

# Neue Perspektiven für die Bahn in der Produktions- und Distributionslogistik durch Prozessautomation

Wilbring, Daniela<sup>1</sup>, Enning, Manfred<sup>1</sup>, Pfaff, Raphael<sup>1</sup> und  
Schmidt, Bernd<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FH Aachen University of Applied Sciences

## Zusammenfassung

Deutschland braucht mehr Eisenbahn um CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehr zu reduzieren. Sie muss zum Rückgrat aktueller Logistikprozesse, z.B. bei Kaufmannsgütern und E-Commerce, werden. Dies geht nicht ohne neuartige betriebliche Konzepte und eine Transformation des Güterwagens von einem „dummen Stück Stahl“ zu einem modernen Werkzeug der Logistik.

Als „Güterwagen 4.0“ wird ein kommunikativer und kooperativer Güterwagen verstanden, der die Voraussetzung zur Automatisierung aller Prozesse der Zugvorbereitung bereitstellt, sich aber ansonsten vollkommen kompatibel mit heutigen Betriebsverfahren im Hauptlauf präsentiert. Durch Kommunikation zwischen Güterwagen und umgebenden intelligenten Systemen im Sinne eines „Internet der Dinge“ gelingt damit unter anderem die Realisierung hoch effizienter Gleisanschlussverkehre, die der Güterbahn neue Märkte abseits der klassisch bahn-affinen Verkehre erschließen und letztlich den Wandel zu einer nachhaltigen Gütermobilität fördern.

**Keywords:** Automatischer Schienengüterverkehr; Digitalisierung; Gleisanschlussverkehr, Logistik

## **1 Einleitung**

Der Güterverkehr auf der Schiene steht im Spannungsfeld zwischen großen Erwartungen und massiven wirtschaftlichen und operativen Problemen. Um auch im Verkehr die CO<sub>2</sub>-Emissionen angemessen zu reduzieren, kann auf den Verkehrsträger Schiene, dessen Primärenergieverbrauch und Emissionen um den Faktor 4 [1] unter den Werten der Straße liegen, nicht verzichtet werden. Trotz eines eindrucksvollen Wachstums der Verkehrsleistung im Schienengüterverkehr (SGV) seit der Liberalisierung der Märkte bleibt sein Anteil aber mehr oder weniger konstant bei 18 - 20 % [9], weil der Güterverkehr insgesamt stark zunimmt und weil das stärkste Wachstum bei den Güterarten stattfindet, die nicht im klassischen Sinn bahn-affin sind. Die Hauptformen des SGV sind Kombiniertes Verkehr, Ganzzugverkehr und Einzelwagenverkehr. Kombiniertes Verkehr (KV) ist der Verkehr von Containern, Lkw-Aufbauten und ganzen Lastzügen (rollende Landstraße) in Zügen auf festen Routen. Ohne den KV, der gerade im Hafenhinterlandverkehr und auf längeren Relationen im Binnenland eine starke Rolle spielt, wäre der Anteil des Schienengüterverkehrs heute um circa ein Drittel niedriger. Der KV kombiniert die Flexibilität und Schnelligkeit des Lkw an der Kundenschnittstelle mit den Fähigkeiten der Bahn, große Transportmengen effizient über lange Distanzen zu bewegen. Er leidet aber unter Begrenzungen seiner Ausbaumöglichkeiten und unter der Tatsache, dass der insgesamt recht geringe Transporterlös – der Maßstab ist der ungebrochene Verkehr mit Lkw – auf eine vergleichsweise große Zahl von Akteuren aufgeteilt wird. Dennoch weist der KV Wachstumspotenziale auf, zum Beispiel durch größere Zuglängen. Aber selbst das eigentlich bescheidene politische Ziel, den Modal Split auf 30 % anzuheben, ist mit dem KV alleine nicht zu erreichen. Den Gegenpol zum Kombinierten Verkehr bildet der Verkehr mit Ganzzügen (GZV), bei dem die „Gefäßgröße“ der Ladungsmenge eines ganzen Zugs entspricht. Solche Züge sind – wenn der Transportbedarf über längere Zeiten hinweg konstant bleibt – für das Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) lukrativ zu betreiben. In einigen Fällen (Erzverkehre, Chemiebranche) ist die Bahn sogar ohne Alternativen. Der GZV, zu dem neben Massengutzügen zum Beispiel auch Logistikzüge der Autoindustrie zählen, trägt ebenfalls zu ca. einem Drittel zur Transportleistung des SGV bei. Mit der Stilllegung eines Kraftwerks oder Hüttenwerks im Zuge der Energiewende verschwinden aber immer auch Ganzzüge. Im Gegenzug fallen neue Ganzzüge nicht vom Himmel, sondern haben sich in der Vergangenheit aus Einzelwagen- und Wagengruppenverkehren entwickelt. Tendenziell ist zu erwarten, dass das Volumen der Ganzzugverkehre in der Zukunft rückläufig entwickeln wird.

