Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Verkehr BAV
Abteilung Finanzierung

Wolf-Dieter Deuschle 24. Oktober 2022

Konzeptbericht

Automatisierung im Schienengüterverkehr der Schweiz, beginnend mit der Migration zur digitalen automatischen Kupplung

Aktenzeichen: BAV-334-5/2/2/5/7

Ein Projekt von

Europe's Rail

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Bundesamt für Verkehr BAV

VAP cargorail.ch

VÖV UTP
Verband öffentlicher Verkehr
Union des transports publics
Unione dei trasporti pubblici

Unter Einbezug der ganzen Branche:

BAV-D-6C8A3401/259

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 3
2 Zielkonzept 5
2.1 Die Funktionalitäten, die mit der DAK ermöglicht werden 7
2.2 Technische Umrüstungskomponenten der Fahrzeuge 16
2.3 Anzahl umzurüstender Fahrzeuge 17
2.4 Nutzen 19
3 Zusammenarbeit mit Europa und Interoperabilität 22
4 Migrationskonzept 23
4.1 Die Migration aus Schweizer Perspektive 24
4.2 Abhängigkeit zu Europa 25
5 Risikomanagement 26
6 Fazit 28

1 Zusammenfassung

Für einen zukunftsfähigen Schienengüterverkehr als Bestandteil einer nachhaltigen und intelligenten Mobilität sind die Digitalisierung und der Einsatz neuer Technologien unabdingbar. Damit können Leistungen des Bahnsystems im Gütertransport künftig flexibler, einfacher, zuverlässiger und kostengünstiger erbracht werden. Der Schienengüterverkehr wird auf diese Weise attraktiver und konkurrenzfähiger und trägt so zur Erreichung der Klimaziele bei. Zentrales Element ist die digitale, automatische Kupplung (DAK). Sie soll den europäischen Schienengüterverkehr beschleunigen, vereinfachen und vergünstigen.

In der Schweiz wurde in diesem Rahmen das Projekt «Automatisierung im Schienengüterverkehr der Schweiz, beginnend mit der Migration zur digitalen, automatischen Kupplung» im September 2021 gestartet. Die Branche wurde über die Verbände einbezogen. In Koordination mit den europäischen Gremien wurde das Ziel- und Migrationskonzept für die Vernehmlassung erarbeitet und im vorliegenden Bericht dokumentiert. Ab Oktober 2022 sollen die Erkenntnisse vertieft werden, sodass bis April 2023 zum Botschaftsentwurf das konkrete Ziel- und Migrationskonzept zur DAK vorliegt und auf dieser Basis die Umsetzungsarbeiten vorbereitet werden können. Ziel ist es, nach Beratung der Vorlage im Parlament in der Schweiz gleichzeitig mit Europa ab 2025 die Migration zur DAK beginnen zu können.

Allein der Nutzen der mechanischen automatischen Kupplung ist nicht proportional zum Investment. Notwendig sind Automatisierung und Digitalisierung in einem Schritt, so dass eine umfassende Optimierung der Verkehre möglich wird. Neben dem mechanischen Kuppeln sollen ebenfalls Energie und Datenfluss in den Kupplungsvorgang integriert werden. Dies benötigt die sogenannte Stufe 4 der DAK, die zudem aufwärtskompatibel zur Stufe 5, dem ferngesteuerten Entkuppeln, entwickelt werden soll.

Die DAK ist als Mittelpufferkupplung konzipiert, welche Zug- und Druckkräfte übertragen kann. Die Seitenpuffer an den Wagen entfallen. Neben der mechanischen und pneumatischen Verbindung ist vor allem die digitale Ausstattung für folgende Funktionalitäten entscheidend:

- Automatische Bremsprobe.
- Automatische Aufnahme der Wagenreihung.
- Zugintegritätskontrolle.
- Elektropneumatische Bremse (EP-Bremse).
- Digitale technische Wagenprüfung.
- Basistechnik für die zustandsbasierte Wartung von Güterwagen und die Informationsbereitstellung für die Logistik.

Für diese Funktionalitäten werden folgende Komponenten in die Fahrzeuge eingebaut. Die Ausrüstung beziehungsweise die Schnittstellen müssen europaweit einheitlich sein, damit das Rollmaterial flexibel eingesetzt werden kann:

- digitale, automatische Kupplungen DAK mit Federpaket und manueller / elektrischer Entkuppeleinrichtung.

- Anpassung der pneumatischen Bremsleitung für den Anschluss der DAK
- Kabel für Strom und Datenfluss samt Verrohrung.
- Transformator für die Wagenspannung sowie eine Puffer-Batterie.
- Onboard-Unit zur lokalen Verarbeitung der Sensorsignale sowie als Kommunikationsknotenpunkt.
- Sensoren, Aktuatoren und ggfs. Ventile.

Insgesamt gibt es in Europa ca. 450'000 Güterwagen. In der Schweiz sind ca. 18'000 Wagen auszurüsten und entsprechend umzubauen. Hinzu kommen ca. 520 Strecken- und Rangierlokomotiven.

Der grösste Nutzen entsteht im täglichen Betrieb des Schienengüterverkehrs. Der Einzelwagenladungsverkehr profitiert mit seinen diversen Zerlegungs- und Neuformierungsprozessen. Die digitalen Komponenten sparen Zeit und Ressourcen in der Zugsvorbereitung. Davon profitiert ebenso der Ganzzugsverkehr.

Ebenso resultieren Kapazitätseffekte auf der Infrastruktur. Geringere Umlaufzeiten entlasten Terminals und Rangierbahnhöfe, die bessere Zugsdynamik lassen mit anderen Verkehrsarten harmonisierte Geschwindigkeiten auf den Strecken zu, die im dicht befahrenen Schweizer Netz weitere Trassen schaffen können. Die Möglichkeit, schwerere Züge zu fahren und die bessere Entgleisungssicherheit tragen zu einem zuverlässigeren Netz bei. Die Wagenhalter können die Möglichkeiten der Digitalisierung für Ihre Disposition nutzen.

Die Migration ist neben der Finanzierung die grösste Herausforderung für die Einführung der DAK. Wagen mit DAK und Wagen mit Schraubenkupplung sind nicht kompatibel und daher nicht direkt miteinander kuppelbar. Im Zentrum steht dabei der EWLV, der systematisch die meisten Kuppelvorgänge hat und so in relativ kurzer Zeit umgestellt werden soll, damit die Qualität der Kundenbedienung in der Übergangszeit nicht geschmälert wird. Die Ganzzugsverkehre und isolierbare Verkehre sind in der Umstellung weniger kritisch.

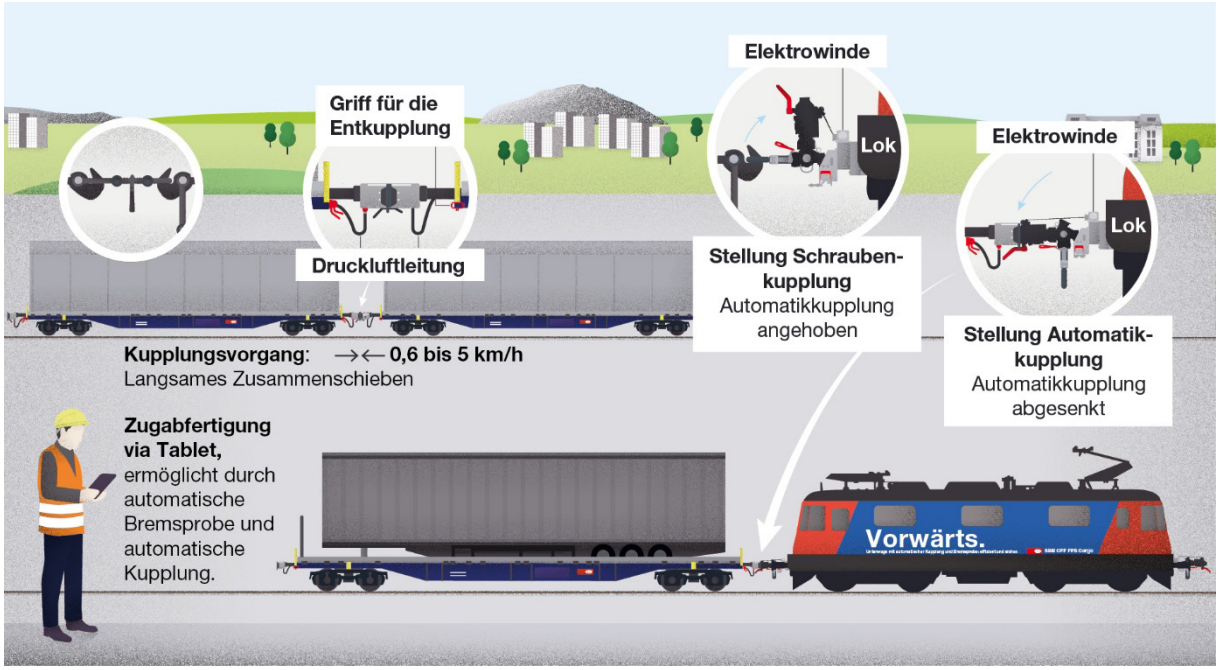

Abbildung 1: Prozesse heute und morgen (Quelle: SBB Cargo)

2 Zielkonzept

Ziel der Automatisierung und Digitalisierung im Schienengüterverkehr ist es, den Schienengütertransport schneller, zuverlässiger, kostengünstiger, einfacher und sicherer zu machen.

Die Einführung der automatischen Kupplung, wie es sie in den USA oder Japan schon seit Anfang des 20. Jahrhunderts gibt, ist in Europa bisher zweimal gescheitert. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Einerseits ist es in einem Verkehrssystem mit so vielen Staaten und Interessen wie Europa deutlich schwieriger zu einer Einigkeit bezüglich Umstellung zu kommen, andererseits ist der Nutzen der mechanischen Kupplung allein nicht proportional zum Investment. Notwendig sind die Automatisierung und die Digitalisierung im gleichen Schritt, so dass möglichst viel Nutzen generiert werden kann – und dies systematisch für das ganze Schienennetz. Mit dem zentralen Element der digitalen automatischen Kupplung (DAK) werden eine ganze Reihe weiterer Funktionalitäten ermöglicht, die sowohl im Einzelwagenladungsverkehr (EWLV) als auch bei den Ganzzügen zusätzlichen Nutzen generieren.

