitszeiten in den Baustellenbereichen sowie die Ausweitung der Fälle, in denen ein automatisiertes Warnsystem eingesetzt werden kann, treiben den Einsatz dieser Systeme voran. [7]

### **Mobile Mapping**

Unter dem Titel „Mobile Mapping“ läuft bei der ÖBB-Infrastruktur ein Forschungs-und-Entwicklungsprojekt zur effizienten Dokumentation der Bahninfrastruktur durch mobile Datenerfassung. Dabei wird die 3D-Dokumentation als Basis für Anwendungsfelder wie zum Beispiel der Lichtraumbestimmung, für die Planungen von Bauvorhaben, für die Trassenoptimierungen und zu Sanierungsplanungen herangezogen [9]. Die 3D-Dokumentation ist damit ein Werkzeug, um auf vielen Ebenen Potentiale zu heben beziehungsweise Prozesse zu optimieren und ermöglicht somit die Bereitstellung modernster Services für Kunden. So lassen sich mittels der Lichtraumbestimmung die Möglichkeiten außergewöhnlicher Sendungen mit Lademaßüberschreitung auf den ausgewählten Strecken bestimmen. Neben dem Forschungsfeld Change Detection werden unter anderem Forschungsfeldern wie Data-Mining, Algorithmen, Künstliche Intelligenz sowie Maschinelles Lernen eingesetzt [9]. Wie Fahrzeuge für derartige Messfahrten ausgestattet sind, zeigt Abbildung 10.



Abbildung 10 – Mobile Mapping – die Technologie dahinter [9]

Anbei einige Eckdaten zu dem in Abbildung 10 dargestellten Messwagen [9]:

- Fahrgeschwindigkeit 80 km/h
- Datenmenge: ca. 15-20 GB/km
- Dichte der Punktwolke: bis zu 2 mm
- alle Anlagen im Bahnkorridor absolut
- verortbar
- Verbindung zu Streckenkilometer möglich
- Genauigkeiten
  - innerhalb gleicher Bildsequenz 1 bis 2 cm
  - Nachbarschaftsgenauigkeit 2er benachbarter Fahrten 2 bis 3 cm
  - absolute Genauigkeit 5 bis 10 cm

## Messwagen

Das Anwendungsgebiet von Messwagen erstreckt sich von der Messung von Oberleitungsanlagen über Zugbeeinflussungssysteme bis hin zum Fahrweg und Oberbau.

- Die Messtechnik Oberleitung umfasst die Messung der dynamischen Kontaktkräfte der statischen Ruhelage des Fahrdrahtes sowie die Anhubmessung.
- Die Messtechnik Zugbeeinflussungssystem umfasst die Pegelmessung linienförmige Zugbeeinflussung (LZB), Phasensignale, Kreuzungsstellen und die Funktionsprüfung punktförmige Zugbeeinflussung (PZB).
- Die Messtechnik Oberbau umfasst unter anderem die Gleislagequalität, die Schienenprofile und Schienenoberfläche sowie Streckenbilder.

Bereits seit 27 Jahren setzen die ÖBB den Elektrotechnischen Messwagen (ETMW) ein. Im Bereich der Oberleitungen wird der ETMW bei Inspektionsmessfahrten, bei Abnahmemessfahrten erfolgreich eingesetzt sowie für Mess- und Versuchsfahrten und Sondermessungen herangezogen [12]. Der ETMW und seine Messkomponenten sind in Abbildung 11 ersichtlich.

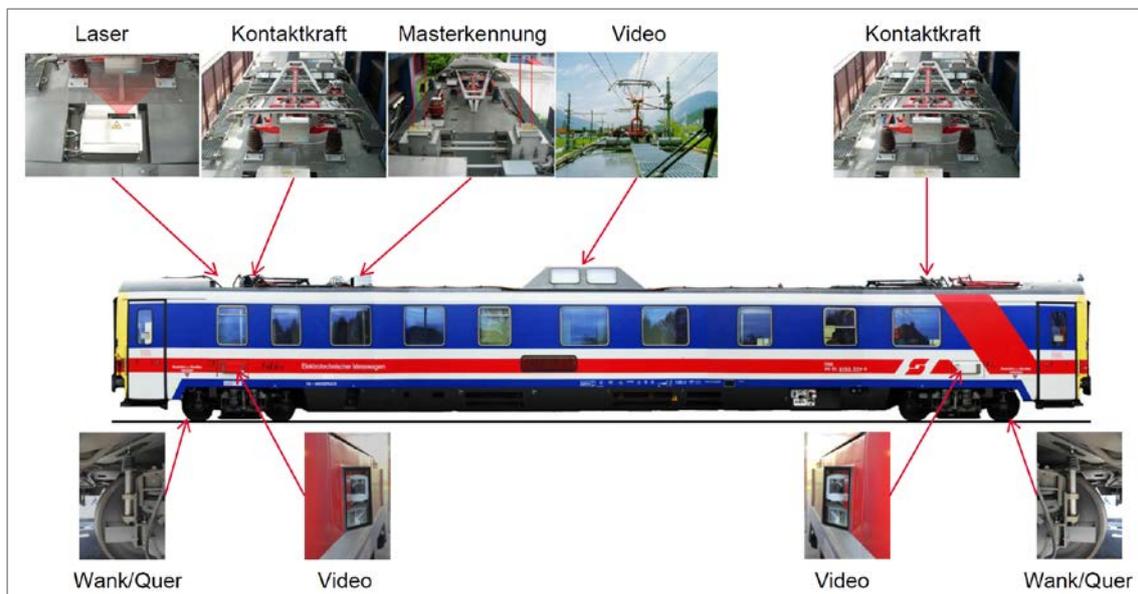


Abbildung 11 – Elektrotechnischer Messwagen (ETMW) [12]