## **2 Die Renaissance des Einzelwagenverkehrs?**

Bitte Von welcher Seite man es auch anschaut. Wenn die Eisenbahn in Zukunft eine tragendere Rolle im Güterverkehrsgeschehen spielen soll, so muss sie vor allem in dem Segment punkten, wo heute der Lkw am erfolgreichsten ist, nämlich bei eher kleinen Sendungsgrößen (1 - 3 Lkw-Ladungen) auf mittleren Distanzen. Das ist die Bühne des Einzelwagenverkehrs (EWV). Abbildung 1 zeigt deutlich, dass unter den drei Säulen des Schienengüterverkehrs der Einzelwagen am nächsten am „Gewinnerprofil“ des Lkw liegt. Einzelwagenverkehr braucht aber einen möglichst direkten Zugang in Form von Gleisanschlüssen. Deren Zahl hat in den letzten Jahrzehnten drastisch abgenommen [4]. Dies hat mit systemimmanenten Nachteilen bezüglich Laufzeit, Zuverlässigkeit und Kundenorientierung zu tun und ein wenig auch mit dem Erfolg des KV. Weil im KV die Letzte Meile mit dem Lkw erledigt wird, ist sein Erfolg im gewissen Sinne auch die Ursache für die massenhafte Stilllegung der für den EWV benötigten Infrastruktur. Man muss sich als Versender heute nicht mehr mit den Mysterien der Eisenbahn auf seinem Werksgelände herumschlagen und kann trotzdem die preisgünstige und umweltfreundliche Schiene nutzen. Mit dem Verschwinden der Bahn an den Schnittstellen wurde die innerbetriebliche Logistik mehr und mehr an die Fähigkeiten des Lkw angepasst. Erkennungsmerkmale heutiger Logistik- und Distributionszentren sind daher lange Reihen von Kopframpen, an die Lkw rückwärts andocken. Wenn Verkehre für die Bahn zurück- und neue dazugewonnen werden sollen, müssen bestehende Gleisanschlüsse erhalten und neue eingerichtet werden. Ein breites Bündnis von Verbänden und Organisationen aus Logistik, Industrie, Handel sowie öffentlichen Einrichtungen hat die Gleisanschluss-Charta [2] des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen VDV unterzeichnet, die genau dies fordert. Dabei müssen auch Anschlüsse an der freien Strecke in den Fokus genommen werden, weil Logistik und Industrie immer stärker auf der „grünen Wiese“ abseits der Bahnhöfe angesiedelt wurden. Die Praxis der Gleisanschlussförderung durch den Bund zeigt deutlich, dass es nicht da-