Der Schienengüterverkehr produziert in Europa in hohem Masse grenzüberschreitend. Der Nutzen der DAK wird potenziert, wenn sie kompatibel ist mit allen europäischen Verkehren im Normalspurnetz. Die Schweiz ist deshalb eingebunden in das übergeordnete, europäische Projekt zur Einführung der digitalen, automatischen Kupplung, dem sogenannten «European DAC Delivery Programme EDDP». In dieser europäischen Zusammenarbeit wurden bereits grosse Fortschritte erzielt, wie in Kapitel 3 noch eingehend beschrieben wird.

Die Automatisierung und Digitalisierung soll insbesondere die betrieblichen Prozesse im Schienengüterverkehr transformieren, die einen hohen manuellen und entsprechend zeitraubenden Aufwand verursachen. Eine Wertstromanalyse[1] der Verkehre, die in 2014 von SBB Cargo im EWLV durchgeführt wurde, zeigt den grössten Handlungsbedarf zu Kosteneinsparungen insbesondere auf der ersten und letzten Meile, bei welchen ca. 60% der gesamten Produktionskosten anfallen. Die daraus abgeleitete Zielstellung ist der so genannte «Ein-Personen-Betrieb», welcher darauf abzielt, die technologische Unterstützung im Feld so zu gestalten, dass die Flächenbedienung mit einer statt mit heute zwei bis drei Personen und trotzdem wesentlich schneller durchgeführt werden kann.

Die DAK ist aufwärtskompatibel aufgebaut (siehe Abb.2 «Entwicklungsstufen der DAK»). Dies ermöglicht eine schrittweise Entwicklung und Einführung: Im Zielkonzept der Schweiz ist zunächst die Einführung DAK Stufe 4 vorgesehen, d.h. mit einer Strom- und Datenverbindung wird der wichtige Grundstein zur Digitalisierung gelegt. Die nächste und letzte Stufe, die auch das automatische Fernentkuppeln ermöglicht, ist vor allem ein Software-Upgrade, welches aber hohe Sicherheitsanforderungen erfüllen muss. Daher wird dieser Schritt erst zu einem späteren Zeitpunkt geplant.

Technische Eigenschaften	AK1[2]	**AK2**	DAK3[2]	**DAK4**	**DAK5**
Automatische mechanische Kupplung	✓	✓	✓	✓	✓
Automatische Kupplung mit integrierter Bremsleitung		✓	✓	✓	✓
Elektrische Energieversorgung für Wagen			✓	✓	✓
Digitale Datenübermittlung				✓	✓
Sicheres ferngesteuertes Entkuppeln					✓

Abbildung 1: Entwicklungsstufen der DAK. Bei den ersten beiden Stufen gilt lediglich die Bezeichnung «Automatische Kupplung (AK)».

[1] Von SBB Cargo durchgeführt im Rahmen einer detaillierten internen Studie zur Struktur der Produktionskosten in den Kategorien Lokführer, Trassenkosten, Rangiermitarbeiter, Rangierlokführer und technisches Personal

[2] Theoretische Option, nicht in Diskussion

2.1 Die Funktionalitäten, die mit der DAK ermöglicht werden

Die digitale automatische Kupplung vereint eine Vielzahl von Nutzen. Im Zentrum steht die systemübergreifende Optimierung bahnbetrieblicher Prozesse. Direkter Nutzen entsteht durch das automatische mechanische Kuppeln beim Zusammenfahren der Fahrzeuge und das deutlich erleichterte Entkuppeln. Weitere direkte Nutzen entstehen durch die Versorgung des Zugs mit Strom und Daten. Dadurch werden sogenannte «Enabler»- Funktionalitäten möglich, welche die oben beschriebenen notwendigen Vorbereitungsprozesse digitalisieren, damit vereinfachen und beschleunigen. Über die betrieblichen Prozesse hinaus generiert die DAK systemweit indirekten Nutzen in vielen Unternehmensbereichen der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), der Infrastruktur und der Fahrzeughalter.

a) Die Kupplung und ihre Funktionalitäten

Im EDDP wurde im September 2021 als Kupplungstyp der Typ10-Scharfenberg-Kopf ausgewählt, der seit Jahrzehnten bereits im Personenverkehr europaweit zum Einsatz kommt. Zur Wahl standen ausserdem eine modifizierte SA3-Kupplung (basierend auf dem vor allem im östlichen Breitspurnetz eingesetzten Kupplungskopf) sowie eine Schwab-Kupplung des Herstellers Faiveley. Im Rahmen umfassender Tests wurden die drei Systeme Funktionsprüfungen in verschiedenen Rangier-Konstellationen und allen Witterungsbedingungen unterzogen. Dabei hat das Scharfenberg-System die beste Performance gezeigt und wurde im EDDP einstimmig für die weitere Umsetzung gewählt.

Unterstützt vom Bund hat SBB Cargo als erste europäische Bahn bereits 2019 ein abgeschlossenes Binnennetz des kombinierten Verkehrs mit ca. 200 Wagen und 25 Lokomotiven mit der Scharfenberg-Kupplung in Betrieb genommen. Die Erfahrung, die in der Schweiz in diesem kommerziellen Betrieb gewonnen werden konnte, gab u.a. den Ausschlag für den europäischen Typenentscheid.

Bei der Scharfenberg-Kupplung handelt es sich um eine so genannte Mittelpufferkupplung, welche Zug- und Druckkräfte übertragen kann, d.h. der Federapparat ist Teil der Kupplung und im UIC-Einbauraum des Wagens verbaut. Die Seitenpuffer können entfallen. Die mögliche Zugkraft wird von 850 Kilonewton (kN) bei der Schraubenkupplung auf 1000kN bei der Mittelpufferkupplung erhöht, was bis zu 17,5% schwerere Züge zulässt. Die Kraftübertragung erfolgt reibungsfrei über die Mittelpufferkupplung, was zudem in Kurvenfahrt die Querkräfte reduziert und damit weniger Verschleiss auf der Infrastruktur verursacht sowie eine höhere Entgleisungssicherheit bietet.

Abbildung 2: Mit einem «Klack» ist der Wagenverband mit der Lokomotive dank der DAK verbunden.

Stufe AK 2: Der Typ-10-Kopf stellt beim Zusammenfahren der Fahrzeuge automatisch die mechanische und pneumatische Verbindung her. Das Entkuppeln funktioniert per Kabelzug (manuelle Entkuppelvorrichtung).

Stufe DAK 4: Auf dieser Entwicklungsstufe werden zusätzlich Strom und Datenleitungen verbunden.
Als Stromsystem wurde vom EDDP ein einphasiges 400V AC System ausgewählt, nachdem sich die ursprünglich geplanten 110V als zu wenig leistungsstark herausgestellt hatten.
Das Datenkommunikationssystem ist aktuell noch nicht bestimmt. Im Rahmen des EDDP konnte das Technologiespektrum von 14 evaluierten Systemen auf aktuell zwei Technologien reduziert werden. Zur Diskussion stehen nun noch Single Pair Ethernet (SPE) oder Power Line Plus. Während bei der Power-Line-Lösung die Daten über das Stromkabel übertragen und von spezifischen Modems verarbeitet werden, bedarf es für SPE einer dezidierten Datenleitung neben der Stromleitung über den Kupplungskopf. Die beiden Technologien werden im Rahmen des ERJU (siehe unten) weiterentwickelt, bis eine fundierte Entscheidung möglich ist. Dabei wird die Technologie der

Powerline Plus wiederum mit Unterstützung des Bundes von SBB Cargo gemeinsam mit der Hochschule Luzern sowie den Firmen Voith und PJM erprobt.

Bei der DAK4 des Lieferanten Voith erfolgt das Entkuppeln im Stillstand elektrisch auf Knopfruck an der Wagenseite (siehe Abbildung 4). Am Ablaufberg in den Rangierbahnhöfen muss das Entkuppeln auch möglich sein, wenn sich die Wagen bewegen. Die dazu notwendige Weiterentwicklung der Kupplungssysteme erfolgt derzeit in Abstimmung mit den Lieferanten.

Abbildung 3: Entkuppeln per Knopfdruck (Quelle: SBB Infrastruktur)

Stufe DAK 5: Zur DAK 4 kommt bei dieser Stufe noch das ferngesteuerte Entkuppeln mittels Tablet oder vom Ablaufbergrechner aus hinzu. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um ein Software-Upgrade welches über ein entsprechendes Sicherheitslevel sowie die nötigen Betriebsprozesse im Hintergrund verfügt. Vor allem geht es um die Cyber-Sicherheit, so dass ein Entkuppeln nicht unbefugt stattfinden kann. Aufgrund der deutlich höheren Komplexität soll diese Funktionalität erst zu einem späteren Zeitpunkt (einige Jahre nach Betriebseinführung der DAK 4) zum Tragen kommen. Die DAK 4 soll jedoch aufwärtskompatibel zur Stufe 5 eingeführt werden.

b) Die digitalen Anwendungen, die durch die DAK möglich werden

Wie bereits beschrieben, ermöglicht die automatische Kupplung eine Reihe digitaler, betriebsrelevanter Anwendungsfälle, welche allerdings separat entwickelt werden müssen und weitere Anforderungen insbesondere an die Zulassung stellen. Diese werden im Folgenden kurz beschrieben:

Automatische Bremsprobe

Funktionsweise: Bei der automatischen Bremsprobe wird der korrekte Zustand des Bremsapparats durch Sensoren und Kraftmesser erfasst. Aus den Sensor-Signalen werden in einem funktional gesicherten System die Bremszustände ermittelt und dem Bremsprobenverantwortlichen auf einem Tablet angezeigt (siehe auch Abbildung 5: Vergleich Prozesse manuelle und automatische Bremsprobe). Der in der Fahrdienstvorschrift hinterlegte Prüfablauf Lösen-Bremsen-Lösen wird eingehalten.

Prozess heute: Aktuell werden die Bremsen der Güterzüge manuell auf ihre korrekte Funktionalität hin überprüft. Dazu muss ein Rangiermitarbeiter 2x

den Zug ablaufen. Auf dem Hinweg kontrolliert er, ob die Bremsen angelegt sind, auf dem Rückweg, ob sie gelöst sind. Diese Kontrolle muss an jedem Drehgestell mittels Klang- oder Rüttelprobe erfolgen. Die Bremsprobe hat nach jeder Neuzusammenstellung eines Zuges zur erfolgen, oder spätestens nach 24 Stunden.

Nutzen der DAK: Durch die automatische Bremsprobe wird eine deutliche Zeitersparnis erreicht. Während heute in der Regel zwei Personen anwesend sind (Lokführer und Rangiermitarbeiter), kann die Tätigkeit künftig vom Bremsprobenverantwortlichen allein bewältigt werden, was zu einer Zeitein-sparung bei langen Zügen von bis zu 70 Minuten führt. Ausserdem werden die Ergebnisse der Bremsprobe systematisch erfasst und dokumentiert.