Im Rahmen der Messung der „statischen Ruhelage“ erfolgt mittels **Lasersystemen** die berührungslose Messung der Oberleitungsgeometrie hinsichtlich des „Zick-Zack“-Verlaufs und der Höhe des Fahrdrahtes. Durch weitere Messsysteme wird die Wagenkastenbewegung in Bezug zur Fahrzeugachse (Gleis) erfasst. Aus den Ergebnissen lassen sich die korrigierten Lagedaten des Fahrdrahtes ermitteln.

Das **Kontaktkraftmesssystem** für dynamische Kontaktkräfte ist nach EN 50317 [13] validiert.

Bei dem **Masterkennungsmesssystem** handelt es sich um ein optisches und damit berührungslos arbeitendes System zur Detektion von Oberleitungsstützpunkten (Maste). Zwei am Messwagendach montierte Aufnahmeeinheiten, ausgestattet mit paarweisen Laser-Distanz-Sensoren, detektieren diese Oberleitungsstützpunkte.

Die digitalen Technologien liefern für Messsysteme einen wichtigen Innovationsbeitrag. Die ÖBB-Infrastruktur plant beispielsweise den ETMW mit einem System zur Messung der Fahrdrahtdicke auszurüsten. Damit kann auf den Abnutzungsgrad und den Verschleiß des Materials rückgeschlossen und wertvolle Informationen für das Life-Cycle-Management könnten werden.

### **Einsatz von Sondermaschinen im Fahrweg**

Namhafte Hersteller investieren hohe Geldbeträge in die Entwicklung hochmoderner und hoch-technologischer Maschinen wie Gleisbaumaschinen zur effizienten Gleisverlegung. Durch IoT und entsprechende Software-Programme und Applikationen können Gleise präzise verlegt werden. Bei Eisenbahninfrastrukturunternehmen kommt es bereits heute zum erfolgreichen Einsatz derartiger Maschinen.

### **Predictive Maintenance**

Insbesondere im Bereich von Predictive Maintenance erwarten sich Eisenbahnunternehmen durch den Einsatz der Digitalisierung innovative Lösungen und damit einen Beitrag zur Steigerung der Anlagenverfügbarkeit und -zuverlässigkeit, effektive und effiziente Instandhaltungsplanungen und Effizienz von Reinvestitionen in die Infrastruktur.

Hierfür können unter anderem die aus den oben genannten Lösungen gewonnenen Informationen und aufbereiteten Daten herangezogen werden.

### **Risikomonitoring mit Drohnen**

Der Einsatz von Drohnen wurde bereits erfolgreich im Energiesektor für Instandhaltungsarbeiten an Hochspannungsleitungen oder auch von Windrädern getestet.

Die ÖBB, die Asfinag und das BMVIT haben im September 2019 erfolgreich ein zweijähriges Forschungsprojekt abgeschlossen, indem die Einsatzmöglichkeiten von Drohnen im Verkehrssektor untersucht wurden. Dabei stand als Ziel die „Unterstützung von oben bei Inspektionen von Bauwerken, Naturgefahren, Bestandsstrecken und außergewöhnlicher Ereignisse mittels unbemannter Luftfahrzeugsysteme (UAS)“ [14] im Vordergrund.

Dies zeigt somit mögliche künftige Einsatzgebiete von Drohnen bei der Inspektion von Bauwerken sowie Bahnstromleitungen beziehungsweise Überlandleitungen oder auch Oberleitungen, um insbesondere bei unzugänglichen oder schwer zugänglichen Anlagen diese sicher untersuchen zu können. Erste Bildaufnahmen helfen hier die Lage entsprechend einschätzen und erforderliche Maßnahmen zu treffen, beispielsweise bei Bahnstromleitungen oder Oberleitungen zur Gewährleistung der Trassenfreihaltung.

Das Einsatzgebiet von Drohnen ist weitläufig. Das unter Predictive Maintenance genannte Forschungsprojekt der ÖBB hat unter anderem konkrete Anwendungsfälle ausgearbeitet und vier zentrale Anwendungsbereiche daraus abgeleitet [14].