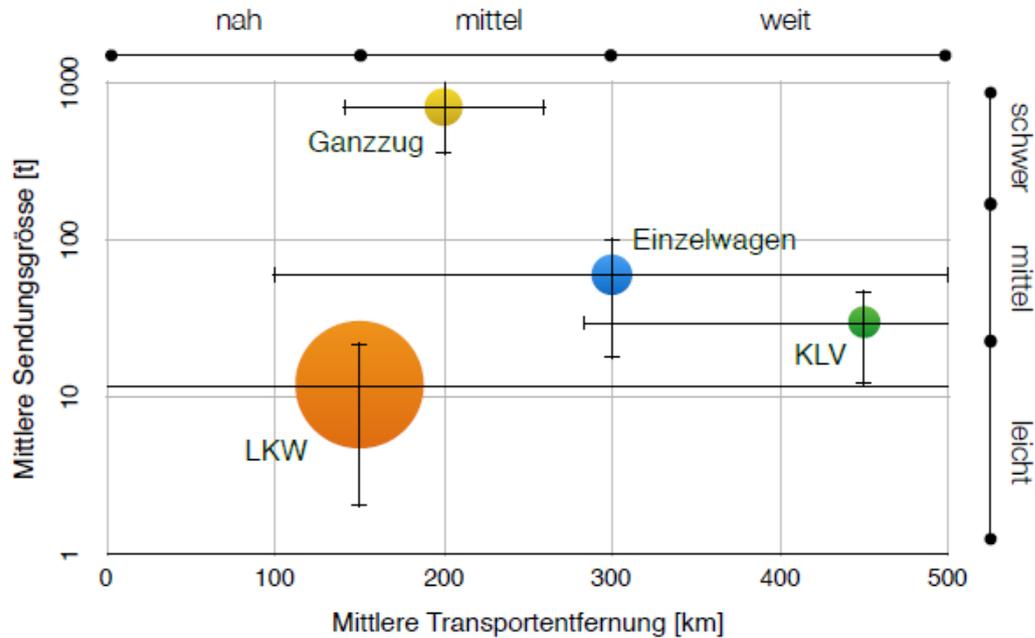


Abbildung 1: Positionierung der Produktionskonzepte im SGV [3]

mit getan ist, die Infrastruktur zu subventionieren. Das Gesamtpaket aus Infrastruktur und Bedienungsangebot durch EVU muss stimmen. Was nützt der schönste Gleisanschluss, wenn er nur einmal am Tag zu, aus Sicht der Produktionslogistik, unmöglichen Zeiten bedient wird? Die für Bedienfahrten erforderlichen Mittelführerstands-Diesel-Lokomotiven sind spezielle Betriebsmittel, die heute bei sinkender Anschlussdichte immer längere Umläufe fahren. Dabei ist – weil die Bedienfahrten als langsame Rangier- bzw. Sperrfahrten durchgeführt werden – auch der Bedarf an Streckenkapazität unverhältnismäßig hoch. Um deren Nutzung konkurrieren alle Arten des Schienenverkehrs, und in der aktuellen politischen Diskussion hat der Ausbau des Personenverkehrs auf der Schiene (Stichwort „Deutschlandtakt“) ein mindestens so großes Gewicht wie der Güterverkehr. Genau so wichtig wie der Ausbau der Anschlussinfrastruktur ist daher auch ein neuartiges Produktionskonzept, das im Wesentlichen die Merkmale des EWV aufweist, dabei

- schnell, aber vor allem zuverlässig und effizient ist,
- wenig Streckenkapazität verbraucht und eine Anschlussbedienung idealerweise „zwischen zwei S-Bahnen“ erledigen kann und
- im bestehenden System wachsen kann, also keine Disruption zum Beginn der Einführung erfordert.

Hier setzen die durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der FH Aachen in Zusammenarbeit mit

wichtigen Akteuren aus dem Bereich der EVU, der Wagenverleiher und Herstellerfirmen an.