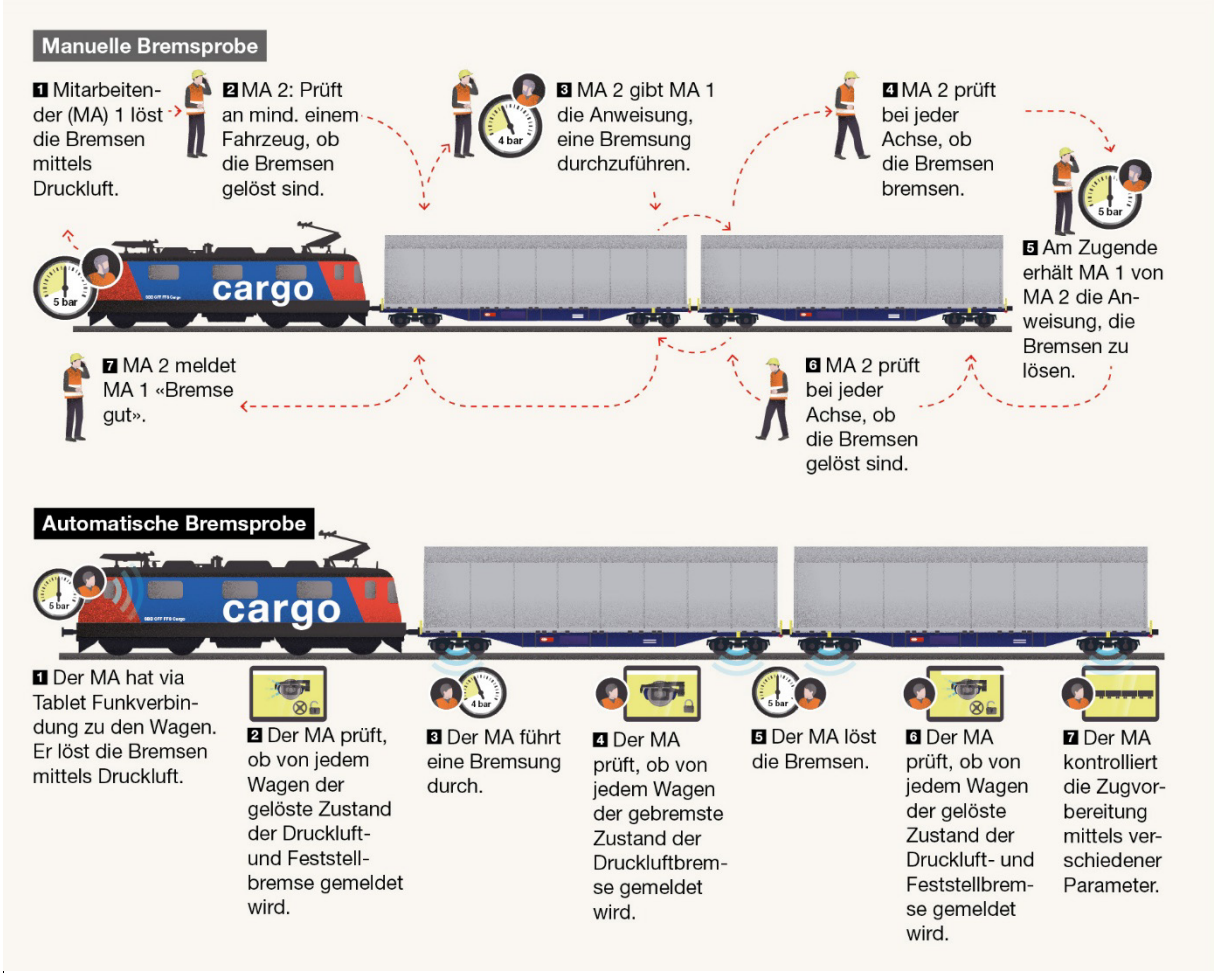

Abbildung 4: Vergleich Prozesse manuelle und automatische Bremsprobe (Quelle: SBB Cargo)

Automatische Aufnahme der Wagenreihung

Funktionsweise: Mit der Datenübertragung im Zugverband können die Wagen von der Lokomotive aus direkt kontaktiert werden. Im Rahmen der sogenannten «Zugstaufe» oder «Zugsinitialisierung» werden die Wagen aufgerufen

und melden sich nach einer definierten Routine so zurück, dass die Reihenfolge und die Ausrichtung der Wagen erfasst werden kann. Die so generierte Zugsliste ist Voraussetzung für die folgenden Vorbereitungsschritte sowohl im Back-End (Zugsliste der Infrastruktur, Bremsrechnung) als auch im Zugverband (Zugintegrität, automatische Bremsprobe).

Prozess heute: Aktuell wird die Wagenreihung manuell durch einen Rangiermitarbeiter erfasst.

Nutzen der DAK: Einsparung der Wegzeiten für die Aufnahme der Wagennummern, zuverlässige Datenqualität der Zugsliste und Vermeidung von Reihungsfehlern.

Zugintegritätskontrolle

Funktionsweise: Analog zur oben beschriebenen automatischen Aufnahme der Wagenreihung kann mit der Datenübertragung im Zugverband durch die eindeutige Identifikation der Wagen und der Zugreihung auch die Zugintegrität laufend überwacht werden. Eventuelle Abrisse von Wagen oder Wagengruppen werden zuverlässig detektiert und dem Lokführer sowie der Betriebszentrale in Echtzeit gemeldet.

Prozess heute: Heute werden Zugschlusstafeln gesteckt, um das Ende des Zugverbands zu markieren. Das Vorhandensein dieser Tafeln während des Zugslaufs wird jedoch nicht durchgängig kontrolliert. Die Vollständigkeit der Züge wird infrastrukturseitig z.B. durch Achszähler oder Gleichstromkreise überwacht. Bei einer unbeabsichtigten Zugstrennung entweicht zudem die Druckluft aus der offenen Bremsleitung und bringt die einzelnen Zugsteile zum Stehen.

Nutzen der DAK: Sobald die Zugintegritätsinformation der Züge konstant vorliegt, können a) die Schlusstafeln und b) perspektivisch auch die infrastrukturseitigen Überwachungsanlagen entfallen. Ausserdem ist diese Information über die Zugsintegrität eine notwendige Voraussetzung für die Einführung von ETCS Level 3 (moving block).

Entgleisungsdetektion

Funktionsweise: Während der Fahrt entgleiste Achsen werden zuverlässig und unverzüglich erkannt und eine Information an den Lokführer übermittelt.

Prozess heute: Die vorhandenen, mechanischen Systeme werden in der Schweiz für spezifische, besonders gefährliche Transporte eingesetzt. Eine flächendeckende, von der Schweiz seit Jahrzehnten erwünschte Einführung ist auf internationaler Ebene bisher daran gescheitert, dass diese Systeme noch gewisse Nachteile betreffend Zuverlässigkeit und Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen.

Nutzen der DAK: Die DAK ermöglicht den Einsatz von elektronischen Systemen zur Detektion von entgleisten Achsen resp. zur Übermittlung entsprechender Informationen. Somit können die notwendigen Massnahmen zur

Vermeidung weitreichender Konsequenzen insb. beim Transport gefährlicher Güter eingeleitet werden.

Elektropneumatische Bremse (EP-Bremse)

Funktionsweise: Die EP-Bremse ist im Personenverkehr schon lange etabliert. Allerdings lässt sich die Technologie aus dem Personenverkehr aus betrieblichen Gründen nicht ohne weiteres auf den Güterverkehr übertragen. Die genaue Ausprägung einer möglichen Umsetzung im Schienengüterverkehr ist in Fachkreisen noch in Diskussion, weshalb hier nur ein paar Aspekte einer möglichen Umsetzung skizziert werden sollen:
Grundsätzlich ist der grosse Vorteil der elektropneumatischen Bremse, dass die Bremsventile elektrisch angesteuert werden können und somit die Bremskraft gleichzeitig über den ganzen Zug aufgebaut werden kann. Das ermöglicht schnelleres Bremsen des Zugverbands, zudem mit geringeren Längsreaktionen in der Komposition. Daraus resultiert die Möglichkeit, höhere Bremsreihen und somit länger schneller zu fahren. Dies wiederum generiert positive Auswirkungen auf die Trassenlegung resp. Trassierung, da der Unterschied der Reisegeschwindigkeit zwischen Güter- und Personenzügen geringer wird. Die entsprechenden Sicherheitsanforderungen an die Technologie müssen im Rahmen der Umsetzung berücksichtigt werden.
Das im Personenverkehr ebenfalls etablierte schnelle Lösen der Bremsen, z.B. nach einem Signalhalt, bedingt eine zweite Luftleitung im Zugverband (10bar Speiseleitung), welche als sehr aufwändig nachzurüsten gilt und daher vermutlich nicht zur Anwendung kommen wird.

Prozess heute: Aktuell wird die Bremse ausschliesslich durch das Heben und Senken des Drucks in der Hauptluftleitung durch den Lokführer gesteuert. Sowohl der Aufbau der Bremskraft sowie das Lösen der Bremsen ist direkt abhängig von der Durchschlagsgeschwindigkeit der Druckluft im Bremssystem, was zu einer gewissen Trägheit des Systems resp. Zeitverzögerung führt. Bei immer längeren Zügen spielt dieser Effekt eine entsprechend grössere Rolle.

Nutzen der DAK: Das Fahren schnellerer Bremsreihen kann deutliche Effekte haben auf die Trassenkapazitäten und die gemeinsame Trassennutzung durch den Personen- und Güterverkehr (Harmonisierung der Geschwindigkeiten). Die bestehende Infrastruktur kann besser ausgenutzt werden. Die genaue Berechnung des Nutzens durch SBB-Infrastruktur erfolgt noch.

Automatisches Fernentkuppeln und automatische Feststellbremse (DAK 5)

Funktionsweise: Mit dem automatischen Fernentkuppeln lässt sich jede einzelne Kuppelstelle im Zug entweder von der Lokomotive, oder z.B. vom Stellwerk aus entkuppeln. Hierzu sind eine Reihe von Voraussetzungen zu erfüllen, damit ein sicherer Bahnbetrieb gewährleistet werden kann. Neben

den noch zu definierenden Anforderungen an eine Feststellbremse für die Sicherung des abgekuppelten Fahrzeugs muss die Anwendung neben den entsprechenden Anforderungen an die funktionale Sicherheit auch die an den unbefugten Zugriff (Cyber Security) erfüllen. Auch müssen die entsprechenden Betriebsprozesse definiert werden und beim Fernentkuppeln aus dem Stellwerk die Stellwerkstechnik angepasst werden.