- Die Inspektion von Bauwerken wie Brücken, Schutzverbauungen, Stütz- und Ankerwände, Gebäude, etc. ist einer dieser konkreten Anwendungsbereiche. Diese Inspektionen können im Rahmen von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten effizient eingesetzt werden.
- Ein weiterer möglicher Einsatzbereich von Drohnen ist im Rahmen der Prävention zum Erkennen von Naturgefahren wie Geländebewegungen und Schneeprofile sowie zur Überwachung von gezielten Lawinsprengungen.
- Bei außergewöhnlichen Ereignissen können Drohnen unterstützend im Krisenmanagement eingesetzt werden, beispielsweise bei Naturereignissen wie Murenabgängen, Sturmschäden oder Unfällen (Verkehrsunfälle, Arbeitsunfälle).
- Bei der Streckenkontrolle können Drohnen unterstützend bei der Erfassung von Veränderungen im Streckenbereich von Schiene und Autobahn Anwendung finden.

### **Traffic Management System**

Die ÖBB-Infrastruktur setzt auf ein zentrales Traffic Management System (TMS), das zahlreiche relevante Systeme wie Zuglenkung und Zugsicherung, Disposition, Netzplanung, Fahrplangestaltung sowie Kundeninformation, untereinander verknüpft. Ein TMS bringt zahlreiche Vorteile mit sich. So lassen sich beispielsweise 80 % aller auftretenden Störungen automatisiert lösen und in Störungs- und Ausnahmefällen kann der komplette Fahrplan innerhalb kürzester Zeit automatisch angepasst werden. Bei Systemversagen springt die Mobile Traffic Control (MTC) ein. Durch Einsatz eines zentralen TMS kann die Anzahl von Außenanlagen reduziert werden. Des Weiteren ersetzt die Leittechniksteuerung der Lokomotiven die Notwendigkeit manueller Handlungen. [7]

### **Mobility as a Service**

Mobility as a Service (MaaS) steht für einen Wandel in der Mobilität, bei dem ein Verbraucher Mobilität kauft, anstatt in Transportmittel zu investieren. In vielen Bereichen hat dieser Übergang bereits stattgefunden, wie in der Musik- oder Hotelbranche. [15]

MaaS ist auch Teil des Zielbildes der ÖBB-Infrastruktur [6] und die ÖBB-Infrastruktur arbeitet gemeinsam mit anderen Infrastrukturbetreibern an attraktiven Mobilitätskonzepten für ihre Kunden.

Menschen sollen animiert werden, auf Autos gänzlich zu verzichten. Insbesondere im Stadtbereich auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen oder vielleicht sogar auf das Fahrrad oder kurze Strecken zu Fuß zurücklegen. In einigen Großstädten gibt es bereits Konzepte wie Share Now, wo sich Personen über eine App ein Auto für eine Stadtfahrt bequem und einfach mieten können. Ähnliche Lösungen gibt es für Fahrräder und einen regelrechten Boom erleben derzeit die Elektro-Scooter. Letztere zeigen, dass die Implementierung derartiger Lösungen am Markt schneller von statten geht, als die dafür notwendigen Regulatorien. Im urbanen Bereich hingegen oder auch am Stadtrand sind Menschen oftmals auf das eigene Auto angewiesen und davon regelrecht abhängig. Hier ist Raum für neue Mobilitätskonzepte wie zum Beispiel das Car-Sharing.

### **Digitale Lösungen im ÖBB Personenverkehr**

Die Kunden und auch das Zugpersonal werden bereits mit digitalen Lösungen unterstützt. Beispiele aus der Praxis werden beispielhaft im Folgenden dargestellt.

**Scotty** ist die mobile Fahrplanauskunft der ÖBB. Verbindungen werden in Echtzeit abgerufen und aktuelle Abfahrts- und Ankunftszeiten sowie Verspätungen erfasst. Kommt es zu Störungen oder unvorhergesehenen Ereignissen, wie zum Beispiel Streckenunterbrechungen infolge von Murenabgängen im Gleisbereich, Schäden an der Oberleitung oder Weichenstörungen, so werden auch diese Informationen den Nutzern umgehend zugänglich gemacht.

Im **ÖBB Zugradar** werden alle ÖBB Züge, die im Inland unterwegs sind, auf einer Österreichkarte erfasst. Beim Klick auf einen Zug erscheinen seine Echtzeitdaten wie aktueller Standort und Pünktlichkeit sowie die nächsten Haltestellen.

Mit der **ÖBB Ticket-App** können Fahrkarten sowie Platzreservierungen bequem online gebucht werden und stehen als e-Ticket am Smartphone zur Verfügung. Das Zugpersonal kann mit Hilfe eines Smartphones oder Tablets einfach und bequem durch Barcodes Tickets sowie Vorteilscards und Berechtigungskarten einlesen und überprüfen.

### **4.3. Resultierende Anforderungen**

Der Grad der Komplexität ist von der 1. zur 4. industriellen Revolution stark angestiegen. Damit steigen die Anforderungen im Eisenbahnwesen.

#### **Sicherheitsaspekte – Safety und Security**

Mit dem Zeitalter der Digitalisierung kam neben dem Sicherheitsaspekt Safety ein weiterer hinzu, bekannt als Security. Heute liegt die Herausforderung darin, die Anforderungen an Systeme betreffend Safety und Security klar abzugrenzen und dennoch als „ein Gesamtsystem“ zu betrachten. Über die Frage, welche Sicherheitsaspekte vorrangig in einem System sind und ob somit „Safety über Security“ oder „Security über Safety“ gilt, herrschen geteilte Meinungen. In Diskussionen mit Verantwortlichen für Safety und Security lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, „ohne Security kein Safety“.