### 3 Entwicklungsschritte zum Güterwagen 4.0

In der Arbeitsgruppe hat sich der „von innen nach außen“-Gedanke etabliert. Das bedeutet: Wir fangen an, Mehrwert an der Ladestelle zu schaffen und versuchen zunächst, den Güterwagen so zu gestalten, dass er innerhalb des Geländes eines Anschließers Nutzen stiftet. Mit einzelnen Wagen und kleinen Flotten miteinander kooperierender Wagen können Prozesse an der Schnittstelle zwischen Intra- und Extralogistik automatisiert werden. Einen ersten Eindruck von den Möglichkeiten gibt Kapitel 4. Im Hauptlauf können einzelne Wagen noch nicht wesentlich zu Produktivitätsfortschritten beitragen, weil sie im Mischverkehr mit konventionellen Wagen laufen.

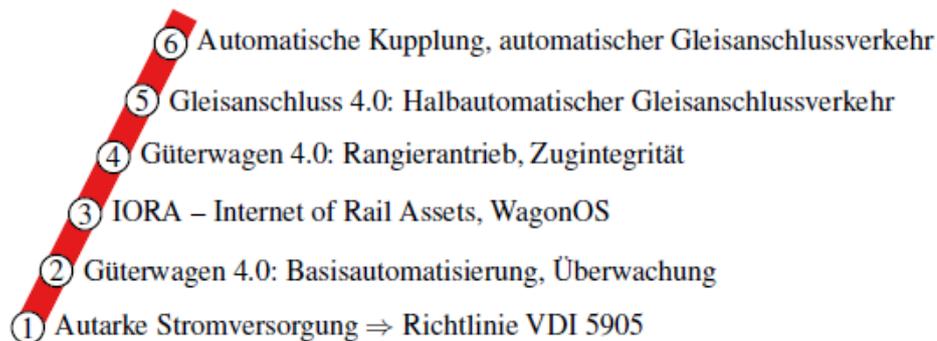


Abbildung 2: Railmap [7]

So entstehen zunächst – idealerweise aus eigener wirtschaftlicher Kraft oder mit gezielt platzierten Förderungen – regionale Innovations-, „Inseln“, die dann nach und nach zusammenwachsen. Wenn die kritische Masse überschritten ist, werden ganze Züge aus Güterwagen 4.0 auch im Hauptlauf anzutreffen sein. Zu diesem Zeitpunkt spielen die Wagen weitere Trümpfe aus, in dem Sie als Wagengruppe oder -zug die meisten Schritte der Zugvorbereitung technisch unterstützen oder sogar selbst erledigen können. Dann können Konzepte der halbautomatischen Anschlussbedienung (Kapitel 5) realisiert werden, die, nach Einführung einer Automatischen Kupplung und autonomer Fahrfunktionen, zum Fernziel der auf der Letzten Meile vollständig autonom operierenden Wagen führen.

Dieser Agenda folgend wurde der Stufenplan (Abbildung 2, hier „Railmap“ genannt) entwickelt. Die ersten vier Stufen betreffen verschiedene Reifegrade eines aktiven und kommunikativen Güterwagen und werden im Folgenden kurz erläutert. Dabei liegt der Fokus weniger auf der technischen Umsetzung als auf den jeweils erreichten Fähigkeiten.

## Stufe 1 - Stromversorgung

Eine Modernisierung der Art und Weise, wie man mit Wagen umgeht, beginnt damit, Handbedienungen (Abbildung 3) gegen technische Arten der Aktorik zu ersetzen. Dazu benötigt man Energie. Eine Speisung im Zugverband erfordert Anpassungen aller (auch der konventionellen) Wagen und der Betriebsverfahren und steht somit im Widerspruch zu der geforderten Kompatibilität im Hauptlauf.