Prozess heute: Nach dem Sichern der abzuhängenden Wagen / Wagengruppe mittels Feststellbremse oder dem «legen» von Hemmschuhen an einzelnen Wagen wird die Schraubenkupplung an der vorgesehenen Trennstelle gelöst und ausgehängt. Auf der Stufe DAK4 erfolgt das Entkuppeln nach dem Sichern der Wagen mittels Seilzug / Entkupplungshebel oder elektrisch auf Knopfdruck am Wagen.

Nutzen der DAK: Insbesondere im Rangierbahnhof kann der Ablaufbetrieb optimiert werden, da kein manueller Eingriff vor Ort mehr nötig ist. Bei der Wagenzustellung kann z.B. ein Wagen oder eine Wagengruppe am Ende einer Zugskomposition abgehängt werden, ohne dass der Lokführer von der Lok absteigen muss oder ein zweiter Rangiermitarbeiter anwesend sein muss.

Digitale technische Wagenprüfung

Funktionsweise: Zustandsdaten von Fahrzeugen und Ladung werden laufend erfasst und anschliessend für die Gewährleistung des störungsfreien Betriebs benutzt. Die eingesetzten Technologien zur Zustandserkennung sollen gezielt dort eingesetzt werden, wo sie einerseits Schäden zuverlässig erkennen und dadurch eine hohe Risikominderung erzielen können und andererseits durch Erfassen des Verschleissfortschritts wichtige Daten für die Instandhaltungsplanung liefern können. Zur Erfassung der Zustandsdaten dienen Systeme sowohl auf der Strecke (sog. Wayside Intelligence) als auch auf dem Fahrzeug (Asset Intelligence, z.B. Beschleunigungssensoren). Der Zustand der Fahrzeuge kann von Onboard-Systemen jederzeit, also auch vor Abfahrt des Zuges und von Wayside-Systemen während der Fahrt beim Passieren von Messsystemen wagenscharf erfasst und weitergeleitet werden. Damit mit solchen automatischen Systemen eine Zugskontrolle vor Abfahrt ohne Personal durchgeführt werden kann, müssen alle Fahrzeuge eines Zugsverbands entsprechend ausgerüstet sein. Die Überwachung der Vollständigkeit der technischen Kontrolle an allen Güterwagen geschieht mit entsprechender IT-Unterstützung in einer zentralen Leitstelle (siehe Abbildung 6: Zielbild digitale Wagenprüfung).

Prozess heute: Heute wird der Zug vor jeder Abfahrt von einem speziell ausgebildeten technischen Kontrolleur im Rahmen der technischen Zugvorbereitung kontrolliert.

Nutzen der DAK: Reduktion des manuellen Prüfaufwands sowie Transparenz und Nachvollziehbarkeit der durchgeführten Kontrollen. Trendanalysen und ständiges Wissen über den Fahrzeugzustand führen zu einer effizienteren, zustandsbasierten Instandhaltung und weniger Interventionen während der Zugsfahrt. Die Nachvollziehbarkeit der Schadenentstehung führt zu weniger

Gewaltschäden oder zu positiven Effekten bei der Verrechnung an den Verursacher des Schadens.

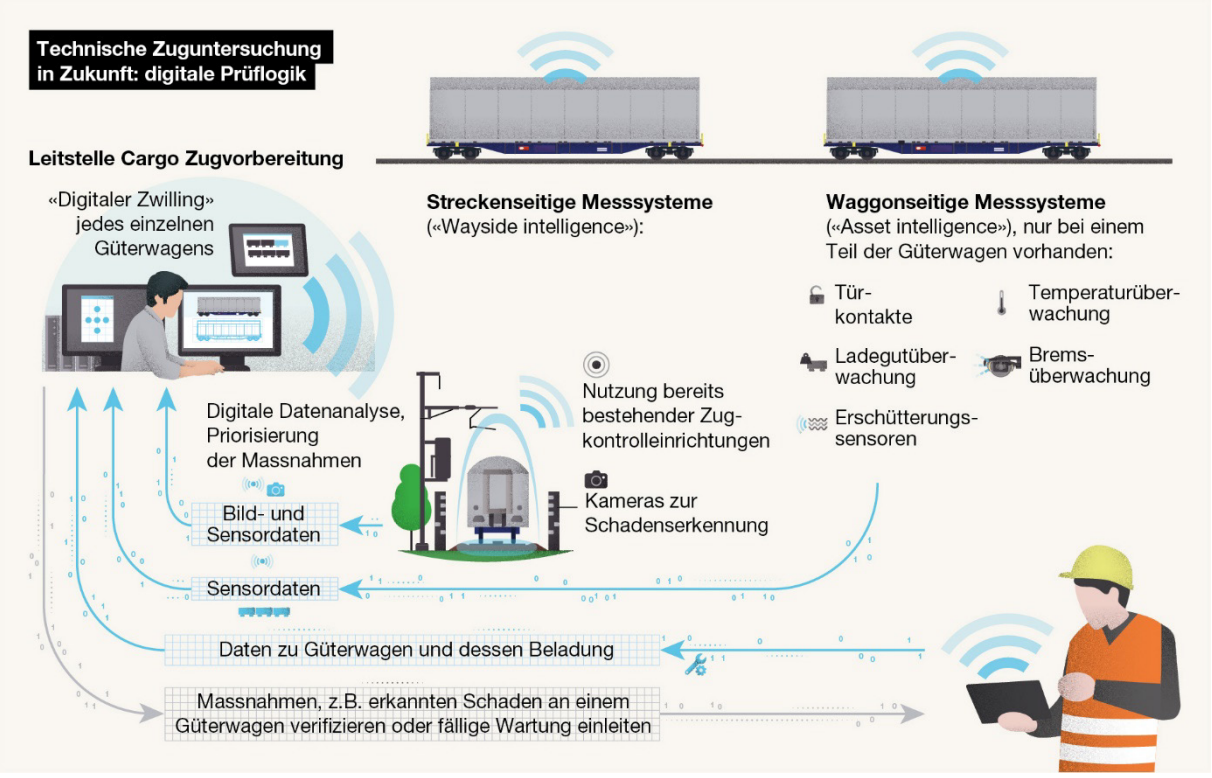

Abbildung 5: Zielbild digitale Wagenprüfung (Quelle: SBB Cargo)

Zustandsbasierte Wartung von Güterwagen

- Funktionsweise: Mit den definierten Umrüstungskomponenten wird die Basistechnologie für Datenerhebung für die zustandsbasierte Wartung bereitgestellt. Darauf aufbauend sind verschiedene technische Lösungen umsetzbar, die von den Wagenhaltern unabhängig realisiert werden können. Zudem sind aktuelle Zustandsdaten aus über 200 infrastrukturseitigen Zugkontrolleinrichtungen (ZKE) des CH-Normalspurnetzes heute verfügbar. Die Daten können mit einer hohen Qualität von der ISB bezogen werden, sodass sie zur Zustandserfassung verschiedener sicherheitsrelevanter Wagen-Komponenten genutzt werden können. Zur automatischen Datenzuordnung muss der Halter seine Wagen mit einem RFID-Tag ausrüsten. Eine schnelle Realisierbarkeit und ein guter Nutzen/Aufwand/Faktor zeichnen diese Lösung aus.

- Autonomes Onboard-Monitoring kann heute auf Güterwagen installiert werden. Der Halter muss das gesamte System mit fahrzeugseitigen Bauteilen und systemseitiger Auswertung realisieren. Diese Lösung ist innerhalb nützlicher Frist umsetzbar, erfordert aber grössere Investitionen – diese variieren je nach Anzahl der zu erfassenden Daten. Kritisch werden die Datenqualität und die Zuverlässigkeit der eingebauten Sensorik sein. Der Halter muss sicherstellen, dass die zusätzlich eingebaute Ausrüstung im Betrieb überwacht und instandgehalten wird.

- Nutzen der DAK 4-Ausrüstung für ein Onboard-Monitoring auf Güterwagen bietet Synergien – die elektrische Energieversorgung und die Systeme zur Datenübertragung der DAK 4 können für das Onboard-Monitoring genutzt werden. Eine flottenweite Nutzung kommt aber erst nach Abschluss der DAK 4-Migration zu Stande. Die Spezifikationen sollen im EDDP erarbeitet werden.

Prozess heute: Die Güterwagen werden heute mit einer fristenbasierten Instandhaltung betrieben. Typischerweise wird ein Güterwagen alle 6 Jahre in ein zertifiziertes Instandhaltungswerk überführt und instandgesetzt. Dies bedingt, dass die sicherheitsrelevanten Komponenten während des Betriebsintervalls grundsätzlich einwandfrei funktionieren und ihre Verschleissgrenzmasse nicht überschreiten. Wird bei einem einzelnen Wagen ein Verschleissgrenzmass im Betrieb erreicht, so muss das bei den periodischen Betriebskontrollen durch das Personal vor Ort erkannt und der Wagen zur Reparatur aus der Zugkomposition ausgereiht werden.

Nutzen der DAK: Die zustandsbasierte Instandhaltung von Wagen trägt einerseits zur Verbesserung der Betriebszuverlässigkeit bei, da im Betrieb weniger Schadens-Interventionen notwendig sind, andererseits lässt sich die Instandhaltung von Wagen besser auf ihre Nutzungsintensität abstimmen. Das Nutzungsintervall von Komponenten lässt sich mit den zur Verfügung stehenden Daten systematisch optimieren. Dadurch entstehen weniger Leerzeiten und die Wagen können intensiver genutzt werden.

Informationsbereitstellung für die Logistik

Funktionsweise: Echtzeit-Informationen über den aktuellen Standort und den Zustand einer Sendung sind für ein modernes Logistikunternehmen unabdingbar, im Strassenverkehr üblich und im Güterverkehr über die Ortung der einzelnen Wagen teilweise in Betrieb. Dies ist einerseits für die Transportplanung bei multimodalen Transportketten von grosser Bedeutung, andrerseits erwarten die Kunden heute zuverlässige Prognosen über konkrete Lieferzeitpunkte ihrer Sendungen. Im Just-in-time-Prinzip muss die Lieferkette genau in das Produktionskonzept passen. Der Transport selbst ist dabei nur ein kleiner Teil, der aber zuverlässig und pünktlich funktionieren muss. Die Information über den Standort der Ladung ist vor allem in Störfällen wirtschaftlich wichtig.

Prozess heute: Die bahnseitigen Angaben für Logistikunternehmungen über die konkreten Liefertermine von Ladungen sind ungenügend. Häufig sind Transporte aus fahrplantechnischen Gründen verspätet, die Informationen zu den Verzögerungen sind ungenügend.