Um den Anforderungen gerecht zu werden, unterstützen Standards bei der Umsetzung von Safety und Security. Im Folgenden sind beispielhaft für Safety im Eisenbahnwesen folgende Standards genannt:

- EN 50562, welche „eine Beschreibung eines generischen Referenzsystems für ein konventionelles elektrisches Bahnenergieversorgungssystem und für die zugehörigen Teilsysteme“ enthält [16]. Diese Norm beschreibt unter anderem „die Schnittstellen hinsichtlich der Sicherheit an den Systemgrenzen und die entsprechenden zu koordinierenden Aspekte“ [16].
- EN 50126, welche für Bahnanwendungen und deren Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) herangezogen wird.

Hinsichtlich der Sicherheit „liefert EN 50126-1 einen Sicherheitsmanagementprozess, der durch die in EN 50126-2 gegebene Anleitung und beschriebenen Verfahren unterstützt wird. EN 50126-1 und EN 50126-

2 sind unabhängig von der angewendeten Technologie. Soweit Sicherheit betroffen ist, basiert EN 50126 auf einem funktionalen Ansatz“ [18]. Generell sollte die Anwendung dieser Norm an die spezifischen Anforderungen des betrachteten Systems adaptiert werden.

- Die internationale Normenreihe IEC 61508 besteht aus 7 Teilen und trägt den Titel *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme*. Diese Normenserie ist bei der Entwicklung von elektrischen, elektronischen und programmierbaren elektronischen (E/E/PE) Systemen, die eine Sicherheitsfunktion ausführen, anzuwenden. [19]

„EN 50126 ist ein Teil der für den Bahnsektor spezifischen Anwendung von IEC 61508. Die Einhaltung der Anforderungen dieser Europäischen Norm in Verbindung mit den Anforderungen anderer geeigneter Normen ist ausreichend, um sicherzustellen, dass ein zusätzlicher Nachweis der Übereinstimmung mit IEC 61508 nicht erforderlich ist.“ [17]

Hinsichtlich der Anforderungen an Security ist zu unterscheiden, ob sogenannte IT-Systeme (Information Technology) oder OT-Systeme (Operational Technology) betrachtet werden.

IT umfasst das gesamte Spektrum an Technologien zur Datenverarbeitung, wie der Software- und Hardware-Kommunikationstechnologien und die damit verbundene Dienstleistung. In der Regel umfasst IT keine eingebetteten Technologien, die Daten für den Einsatz im Unternehmen generieren (siehe [20]).

OT ist Hardware und Software, die eine Änderung durch die direkte Überwachung und/ oder Kontrolle von physikalischen Geräten, Prozessen und Ereignissen im Unternehmen erkennen oder verursachen (siehe [21]).

Relevante Normen, die im **IT-Bereich** zur Anwendung kommen, sind jene der Normenreihe ISO/IEC 27000. Hierbei handelt es sich um eine Reihe von Standards zur Informationssicherheit.

- ISO/IEC 27000 „bietet einen Überblick über Informationssicherheits-Managementsysteme (ISMS). Es enthält auch Begriffe und Definitionen, die in der ISMS-Standardfamilie häufig verwendet werden“ [22].
- ISO/IEC 27001 „legt die Anforderungen für die Einrichtung, Umsetzung, Aufrechterhaltung und fortlaufende Verbesserung eines Informationssicherheitsmanagementsystems im Kontext der Organisation fest. Darüber hinaus beinhaltet diese internationale Norm Anforderungen für die Beurteilung und Behandlung von Informationssicherheitsrisiken entsprechend den individuellen Bedürfnissen der Organisation“ [23].
- ISO/IEC 27002 enthält „Leitfäden für organisatorische Normen und Managementpraktiken bezüglich Informationssicherheit, einschließlich Auswahl, Umsetzung und Handhabung von Maßnahmenunter Berücksichtigung der Umgebung der Informationssicherheitsrisiken in einer Organisation“ [24].

Für spezifische Bereiche und Sektoren gibt es zusätzlich weiterführende und vertiefende Normen.

Im **OT-Bereich** kommt die Normenreihe IEC 62443 zur Anwendung. Die Normenreihe IEC 62443 wird in vier Teile unterteilt: General, Management System (policies and procedures), Industrial IT Security, IACS (System requirements) and Embedded Security, Component [25].

### **Umgang mit Risiken**

Wie bereits erwähnt, werden durch den Einsatz neuer Technologien Unternehmen vor eine Vielzahl neuer Herausforderungen gestellt. Neue Technologien bedeuten neue Kompetenzen, die erworben werden müssen. Einerseits werden neue innovative Produkte und Dienstleistungen entwickelt, andererseits werden neue zugekauft und in die bestehende Unternehmensinfrastruktur integriert. Dadurch werden neue regulatorische Rahmenbedingungen entwickelt und diese sind durch Verordnungen, Gesetze und Standards umzusetzen. Des Weiteren können daraus Einflüsse und Auswirkungen auf Menschen, deren Arbeitsplätze oder auch auf die Umwelt selbst resultieren.