Nutzen der DAK: Standortinformationen sind für alle Wagen stets vorhanden. Logistikunternehmen können ihre Arbeiten dank verlässlichen Lieferangaben im Voraus zuverlässig planen. Kunden können sich während des Transports über den geplanten Liefertermin informieren und damit ihre Arbeiten effizient planen.

2.2 Technische Umrüstungskomponenten der Fahrzeuge

Damit die oben genannten Anwendungen möglich werden, sind eine Reihe von Anpassungen / Nachrüstungen an den bestehenden Fahrzeugen durchzuführen. Die Schnittstellen müssen kompatibel sein, damit das Rollmaterial freizügig eingesetzt werden kann. Dies bedingt auf der Grundlage der DAK-Spezifikationen eine vorbereitende Engineering-Tätigkeit pro Wagentyp. Das mechanische Engineering muss einerseits sicherstellen, dass die Wagenstruktur für die Einleitung der Kräfte über die Mittelpuffer statt über die Seitenpuffer geeignet ist. Auch wenn viele Fahrzeuge den von der UIC in den 70er Jahre definierten Einbauraum besitzen und auch für die Krafteinleitung ausgelegt sein sollten, so muss diese Voraussetzung doch explizit geprüft werden. Ausserdem müssen die nötigen Anschläge / Druckplatten oder andere Befestigungselemente für die Automatische Kupplung bestimmt und konstruiert werden (wenn nötig, abhängig vom Wagentyp). Für die elektrische Integration müssen die Anbauorte der Komponenten sowie die Verrohrung und Verkabelung vorgesehen werden. In welcher Weise die einzelnen Applikationen auf den jeweiligen Fahrzeugtyp angepasst werden müssen, beispielsweise im Hinblick auf die Sensorkonfiguration, muss im Rahmen der Systementwicklung der Komponenten festgelegt werden.

Die technische Ausrüstung der Wagen selbst besteht aus folgenden Elementen:

- digitale, automatische Kupplungen DAK mit Federpaket und elektrischer Entkuppeleinrichtung.
- Anpassung der pneumatischen Bremsleitung für den Anschluss der DAK.
- Verrohrung (zur Aufnahme der elektrischen Kabel).
- Kabel für Strom und Datenfluss.
- Onboard-Unit zur lokalen Verarbeitung der Sensorsignale sowie als Kommunikationsknotenpunkt.
- Transformator für die Wagenspannung sowie eine Puffer-Batterie.
- Sensoren, Aktuatoren und ggfs. Ventile für die definierten Funktionalitäten.

Entsprechend müssen auch die Lokomotiven folgendermassen ausgerüstet werden:

- digitale, automatische Hybridkupplungen. Die Lokomotiven müssen zumindest zu Beginn der Migrationsphase Züge mit DAK und Züge mit Schraubenkupplung ziehen können.
- Bereitstellung der Energieversorgung.
- Kommunikationsknoten und Display / Tablet als Interface zum Zugverband
- Rangierkupplungen für Kleinloks der Anschlussgleisbesitzer und/oder Kupplungswagen.

Bei den bisherigen Pilotprojekten und bereits erfolgten Umbauten hat sich herausgestellt, dass die Komplexität und der Umbauaufwand nicht bei allen Fahrzeugen vergleichbar sind. Idealerweise werden die Fahrzeuge bereits beim Bau mit den entsprechenden Vorrüstungen versehen oder direkt mit

der DAK ausgerüstet. Der Aufwand bei der Nachrüstung bestehender Fahrzeuge hängt massgeblich von der Fahrzeugstruktur und der genauen Ausprägung Einbauraumes ab.

2.3 Anzahl umzurüstender Fahrzeuge

Insgesamt gibt es in Europa ca. 450'000 Güterwagen. In der Schweiz sind davon für die Variante mit EWLV ca. 18'000 Wagen auszurüsten und entsprechend umzubauen. Hinzu kommen ca. 520 Strecken- und Rangierlokomotiven. Grundlage bilden europaweit die im jeweiligen nationalen Fahrzeugregister erfassten Fahrzeuge – egal, wo diese eingesetzt werden. Der Einsatz findet je nach Auftrag grenzüberschreitend statt. So hat zum Beispiel SBB Cargo Langzeitmietverträge für Wagen, die in Deutschland immatrikuliert sind. Im Gegenzug leisten zum Beispiel die Wagen der alpenquerenden Verkehre wesentlich mehr Kilometer im angrenzenden Ausland, sind aber in der Schweiz immatrikuliert. Im Grossen und Ganzen gleicht sich die Leistung der Wagen in etwa aus, so dass die Immatrikulation als Kriterium für eine staatliche Mitfinanzierung dienen kann. Dies wurde so auch bei der Lärmsanierung der Güterwagen in den vergangenen Jahren gehandhabt.

Die netzweite Erfassung der umzurüstenden Güterwagen und Lokomotiven ist komplex. Nachfolgende Aspekte spielen dabei eine Rolle:

- Güterwagen verschiedenen Alters (Baujahr1957-2021) mit jeweils anderen, technischen Grundeigenschaften.
- Lokomotiven verschiedenen Alters (Baujahr 1938-2022) mit jeweils anderen, technischen Grundeigenschaften.
- Ca. 40 verschiedene Wagentypen, davon zusätzliche Untergruppen aufgrund nachgelagerter Änderungen und individueller Anpassungen
- Ca. 20 verschiedene Typen von Lokomotiven.
- Mehr oder weniger leichte Umrüstbarkeit der Fahrzeuge.
- Rollmaterial, welches in den kommenden Jahren verkauft oder aus dem Betrieb genommen wird und Neufahrzeuge, die während der Migrationsphase in Betrieb genommen werden.
- Fahrzeuge, welche das Industrieareal nicht verlassen und günstig mittels einer Hilfskupplung umgerüstet werden können.
- Abgleich aller Fahrzeuge im Fahrzeugregister mit den gemeldeten Fahrzeughaltern.
- Unterschiedliche oder unvollständige Angaben aufgrund Halterwechsel oder anderen Gegebenheiten.

Die daraus resultierende Gesamtzahl an Fahrzeugen wurde mit folgenden Auswahlkriterien eingegrenzt:

- Wagen, die vor 1995 in Betrieb genommen worden sind, werden nicht berücksichtigt. Diese Wagen sollen im Laufe der Migrationsphase durch Neubauten ersetzt werden.
- Lokomotiven müssen zum Migrationszeitpunkt noch mindestens fünf Jahre in Betrieb stehen, um die Investition zu rechtfertigen.
- Lokomotiven, schienengebundene Baumaschinen und Wagen der Infrastrukturunternehmen werden gesondert gerechnet.

Bei der Variante ohne EWLV fallen ca. 3000 Wagen weg. Dies scheint im ersten Blick wenig zu sein. Jedoch allein die HUPAC hat im alpenquerenden Verkehr mit 4800 fast so viele Wagen im Einsatz wie der gesamte EWLV in der Schweiz, der mit 5500 Wagen zu Buche schlägt. Zudem können ohne EWLV nicht alle Wagen ausrangiert werden, da viele der dort eingesetzten Wagen auch in Ganzzugsverkehren eingesetzt werden. Ebenso wird ein Teil des heutigen EWLV, z.B. die Zementtransporte, erhalten bleiben. Diese Transporte und die dazugehörenden Wagen würden in den Ganzzugsverkehr integriert. Je nach Dauer der Migration oder auch durch geänderte Geschäftsmodelle der Unternehmen kann sich die Anzahl des umzurüstenden Rollmaterials ebenfalls ändern.

Im Bereich Infrastruktur und in den Anschlussgleisen müssen die Anlagen auf den Betrieb mit der DAK angepasst werden. Dies umfasst zum einen die zahlreichen Prellböcke, die zusätzlich einen Anschlagpunkt für die Mittelpufferkupplung benötigen. Die Prellböcke der Infrastruktur werden derzeit bereits im Zuge der normalen Ersatzbeschaffung in der neuen Form aufgestellt. In den Anschlussgleisen sind etwa 2500 Prellböcke entsprechend auszurüsten.

Abbildung 6: moderner Prellbock (Quelle: Bahnbilder.de)

2.4 Nutzen

Mit der geplanten systemweiten Automatisierung des Schienengüterverkehrs profitieren die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), die Wagenhalter, sowie die Infrastrukturbetreiber. Logistikunternehmen können künftig seitens Bahnsektor mit einer höheren Leistungsfähigkeit und einer besseren Planbarkeit rechnen. Aus Gesamtsicht entstehen durch die verbesserte Produktivität positive volkswirtschaftliche Effekte. So können nennenswerte Nutzen und positive Effekte entlang der Wertschöpfungskette erreicht werden.

Nutzen für Eisenbahnverkehrsunternehmen

Der grösste Nutzen entsteht im täglichen Betrieb. Insbesondere ist dies im Einzelwagenladungsverkehr mit seinen diversen Zerlegungs- und Neuformierungsprozessen am stärksten ausgeprägt. Hier sind einerseits die Bedienungsorte in der Fläche (Anschlussgleise, Annahme- und Formationsbahnhöfe) zu nennen und andererseits die arbeitsintensiven Abläufe in den Rangierbahnhöfen (siehe «Nutzen Infrastruktur» im nächsten Kapitel).

Die wesentlichen Hebel bei den operativen Einsparungen liegen im Kuppelprozess selbst (Prozess- und Wegezeiten) und insbesondere auch in der Zugvorbereitung (Aufnahme der Zugsliste, Durchführung der Bremsprobe, Durchführung der technischen Wagenkontrolle). Gemäss den Fahrdienstvorschriften müssen die Bremsprobe sowie die technische Wagenkontrolle bei neu gebildeten Zügen an jedem Wagen vor der Abfahrt oder bei unveränderten Zügen täglich durchgeführt werden. Das bedeutet in der Praxis, dass ein Wagen im EWLV in aller Regel mehrmals am Tag kontrolliert wird. Beispielhaft kann das zeitliche Sparpotenzial an einer typischen Bedienfahrt aufgezeigt werden, bei der im Rahmen der Zustellung und Abholung mehrere Bedienpunkte angefahren werden. Für die möglichen Einsparungen wurden dabei die Prozesse des Kuppelns und der Zugsvorbereitung berechnet.

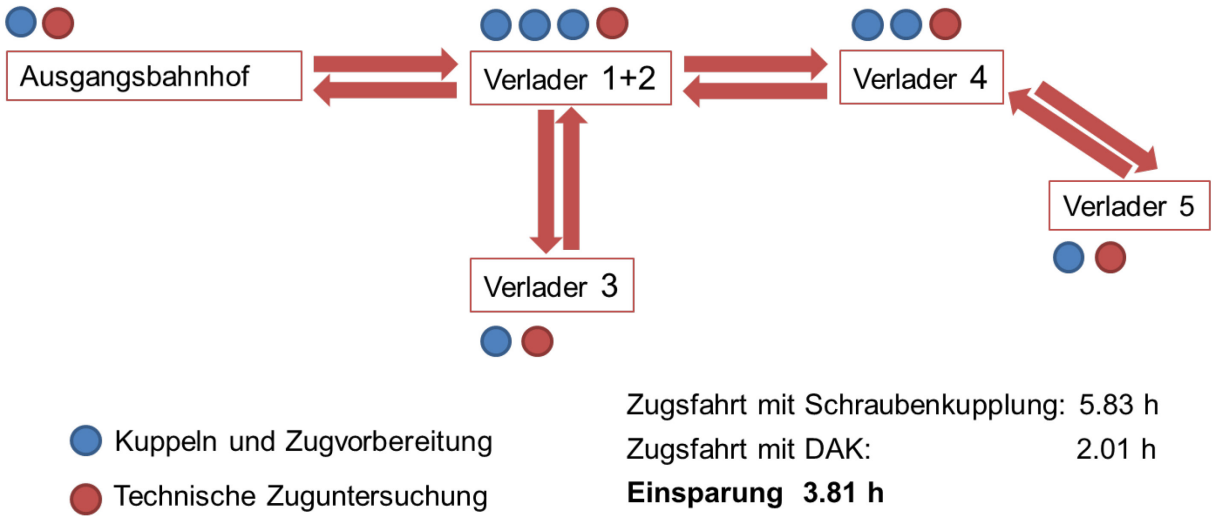

Abbildung 7: Beispiel des Nutzens im Zielkonzept für den EWLV (Quelle: BAV)

Aufgrund der heterogenen Bedienlandschaft und vieler Sonderprozesse (wie z.B. Handweichen oder anderen manuell zu bedienenden Elementen auf dem Kundenperimeter), die in einem ersten Schritt nicht alle verändert werden können, werden die realisierbaren Einsparungen zunächst unter denen der genannten Bedienfahrt liegen. Bei Ganzzügen spielt der Kuppelprozess selbst eine eher untergeordnete Rolle. Hier kommen vor allem die Einsparungen im Rahmen der Zugvorbereitung (Bremsprobe, technische Wagenkontrolle etc.) zum Tragen.

Neben den direkten Einsparungen gibt es eine Reihe von noch nicht abschliessend quantifizierten Zusatznutzen, die in die Betrachtungen mit einbezogen werden müssen:

- Reduktion der Durchlaufzeit für die Zugvorbereitung: Somit können Züge schneller abgefertigt werden und die Gesamtzeit der Transportkette wird kürzer. Die zeitlichen Einsparungen können einerseits zu einem attraktiveren Angebot für die Kunden führen, andererseits sind die Assets kürzer gebunden und können mehr Umläufe fahren.

- Erhöhung der Anhängelast aufgrund höherer Zuglasten der Kupplung um bis zu 17.5%.

- Erhöhung der Sicherheit im Bereich Rangieren, da das «zwischen die Wagen treten» entfällt.

- Wegfall der unattraktiven Berufsbilder, bei der bereits heute Personalmangel besteht. Attraktivere Berufsbilder können angeboten werden, um die bereits heute bestehende Nachfrage befriedigen zu können.

Nutzen für Infrastrukturbetreiber

Einige der Schlüsselnutzen der DAK bzw. der Digitalisierung entstehen bei der Infrastruktur. Diese müssen von den Infrastrukturbetreibern noch quantifiziert werden. Auch hier wird unterschieden zwischen direktem Nutzen, der unmittelbar mit der Einführung eintritt (insbesondere in den grossen Rangierbahnhöfen, welche durch die Infrastruktur betrieben werden) und Zusatznutzen. Dazu ist die DAK auch für die perspektivische Weiterentwicklung der Infrastruktur ein entscheidender Faktor.

Für den direkten Nutzen im Rangierbahnhof ist es wichtig zu verstehen, dass die Steuerlogiken in den 70er Jahren bereits damals für den geplanten Einsatz der Automatischen Kupplungen ausgelegt wurden. Ein moderner Rangierbahnhof ist heute eine hoch automatisierte Anlage, dessen Leistungsfähigkeit mit der DAK noch gesteigert werden kann.

Aufgrund des hohen Durchsatzes an Wagen und der bereits auf Automatisierung ausgerichteten Anlage können hier grosse Einsparungen am Bedienpersonal erreicht werden.
Der Rangierbahnhof ist aufgrund seiner zentralen Position im Netz der ideale

Ort, um Automatisierungsschritte zu bündeln und die Anlagen optimal auszunutzen.

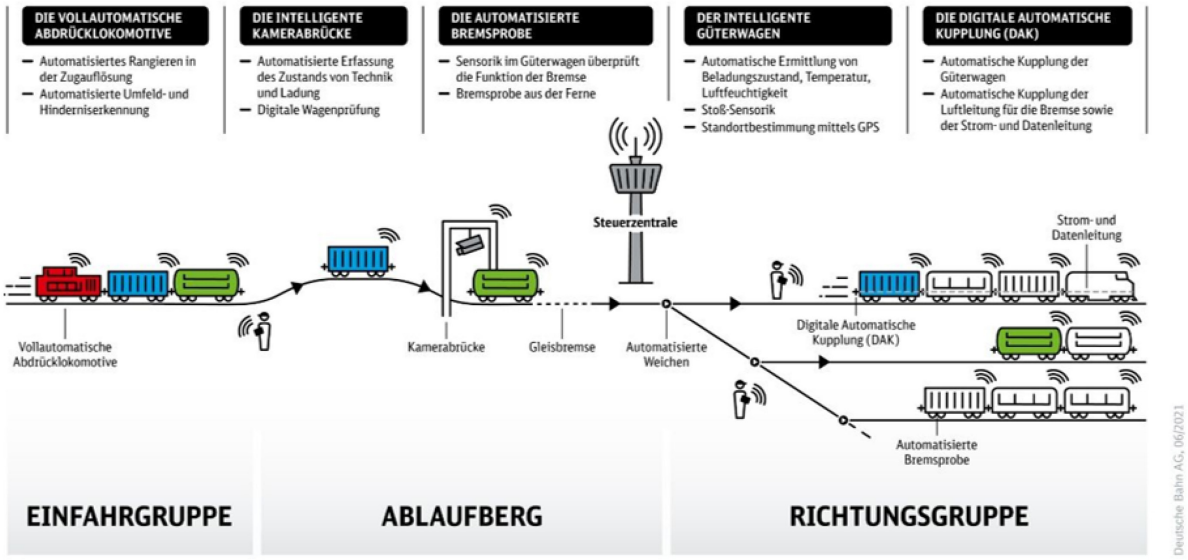

Abbildung 8: Rangierbahnhof der Zukunft (Quelle: Deutsche Bahn)

Die Infrastruktur profitiert vor allem durch die schnelleren Abläufe, so dass die Gleise in den Rangierbahnhöfen schneller frei werden und dadurch mehr Züge auf denselben Anlagen abgefertigt werden können. Teure Ausbauten von Rangierbahnhöfen können so eingespart bzw. zeitlich verschoben werden. Dies gilt im gleichen Ausmass für die Betreiber von KV-Umschlagsanlagen.

Weiterer indirekter Nutzen wird zukünftig einen grossen Einfluss haben:

- Zugintegritätskontrolle: Die Datenverbindung im Zug erlaubt die Realisierung einer fortlaufenden Überwachung der Zugsintegrität, was wiederum eine wichtige Voraussetzung für ETCS Level 3 (moving block) sowie einen langfristigen Verzicht auf Gleisfreimeldeanlagen darstellt.

- Bessere Bremsleistung durch EP-Bremsen: Eine anrechenbare EP-Bremse kann zur Realisierung besserer Bremsreihen auch im Güterverkehr führen, was wiederum die Netzauslastung positiv beeinflusst.

- Autonomous Train Operation (ATO): ATO ist nur vorstellbar mit einem sich zumindest in wesentlichen Parametern wie Entgleisungskontrolle und Zugintegrität selbst überwachenden Güterzug.

Nutzen für Wagenhalter

Vorteile entstehen für die Wagenhalter vor allem durch die zahlreichen künftigen Nutzungsmöglichkeiten der Digitalisierung. Daten bezüglich Fahrzeugzustand, Echtzeit-Position und Beladung stehen jederzeit digital zur Verfügung. Dies ermöglicht die digitale Einbettung der Wagenbewegungen in die übrigen unternehmerischen Prozesse. Diese wiederum bietet medienbruchfreie Optimierungen bis hin zur Kundenbetreuung und Abrechnung.

Im Zusammenhang mit der vorgesehenen Intensivierung der Wagenumläufe kann auch die Zustandsüberwachung und Instandhaltungsplanung automatisiert werden. Die automatisierte Datenübertragung liefert laufende Informationen über den Zustand der Wagen, so dass diese nur noch dann in die Werkstatt müssen, wenn sich tatsächlich ein Verschleiss oder Ausfall von Komponenten anbahnt. Zudem werden im Betrieb ausserplanmässige Wagenausreihungen infolge spontan festgestellter Mängel abnehmen, da aus den verfügbaren Wagendaten zeitgerecht eine planbare Instandhaltung möglich sein wird. Dadurch steigert sich ihre Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit, weil einerseits Leerstände abgebaut werden und andrerseits Instandhaltungsarbeiten besser planbar werden.

3 Zusammenarbeit mit Europa und Interoperabilität

Die Notwendigkeit der Digitalisierung und der Einsatz neuer Technologien im Schienengüterverkehr werden europaweit als Grundlage für eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Mobilität im Gütertransport anerkannt. Ebenso anerkannt ist, dass es dazu einen mit allen europäischen Bahnen koordinierten Prozess braucht, weil die Wagen je nach Kundenauftrag frei und flexibel in ganz Europa zirkulieren. Das bedeutet, dass die Funktionalitäten samt technischem Standard und Betriebsprozessen diskriminierungsfrei definiert werden müssen, damit die Fahrzeuge miteinander kompatibel, alle digitalen Funktionen in jedem Zugsverband gewährleistet und die jeweiligen Betriebsabläufe kompatibel sind.