Die damit einhergehenden Risiken aber auch mögliche Chancen sind zu identifizieren, evaluieren, analysieren und zu bewerten. Als Standard sei hier die internationale Norm ISO 31000 „Risk Management“ genannt. Hierbei handelt es sich um eine Leitlinie und richtet sich „an Personen, die Werte in Organisationen schaffen und bewahren, indem sie mit Risiken umgehen, Entscheidungen treffen, Ziele festlegen und erreichen sowie Leistung verbessern“ [26]. Dabei unterliegen „Organisationen jeglicher Art und Größe externer und interner Faktoren und Einflüssen, die das Erreichen ihrer Ziele ungewiss machen können“ [26].

Die ISO 31000 besagt, die Behandlung von Risiken

- “erfolgt iterativ und unterstützt Organisationen dabei, Strategien festzulegen, Ziele zu erreichen und fundierte Entscheidungen zu treffen.
- ist Teil der Leitung und Führung und entscheidet darüber, wie diese Organisation auf allen Ebenen geführt wird. Es trägt zu der Verbesserung von Managementsystemen bei.
- ist Teil aller Aktivitäten einer Organisation und umfasst die Interaktion mit Stakeholdern.
- berücksichtigt den externen und internen Kontext der Organisation einschließlich menschlichen Verhaltens und kultureller Faktoren.
- basiert auf den Grundsätzen, dem Rahmenwerk und dem Prozess“. [26]

Doch was sind Risiken? Nach ISO 3100 sind Risiken die „Auswirkung von Unsicherheit auf Ziele“ [26].

Die ISO 3100 basiert, wie erwähnt, auf Grundsätzen, dem Rahmenwerk und dem Prozess:

- 8 Grundsätze zur Schaffung und dem Schutz von Werten: integriert, strukturiert und umfassend, maßgeschneidert, einbeziehend, dynamisch, beste verfügbare Information, menschliche und kulturelle Faktoren, fortlaufende Verbesserung [26]. Diese Grundsätze bilden die Grundlage im Umgang mit Risiken und sollten deshalb bei der Entwicklung des Rahmenwerkes und der Prozesse eines Risikomanagementsystems berücksichtigt werden.
- Rahmenwerk, das die fünf Komponenten des Risikomanagements widerspiegelt: Integration, Gestaltung, Implementierung, Bewertung, Verbesserung [26]
- Risikomanagement-Prozesses: Im Rahmen dieses Prozesses werden zu Beginn der Anwendungsbereich, der Kontext sowie der Kriterien festgelegt. Es folgt die Risikobeurteilung (Identifizierung, Analyse und Bewertung von Risiken) und die Risikobehandlung. Der Prozess ist zu kommunizieren, überwachen und überprüfen sowie dokumentieren.

### **Kompetenzentwicklung**

Neben den Anforderungen an die bereits erwähnten Sicherheitsaspekte Safety und Security fordert die Digitalisierung unter anderem auch Maßnahmen in der Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter. Durch die Digitalisierung werden neue Berufsfelder geschaffen, bestehende verändern sich und für einige Berufe besteht kein Bedarf mehr. Hier wird von Bildung 4.0 gesprochen. Wichtig ist jedoch auch, das bestehende Wissen, das sich über die letzten Jahrzehnte in einem Unternehmen angesammelt hat, sicherzustellen und weiterzugeben. Hier spricht man vom Wissenstransfer im Unternehmen.

Zur Kompetenzentwicklung von Mitarbeitern gehört neben der Ausbildung auch die laufende Weiterbildung. So stellt die Digitalisierung Mitarbeiter vor neue Herausforderungen im Arbeitsalltag, sei es beispielsweise durch neue Technologien im Bereich Service oder Predictive Maintenance oder generell durch das IoT. Dadurch verändern sich nicht nur Arbeitsabläufe, sondern durchaus auch Arbeitsplätze selbst. In diesem Zusammenhang wird der Begriff Arbeit 4.0 verwendet.

Die Digitalisierung macht somit auch hier keinen Halt und beeinflusst unser Lern- und Lehrverhalten sowie unsere Arbeitsweisen.

### **Unternehmensorganisation und -kultur**

Der Einfluss der Digitalisierung und ihre Auswirkungen sind sehr weitläufig und hinterlassen ihre Spuren ebenso in der Unternehmensorganisation sowie Unternehmenskultur.

Neben traditionellen Managementmethoden und Organisationsformen ist es unumgänglich, sich mit den neuen agilen Methoden und Strukturen auseinanderzusetzen. Organisationen wie beispielsweise die ÖBB befinden sich bereits im Transformationsprozess von einer traditionellen Organisation hin zu einer agilen Organisation. Auch Führungsstile sowie Prozesse und Arbeitsabläufe müssen sich dieser Transformation unterwerfen.

Ein Wandel wird nicht von heute auf morgen stattfinden, sondern kann in unterschiedlichen Branchen über mehrere Jahre andauern und erfolgt oftmals in kleineren Schritten.