Abbildung 9: Scharfenberg-Kupplung mit integrierter Bremsleitung (Quelle: SBB Cargo)

Die künftigen technischen und betrieblichen Standards müssen in den gemeinsamen europäischen Normen für den Schienenverkehr entwickelt und spezifiziert werden. Die notwendigen hoheitlichen Zulassungsverfahren müssen unter Führung der europäischen Eisenbahnagentur ERA mit den nationalen Behörden abgestimmt und grenzüberschreitend einheitlich festgelegt werden. Alte nationale Vorschriften müssen konsequent abgebaut werden, damit ein neues einheitliches europäisches Eisenbahnsystem entsteht. Auch wenn mit der DAK und den digitalen Anwendungen im Schienengüterverkehr Neuland betreten wird, so gibt es doch gültige Standards nach CENELEC

(Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung), die neu auch im Güterverkehr genutzt werden können. Ein besonderes Augenmerk muss auf der Standardisierung der Schnittstellen liegen, damit verschiedene Anbieter am Markt miteinander kompatible Produkte liefern können. Die Rollen im Zulassungsprozess zwischen Industrie, Wagenhaltern und EVUs müssen eindeutig definiert werden. Zudem muss die DAK selbst als eine Komponente der technischen Standards für die Interoperabilität (TSI) zertifiziert werden. Hierzu haben die Prozesse mit dem TSI-Änderungspaket 2022 bei der ERA bereits begonnen.

Die EU unterstützt Forschungs- und Innovationsvorhaben im Schienensektor. Shift to Rail (S2R) war die erste Etappe dieses umfassenden Förderprogramms (2015-2021), die DAK hat hier noch eine untergeordnete Rolle gespielt. Genau am Übergang zwischen S2R und dem Nachfolgeprogramm Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU) hat sich die Branche zusammengefunden und das weitestgehend eigenfinanzierte Programm «European DAK Delivery Programme» (EDDP) ins Leben gerufen. Ziel des EDDP ist es, einerseits den technischen Standard der DAK zu definieren, andererseits die Arbeitspakete «europäische Migration», «übergeordneter Business Case» und «Finanzierung» aktiv voranzutreiben. Mittlerweile steht das Nachfolgeprogramm ERJU kurz vor dem offiziellen Start und die Entwicklung und Standardisierung der DAK ist mit einem Gesamtprojektvolumen von ca. 80 Millionen € veranschlagt. Da es sich beim ERJU um ein rein technisches Projekt handelt, wird das EDDP weiter bestehen bleiben und die Themen Migration und Finanzierung vorantreiben.

Die Schweiz ist mit dem BAV, SBB Cargo und über die internationale Privatgüterwagen-Union UIP in diesen Gremien kompetent vertreten, bringt die Schweizer Interessen aktiv ein und trägt durch ihre Erfahrungen zum Entwicklungsprozess und zur Entscheidungsfindung bei. So wurde zum Beispiel im September 2021 der von SBB Cargo bereits im Betrieb eingesetzte Scharfenberg-Kupplungskopf gesamteuropäisch ausgewählt (siehe Abbildung 10). Darauf aufbauend werden weitere Entscheide zur einzusetzenden Technik für die Strom- und Datenleitungen erfolgen. Auch hier ist die Schweiz mit der Power Line Plus Technologie zur Datenübertragung aktiv beteiligt. Gemeinsames Ziel ist es, bis 2026 zugelassene und marktreife technische Lösungen für die DAK und die Automatisierungskomponenten bereitstellen zu können.

4 Migrationskonzept

Die Migration ist neben der Finanzierung die grösste Herausforderung für die Einführung der DAK. Wagen mit DAK und Wagen mit Schraubenkupplung sind nicht kompatibel und daher nicht direkt miteinander kuppelbar. Alle Wagen mit Hybridkupplungen auszurüsten scheitert an der zu grossen Komplexität und an der Nicht-Einhaltung des sogenannten «Berner Raums» (der Freiraum für Rangierarbeiter zwischen den Wagen zum An- und Abhängen der Schraubenkupplung), so dass die Sicherheit von Mitarbeitenden nicht mehr gewährleistet wäre. Ausserdem würde sich die Umstellung wohl über einen längeren Zeitraum hinziehen, ohne dass bereits ein Nutzen aus der DAK gezogen werden kann. Daher wurde in den zuständigen europäischen Gremien der Entschluss gefasst, bei den Wagen auf eine Hybridvariante zu verzichten.

4.1 Die Migration aus Schweizer Perspektive

a) Verkehrsarten

Die Schweiz hat einen starken Binnenverkehr, der aber wiederum in dezidierten Verkehren eng mit dem Ausland interagiert. Für ein umfassendes Migrationskonzept müssen der Einzelwagenverkehr (EWLV), der kombinierter Verkehr (KV) und die Ganzzüge jeweils im Import/Export sowie im Transitverkehr integral betrachtet werden. Dabei ist zu beachten, dass ein Teil der Import/Export-Verkehre in der Schweiz im EWLV verarbeitet wird und dass es einen gewissen Austausch von Wagen zwischen Ganzzügen und EWLV gibt. Grundsätzlich können aber die Wagen der Ganzzugsverkehre weitestgehend unabhängig vom EWLV migriert werden. Ebenso können viele Transitzüge unabhängig von der europäischen Migration umgestellt werden. Für den Import/Export muss eine eigene sogenannte Welle im EWLV vorgehalten werden (mehr dazu unten).

b) Fokus EWLV

Der Start der Migration erfolgt bei Zügen und Wagengruppen, die in klar definierten und isoliert gefahrenen Verkehren betrieben werden (z.B. Post, Coop, Kiesverkehre, KV-Binnenverkehr etc.). Danach gibt es verschiedene Varianten, mit denen die Migration grundsätzlich angegangen werden kann.[3] In jedem Falle wird ein detailliertes, auf die einzelnen Kunden und Wagen heruntergebrochenes Migrationskonzept zu erstellen sein.

Die schnellste Möglichkeit wäre der sogenannte «big bang», der im Moment vom EDDP favorisiert wird. Alle Wagen des EWLV (ca. 5500) sollen demnach über einen sehr kurzen Zeitraum hinweg (z.B. 1-2 Wochen) umgerüstet und direkt in Verkehr gebracht werden. Diese Variante hat den grossen Vorteil, dass der Parallelbetrieb von Zügen mit Schraubenkupplung und Zügen mit Automatischer Kupplung weitestgehend entfällt, andererseits bestehen nicht unwesentliche Bedenken in punkto Machbarkeit im laufenden Betrieb. Auch müssten über einen langen Vorbereitungszeitraum hinweg die Fahrzeuge teuer vorgerüstet werden, bevor sie schliesslich im «big bang» mit dem neuen Kupplungskopf versehen werden und in Betrieb gehen.
Weitere Migrationskonzepte sehen eine Umstellung nach Branchen oder auch nach Kunden vor, aufgeteilt auf 7 respektive 12 Phasen, wobei die letzte Phase jeweils dem Import/Export vorbehalten bleibt, der erst abgestimmt mit der Migration in Europa umgestellt werden kann.
Für das effizienteste Umstellungsszenario muss eine Reihe von Faktoren gegeneinander abgewogen und optimiert werden, diese sind:

- Ein möglichst kurzer Migrationszeitraum: ca. 3-5 Jahre (z.B. 2025-2030)
- Hohe Qualität für die Kunden (möglichst kein Unterbruch des Angebots)
- Verfügbare Ressourcen in Werkstätten und Betrieb

[3] Gemäss einer Analyse von SBB Cargo unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen im EWLV (Kapazität und Arbeitsmodi der Rangierbahnhöfe, Trassenverfügbarkeit sowie Bedingungen an den Teambahnhöfen und Bedienpunkten).

- Möglichst niedrige Kosten durch Ineffizienzen in der Übergangszeit
- Kapazitäten der Infrastruktur (Trassen für Doppelführungen und Anlagen zum Abstellen von Rollmaterial)
- Fahrzeugstrategien der Halter (Koordination des Wageneinsatzes und Neubeschaffungen)
- Eine stufenweise Migration entsprechend dem Entwicklungsstand der DAK (AK 2 ➔ DAK 4)

Aus heutiger Sicht und auf Basis der durchgeführten Simulationen ist die Migration nach Kunden in 12 Phasen die vorteilhafteste. Hier können einerseits in den ersten Phasen rasch praktische Erfahrungen gesammelt und für die weiteren Arbeiten genutzt werden und andrerseits durch die Staffelung die verfügbaren Werkstattkapazitäten optimal ausgelastet werden. Das Risiko der Umstellung kann reduziert werden, da die einzelnen Phasen überschaubar sind. Hauptnachteil dieser Variante ist, dass sich die gesamte Migration über einen Zeitraum von ca. 4-5 Jahren erstreckt und so die Kosten durch Ineffizienzen infolge des Parallelbetriebs während der Umstellung eher höher sind. Demgegenüber werden jedoch teure Vorinvestitionen eingespart, die erst nach einigen Jahren Nutzen bringen könnten. Im Rahmen der weiteren Planung und Detaillierung werden die Varianten nochmals kritisch hinterfragt und im Kontext der oben genannten Faktoren gegeneinander abgewogen.

c) Voraussetzungen

Die Migration muss vor dem Start gut vorbereitet sein. So muss zum Beispiel das Engineering für die betroffenen Wagentypen der jeweiligen Phase abgeschlossen, die Nachweisdossiers für die Zulassung vollständig erstellt sowie begutachtet und die behördlichen Prüfungen abgeschlossen sein. Die Planung muss detailliert bis auf Fahrplanebene erarbeitet sein. Die Umbaukapazitäten müssen gesichert sein und die Umrüstung / Montage des Kupplungskopfes muss vorbereitet werden. Ausserdem wird ein robuster Plan für die Abwicklung der Import/Export-Verkehre benötigt, da das Risiko besteht, dass zum Start der Migration in der Schweiz die europäische Migration noch nicht begonnen hat. Das Bahnpersonal aller beteiligten Unternehmungen muss vor dem beginnenden Betriebseinsatz der DAK-Züge instruiert und geprüft sein.

4.2 Abhängigkeit zu Europa

Die in der EU definierten technischen Lösungen sollen auch in der Schweiz übernommen werden. Dies bedeutet konkret, dass die im Rahmen des ERJU entwickelten Lösungen und Standards auch in der Schweiz verbindlich werden:

- Die Schweiz übernimmt diese Spezifikationen ohne Abweichungen.
- Die Spezifikationen und Prozessbeschreibungen münden bei der EU in aktualisierte TSI.

- Die Schweiz übernimmt die Regelungen im autonomen Nachvollzug (Landverkehrsabkommen, Anhang 1).
- Bestehende nationale hoheitliche Regelwerke sind anzupassen.
- Bei der Überarbeitung werden die Chancen zur Entschlackung der Regeln genutzt.