### **Anforderungen an Systeme und Anlagen von Eisenbahnunternehmen**

Wie erwähnt, setzen die ÖBB auf neue Technologien und innovative Lösungen. Das Kundenangebot soll digitalisiert

werden und in sicherheitsrelevanten Bereichen sollen Standardtechnologien entwickelt und eingesetzt werden, wodurch eine Steigerung der Anlagen- und Systemverfügbarkeit sowie der Rollmaterialverfügbarkeit erwartet wird. Der Einsatz neuer Technologien und Lösungen erfordert neue Servicemodelle und man erwartet einen wesentlich breiteren Anbietermarkt als heute bekannt.

Im Rahmen der Digitalisierung werden Daten gesammelt, verarbeitet und unter anderem als Informationen aufbereitet, um sie den Kunden sowie den Mitarbeitern zur Verfügung stellen zu können. Hier erwarten sich Eisenbahnunternehmen eine Steigerung der Effizienz in der Verfügbarkeit von Daten und Informationen.

Die ÖBB stellen konkrete Anforderungen an ihre Systeme besonders mit Fokus auf den Bahnbetrieb und die darin liegenden Wachstumschancen. Weiterhin wird eine kritische Betrachtung bestehender Prozesse und Systeme verfolgt sowie die Entwicklung von Migrationsszenarien (keine, weiche oder harte Migration) vorangetrieben. Dadurch werden neu gedachte und schlanke Prozesse sowie die Beseitigung von Barrieren erwartet. Als weiterer Output wird die Reduktion der Komplexität und eine rasche Umsetzung von Innovationen erwartet, hinsichtlich der Umsetzung steht die Roadmap zur Betriebsführungsstrategie 2035+ zur Verfügung. [6]

## 5. Schlussfolgerung

Die 4. Industrielle Revolution bietet bereits heute eine Vielzahl an innovativen Lösungen für Eisenbahninfrastrukturen und Eisenbahnanlagen. Forschung und Entwicklung werden weitere neue Technologien hervorbringen und neue Lösungen, die sich unter anderem positiv auf die Zuverlässigkeit (**Reliability**), Verfügbarkeit (**Availability**) sowie Instandhaltbarkeit (**Maintainability**) und Sicherheit (**Safety**) – kurz **RAMS** – von Anlagen jeder Art auswirken werden.

Die durch die Digitalisierung hervorgerufenen neuen Rahmenbedingungen erfordern auch neue Anforderungen an die beiden Sicherheitsaspekte **Safety** und **Security**. Diese Anforderungen sind zu definieren und durch die Umsetzung geeigneter Maßnahmen sicherzustellen.

Des Weiteren stellt die Digitalisierung Unternehmen auch hinsichtlich ihrer Organisation, ihrer Kultur, ihrer Prozesse aber auch ihres Managements und Führungsstils sowie der Mitarbeiterentwicklung vor neue Herausforderungen. Diese sind ebenfalls zu berücksichtigen. Auch Eisenbahnunternehmen sind davon betroffen und stehen vor der Herausforderung, ihre klassischen Organisationsstrukturen in agile Strukturen überzuführen, was sich auch auf eine Vielzahl von Prozessen auswirkt. Insbesondere im Management und der Führung der Mitarbeiter ist der Ruf nach „neuen“ beziehungsweise „anderen“ Skills hinsichtlich Sozialkompetenzen aber auch Fachkompetenzen unüberhörbar.

Lehr- und Ausbildungsprogramme (Lehre sowie universitäre Ausbildung) sind zu überarbeiten und neue Technologien einzubinden (e-Learning, digitale Ausstattung von Labors und Lehrlings-Ausbildungsstätten, etc.). Insbesondere die Ausbildung in der Lehre entwickelt sich von einer klassisch dualen Ausbildung (Lehrlingsausbildung im Betrieb und in der Berufsschule, Säule 1 und 2) hin zu einer trialen Ausbildung, wo als 3. Säule zum Beispiel eine eigene Lehrwerkstatt im Betrieb oder auch die Stärkung der digitalen Kompetenzen hinzukommt. Im Bereich der Lehrlingsausbildung setzen die ÖBB bereits heute auf die triale Ausbildungsform und tragen dadurch zu hochqualifizierten Arbeitskräften im Eisenbahnwesen bei. Die triale Ausbildung selbst wird in Österreich insbesondere durch die Interessenvertretung der Wirtschaftstreibenden (Wirtschaftskammer Österreich) gefördert.

Nach wie vor kommt es zur Annahme, Digitalisierung wäre gleichzusetzen mit Automatisierung. Sicherlich lassen sich Technologien der Digitalisierung im Bereich der Automatisierung einsetzen, jedoch geht Digitalisierung weit darüber hinaus. Letztendlich steht der Kunde (intern und extern) im Fokus. Durch die Digitalisierung sollen neue Geschäftsmodelle etabliert werden.

Bereits heute werden Roboter in unterschiedlichen industriellen Bereichen erfolgreich eingesetzt. Die Digitalisierung wird auch hier noch verstärkt Einzug halten, wodurch bereits heute neue Forschungs- und Entwicklungsansätze entstehen. Dies bringt auch einen verstärkten Einsatz der künstlichen Intelligenz mit sich.