Diesen Grundsatz befolgend sind die Abhängigkeiten zur EU signifikant, denn die Migration in der Schweiz kann flächendeckend nur dann gestartet werden, wenn die technischen Spezifikationen zur DAK fertiggestellt sind und ein positiver Grundsatzbeschluss in der EU zur Einführung der DAK vorliegt. Auch wenn an diesem Thema mit Hochdruck gearbeitet wird, ist es aufgrund der Vielzahl der beteiligten Partner mit einer nicht zu unterschätzenden Unsicherheit behaftet.

Positiv zu werten ist, dass aufgrund der hohen Autonomie bedeutender Teile des EWLV die Migration im Schweizer Binnennetz auch vor der europäischen Migration gestartet und umgesetzt werden kann. Hier besteht keine direkte zeitliche Abhängigkeit. Allenfalls entstehen durch eine terminlich vorgezogene Migration in der Schweiz auch Vorteile in der Realisierung wie z.B. bessere Material- und Rollmaterialverfügbarkeit bei den Herstellern.

5 Risikomanagement

Die Risiken der systemumfassenden Migration des Güterverkehrs auf die DAK sind bedeutend und müssen im weiteren Verlauf von allen Entscheidungsträgern eng verfolgt werden. Entsprechend gibt es innerhalb des Projektes ein explizites Risikomanagement, welches sich laufend mit den systemrelevanten Risiken auseinandersetzt. Da die Schweiz eng ins europäische Netz integriert ist und deshalb nur technische Lösungen in Betracht kommen, die europaweit umgesetzt werden können, entsteht eine Abhängigkeit von der Entwicklung der europäischen Arbeiten. Es besteht wohl eine enge Zusammenarbeit, in der sich die Schweiz bisher erfolgreich eingebracht hat. Sie ist jedoch nur ein Partner unter vielen.

Die relevanten Risiken sind in der nachfolgenden Matrix ersichtlich:

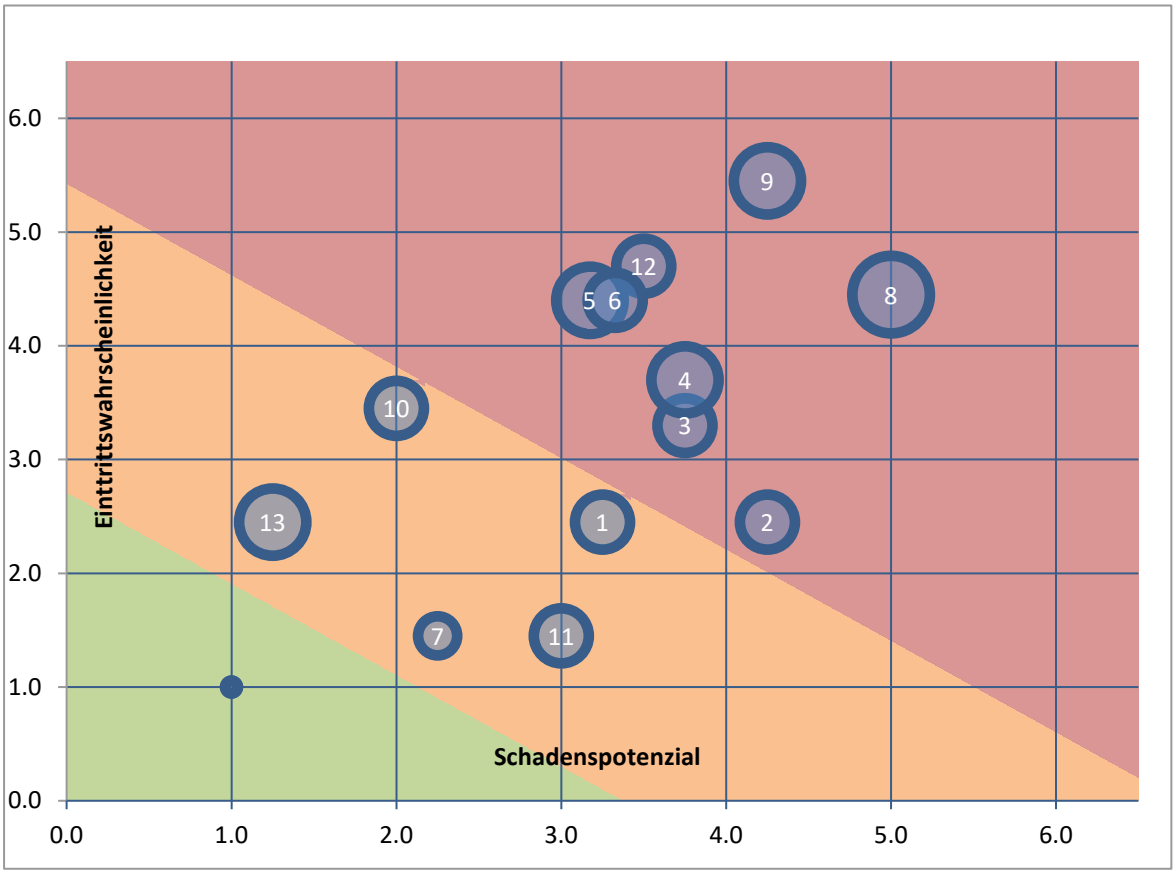

Abbildung 10; Risikomatrix

Risiken:

1 Ungenügende Datenqualität für Investitionssumme und Migration.
2 Keine nachvollziehbare Investitionssumme aufgrund aller relevanten Kostentreiber.
3 Längerer Systembruch CH/EU.
4 Ungenügender Abgleich EDDP / ERJU.
5 Verzögerte technische Reife der DAK.
6 Fehlende Verabschiedung der entsprechenden TSI-Normen.
7 Problematische Bereitstellung notwendiger Infrastrukturkomponenten in der Übergangszeit.
8 Ungeklärte EU-Finanzierung.
9 Fehlende EU-Migrationsstrategie.
10 Sinkende Überzeugung innerhalb Bahnbranche und Industriepartner.
11 Politische Entscheidung zu Ungunsten EWLV.
12 Zeitweiser Verlust der Interoperabilität.
13 Gewichtsprobleme bei Loks in der Übergangszeit.

Die Top-Risiken werden hier noch kurz erläutert:

Risiko 8: Ungeklärte Finanzierung

Die länderübergreifende Einführung der DAK in Europa braucht eine ausreichende, ausgewogene Finanzierung, mit der alle Akteure in Europa einverstanden sind. EDDP erarbeitet dazu derzeit einen Vorschlag, der den Projektpartnern, der EU-Kommission und den Mitgliedsstaaten unterbreitet wird. Dieser muss in nützlicher Frist entsprechend diskutiert und genehmigt werden.

Risiko 9: Fehlende EU-Migrationsstrategie

Eine EU-weite Migration kann nur erfolgen, wenn die Finanzierungsfragen geklärt sind. Weiter gibt es noch offene Fragen zur zeitlichen Dauer und zur Abfolge und Prioritäten der Migration. Die Arbeiten im EDDP sind dazu noch nicht fertiggestellt. Da der Güterverkehr international vernetzt ist, sind ungenügende Abstimmungen oder unterschiedliche Interpretationen nachteilig für eine Migration, die die Leistungsfähigkeit des Schienengüterverkehrs in der Übergangsphase aufrechterhält.

Risiko 12: Zeitweiser Verlust der Interoperabilität

Ungenügend abgestimmte Migrationsstrategien können zu einem zeitweisen Verlust der Interoperabilität führen. Dies führt in der Regel zu geringerer Kapazität, höheren Kosten und geringer Qualität im internationalen Schienengüterverkehr, aber auch zu Einschränkungen im Einsatz der einzelnen Wagentypen – je nach Umrüstungsstand. Hier gilt es entsprechende Szenarien zu entwickeln, wie die DAK so früh wie möglich eingesetzt werden kann ohne das System in der Übergangszeit zu schwächen. In diese Überlegungen fallen auch die Risiken 5 (fehlende Reife der DAK) oder 6 (fehlende TSI-Norm).

6 Fazit

Mit der Zusammenlegung der Automatisierung und der Digitalisierung in einem Schritt wird wesentlich mehr Nutzen generiert als mit der Einführung einer nur mechanischen automatischen Kupplung. Dies deshalb, weil die Digitalisierung die Zeit- und Ressourceneinsparung der automatischen Kupplung deutlich erhöht und damit nicht nur für den EWLV, sondern auch für Ganzzüge interessant macht. Insbesondere die Einsparungen in der Zugsvorbereitung, die Kapazitätseffekte für die Infrastruktur, die Ermöglichung der Digitalisierung der weiteren Prozesse sowie als notwendige Voraussetzung für die Weiterentwicklung zu ETCS, Level 3, bieten Automatisierung und Digitalisierung über das reine Kuppeln im EWLV die Voraussetzung einer grundlegenden Erneuerung des Schienengüterverkehrs.

Ein zentraler Nutzen neben den Effizienzsteigerungen ist die Erhöhung der Sicherheit für das Rangierpersonal sowie die Schaffung neuer und attraktiver Berufsbilder bei der Güterbahn. Bereits heute ist es schwierig, Personal zu rekrutieren und dieser Trend wird sich in den kommenden Jahren bei den bevorstehenden Pensionierungswellen noch akzentuieren.

Zentrales Element dabei ist die «Digitale, automatische Kupplung», die netzweit in allen Fahrzeugen mit den nötigen Teilkomponenten eingebaut wird. Die technischen Spezifikationen dazu sollen einheitlich im ganzen europäischen Raum gelten. Die Schweiz arbeitet in den entsprechenden Gremien mit und bringt ihr Know-how und ihre Interessen mit ein.

Da die DAK und die herkömmliche Schraubenkupplung nicht kompatibel sind, wird eine genau definierte Migrationsstrategie notwendig, die vor allem in der Übergangszeit die Qualität des Schienengüterverkehrs nicht beeinträchtigt. Herausforderung wird dabei die Abstimmung mit den Ressourcen der Infrastruktur und der Werkstätten, die die Umrüstung vornehmen werden. Ebenso ist eine Koordination mit den weiteren europäischen Stakeholdern nötig.

Bei den europäischen Playern im Eisenbahnsektor, in der Industrie und Politik ist man sich einig, dass die DAK für die Weiterentwicklung des Schienengüterverkehrs notwendig ist. Mit der Aufnahme der DAK in die Vernehmlassungsvorlage zur «Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen für den Schweizer Gütertransport» hat die Schweiz als erster Staat den Schritt in die politische Diskussion getan.

Mit den Ergebnissen der Vernehmlassung geht das Schweizer Projekt in die Vertiefungsphase, deren Ziel es ist, das konkrete Ziel- und Migrationskonzept zur DAK im Rahmen der Botschaft darstellen zu können.