Die Digitalisierung schafft neue Möglichkeiten an Technologien und innovativer Lösungen und eröffnet uns noch unbekannte Möglichkeiten. Dennoch bringt sie als Begleiterscheinung eine Vielzahl an Risiken mit sich. Durch entsprechende Methoden oder hybride Ansätze wie beispielsweise einer effizienten und effektiven Kombination aus Risiko- und Innovationsmanagement, lässt sich das Innovation/Risiko-Paradox lösen und „*maximal Innovation at minimal Risk*“ erzielen.

## 6. Anhang

### 6.1. Abkürzungsverzeichnis

AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
ATO	Automatic Train Operation
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Customer
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CMMI-SVC	CMMI for Services
EisbG	Eisenbahngesetz
ETCS	European Train Control System
ETMW	Elektrotechnische Messwagen
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Rail(way)
HW	Hardware
ICS	Industrial Control System
IoT	Internet-of-Things (Internet der Dinge)
ISMS	Informationssicherheits-Managementsysteme
IT	Information Technology (Informations-Technologie)
KI	Künstliche Intelligenz
LZB	Linien-Zug-Beeinflussung (auch bekannt als linienförmige Zugbeeinflussung)
M2M	Machine-to-Machine
M2R	Machine-to-Roboter
MaaS	Mobility as a Service
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
PZB	Punkt-Zug-Beeinflussung (auch bekannt als punktförmige Zugbeeinflussung)
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability and Safety (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit)
SW	Software
UAS	Unmanned Aircraft System (unbemannte Luftfahrzeugsysteme)
VR	Virtual Reality
ZLCP	Zuglaufcheckpoint

### 6.3. Verzeichnis Abbildungen

Abbildung 1 – Die vier industriellen Revolutionen im Zeitstrahl [3].....	3
Abbildung 2 – Die 4. industrielle Revolution [3].....	3
Abbildung 3 – Entwicklung der Globalisierung und der Digitalisierung [4] .....	4
Abbildung 4 – Technologietreiber der digitalen Transformation [4].....	5
Abbildung 5 – Betriebsführung 2035+ der ÖBB-Infrastruktur – ein komplexes Netzwerk [6] .....	6
Abbildung 6 – ETCS – Funktionsweise [6].....	7
Abbildung 7 – Greenlight – Schematische Darstellung [6] .....	9
Abbildung 8 – ÖBB Bedienplatz: Zuglenkung mit ARAMIS [11].....	9
Abbildung 9 – Darstellung Zuglaufcheckpoint – Smarte Daten für den Betriebsführungsprozess [7] .....	10
Abbildung 10 – Mobile Mapping – die Technologie dahinter [9].....	11
Abbildung 11 – Elektrotechnischer Messwagen (ETMW) [12] .....	12

## 8. Referenzen

- [1] Lernhelfer - Schülerlexikon: Die industrielle Revolution in Geschichte, Online-Artikel, <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/geschichte/artikel/die-industrielle-revolution>, (letzter Abruf 03.02.2019).
- [2] Krösbacher Hannes, Schwald Christoph, Markis Alexandra: Die digitale Transformation – Industrie 4.0 und Internet-of-Things, TÜV Austria, 2018.
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT, AT): Die vier industriellen Revolutionen im Zeitstrahl; Online-Artikel, <https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/faktenblaetter/industrie40.pdf> (letzter Abruf 04.08.2019).
- [4] Streimelweger Barbara und Roger Hage: Minimal Risk Innovation (MRI) - Wie können Unternehmen trotz verschärfter Globalisierung & Reglementierung, die Früchte der Digitalisierung & Innovation mit Minimalrisiko ernten? Impulsvortrag, Wien, 14.12.2016.
- [5] Streimelweger Barbara, Sturzeis Wolfgang: Safety und Security – zwei Sicherheitsaspekte im Widerspruch? In: Elektrische Bahnen, 113(2015), H. 11S. 556-571.
- [6] Christian Sagmeister: ÖVG Forum – Rail & Road Traffic Management: Technologie für Straße und Schiene – Standortbestimmung und wo geht die Reise hin; Vortrag "Entwicklung der Bahnbetriebsführung bis 2035 - Smartrail4.0 / Zusammenarbeit im DACH-Raum"; Wien, 15.11.2018
- [7] Christian Sagmeister: ÖVG Forum – Wieviel Sicherheit braucht man im Verkehr von Morgen; Vortrag: INNOVATION & ZUKUNFT DER SICHERHEIT – Wohin geht die Reise auf der Schiene?"; Wien, 28.11.2018
- [8] Christian Sagmeister: ÖVG Forum – Automatisierung im Verkehr: Schiene – Straße – Multimodal; Vortrag "Entwicklung im Schienenverkehr"; Wien, 11.12.2017
- [9] Michaela Haberler-Weber: Digitalisierung in der Bahninfrastruktur am Beispiel der Positionierung; ÖBB-InfrastrukturOVN-Tagung, 2018-06-21, online: [http://ovn.at/fileadmin/downloads/GetTogether/OVN\\_NGT\\_20180621\\_MHW\\_Abgabe.pdf](http://ovn.at/fileadmin/downloads/GetTogether/OVN_NGT_20180621_MHW_Abgabe.pdf) (letzter Abruf 15.10.2019).
- [10] ÖBB-Infrastruktur AG, IT-Tool ARAMIS, <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/it-tools/aramis>, (letzter Abruf 14.10.2019).
- [11] Thales Transport Systems: ARAMIS - Die Produktfamilie für Leitzentralen; ARAMIS-Produktabteilung Österreich - ARGE Verkehrslenkzentrale; online, [https://www.argevz.at/files/16041\\_thales\\_ARAMIS\\_brosch\\_rz01\\_CTRL.pdf](https://www.argevz.at/files/16041_thales_ARAMIS_brosch_rz01_CTRL.pdf) (letzter Abruf 15.10.2019).
- [12] ÖBB-Infrastruktur AG – Geschäftsbereich Streckenmanagement und Anlagenentwicklung – Fachbereich Elektrotechnik: EN15 - Techniker Ausbildung, Wien Februar 2016.
- [13] ÖVE/ÖNORM EN 50317:2012-06-01, Bahnanwendungen - Stromabnahmesysteme - Anforderungen und Validierung von Messungen des dynamischen Zusammenwirkens zwischen Stromabnehmer und Oberleitung.
- [14] Pressemitteilung der ÖBB, 26.09.2019, *ÖBB und ASFINAG schließen Forschungsprojekt mit Drohnen erfolgreich ab - Einsatzmöglichkeiten von Drohnen im Verkehrssektor untersucht*, <https://presse.oebb.at/de/presseinformationen/oebb-und-asfinag-schliessen-forschungsprojekt-mit-drohnen-erfolgreich-ab> (letzter Abruf 21.10.2019).
- [15] Smart-City-embassy: Mobility as a Service, <http://www.smartcityembassy.nl/initiative/maas/>, (letzter Abruf 16.10.2019).
- [16] OVE EN 50562:2018-05-01, Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Prozess, Schutzmaßnahmen und Nachweisführung für die Sicherheit für elektrische Bahnanlagen.
- [17] OVE EN 50126-1: 2018-12-01, Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS); Teil 1: Generischer RAMS Prozess.
- [18] OVE EN 50126-2: 2018-12-01, Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS); Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik.
- [19] IEC 61508:2011, Normenserie Teil 1 bis 7; *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/ programmierbarer elektronischer Systeme*
- [20] Information Technology (IT) – Definition: [gartner.com/it-glossary/it-information-technology](http://gartner.com/it-glossary/it-information-technology). (letzter Abruf 15.10.2019).
- [21] Operational technology (OT) – Definition: [gartner.com/it-glossary/operational-technology-ot/](http://gartner.com/it-glossary/operational-technology-ot/). (letzter Abruf 15.10.2019).
- [22] ISO/IEC 27000:2018, Information technology – Security techniques – Information security management systems – Overview and vocabulary.
- [23] ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 27001:2017-07-01, Informationstechnik — Sicherheitsverfahren — Informationssicherheitsmanagementsysteme — Anforderungen (ISO/IEC 27001:2013 einschließlich Cor 1:2014 und Cor 2:2015).
- [24] ÖNORM ISO/IEC 27002: 2017-07-01, Informationstechnik — Sicherheitsverfahren — Leitfaden für Informationssicherheitsmaßnahmen (ISO/IEC 27002:2013 einschließlich Cor 1:2014 und Cor 2:2015).
- [25] TÜV Nord Gruppe, Whitepaper Industrial Security based on IEC 62443, 2019, Online, [https://www.tuvit.de/fileadmin/Content/TUV\\_IT/pdf/Downloads/WhitePaper/whitepaper-iec-62443.pdf](https://www.tuvit.de/fileadmin/Content/TUV_IT/pdf/Downloads/WhitePaper/whitepaper-iec-62443.pdf) (letzter Abruf 15.10.2019).
- [26] ÖNORM ISO 31000:2018-09-01, Risikomanagement — Leitlinien (ISO 31000:2018).

## Vita

### DI Dr. Barbara Streimelweger, MBA



Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Wien, Promotion an der Universität Genf in Information Systems. Post-graduales-Studium der Betriebs-, Rechts- & Wirtschaftswissenschaften (Technischen Universität Wien), MBA in General Management (Donaу-Universität Krens und Technischen Universität Wien); Ausbildung zum CDO, CIRM, CISM, CDPO und CMC.

Von 1997 bis 2008 im Bereich der Telekommunikation und ICT in internationalen Unternehmen tätig; 2008 Firmengründung von Stragere Management Consulting e.U. (Unternehmensberatung) und 2016 von Stragere Engineering Solutions e.U. (Ingenieurbüro);

Expertin im Risiko- & Chancen-Management bei Innovations- und Change-Management-Prozessen sowie im Sicherheitsmanagement (Safety / Security, Anlagensicherheit, Arbeitssicherheit); Vortragende, Autorin, Dozentin und Lektorin.

### Kontaktdaten:

DI Dr. Barbara Streimelweger, MBA

Stragere Management Consulting e.U. & Stragere Engineering Solutions e.U.

Am Kirchenweg 8, A-3071 Böheimkirchen, Austria

Email: [b.streimelweger@stragere.at](mailto:b.streimelweger@stragere.at)