Abbildung 3: Handbediente Elemente an einem Güterwagen

Mit (Dauer-) Batterien lassen sich zwar energiesparende Telematiksysteme (z.B. VTGConnect [10]) speisen, nicht jedoch Rechner und Aktoren. Vorerst erscheint das Einbringen eines elektrischen Energiespeichers und dessen Speisung aus der kinetischen Energie des Hauptlaufs als eine zweckmäßige Lösung, die in der Form der Achsdeckelgeneratoren inzwischen kommerziell angeboten wird. Als wesentliches Hindernis vor einer Verbreitung von Strom auf dem Güterwagen erweist sich die Tatsache, dass es bisher keinerlei Standards gibt. Parallel zu den Arbeiten im Projekt Güterwagen 4.0 wurde daher eine Richtlinieninitiative im VDI [8] gestartet, die das Ziel hat, zunächst aus der Perspektive des Energieverbrauchers einige wesentliche Aspekte eines Stromversorgungssystems zu standardisieren, zum Beispiel

- Spannungshöhe eines Bordstromnetzes
- Form und Ausführung von Steckverbindungen
- Kennzeichnungen und betriebliche Regelungen (z.B. im Havariefall)
- Zugelassene und ausgeschlossene Bauräume für Elektrokomponenten (Wartung)
- Maximale Leistung, maximale Energie (differenziert nach Anwendungen)

Fernziel ist eine Europäische Norm, welche verlässliche Rahmenbedingungen schafft und so zu einer europaweiten Verbreitung von Bordstromnetzen auf Güterwagen zu durch Großserie akzeptablen Kosten beiträgt.

## **Stufe 2 - Basisautomatisierung**

Die Stromversorgung aus Stufe 1 schafft folgende Möglichkeiten:

- • Ablösung von Handbedienungen durch elektromechanische Aktoren
- • Sensorkonzepte mit Vorverarbeitung (Beispiel: KI-basierte Merkmalsextraktion)
- • Unterbrechungsfreier Betrieb von Steuerungs- und allgemeiner Rechnertechnik
- • Unterbrechungsfreier Betrieb von Datenkommunikationseinrichtungen

In der Stufe 2 werden Wagen demonstriert, die alle Merkmale eines Cyberphysischen Systems (CPS) aufweisen und vor Ort mithilfe eines zeitgemäßen und intuitiven Konzepts bedient werden. Alle heute durch Personal mit Körperkraft durchzuführenden Bedienhandlungen (Luftbremse, Handbremse, HL-Absperrhähne) können per Tablet oder Smartphone erledigt werden. Dabei steht neben der Bequemlichkeit und der Aufwertung der Arbeitsplätze auch der Schutz gegen nicht autorisierte Bedienhandlungen im Vordergrund. Eingriffe durch betriebsfremde Personen zum Beispiel in Personenbahnhöfen werden durch diverse Methoden der Cyber-Sicherheit in Verbindung mit Geofencing ausgeschlossen.

Zentrales Merkmal der Wagen in dieser Reifestufe ist die Tatsache, dass nach Abschluss der Bedienhandlungen sämtliche technischen Eingriffe in denWagenzustand unterbunden werden, zum Beispiel durch sicheres Abschalten der Aktorikstromkreise. Dazu werden alle Aktoren so ausgeführt, dass sie ihre letzte Lage bei Wegfall der Stromversorgung verriegeln und sicher beibehalten. Diese konzeptuelle Festlegung bietet für den Einstieg die Möglichkeit der Nutzung von preiswerter Industriesteuerungstechnik und erleichtert Zulassungsprozesse.

Auch nach Abschalten der Aktorik steht Strom für eine dauerhafte sensorbasierte Überwachung des Wagens und für logistik-bezogene Telematik zur Verfügung. Für solche Zwecke wird ein Datenabbild des Wagenzustands permanent gepflegt („Digitale Identität“) und gegebenenfalls in der Cloud für den Betreiber und/oder Kunden dupliziert („Digitaler Zwilling“), welches zu jeder Zeit Auskunft über den Wagen, seine Nutzungshistorie, aufgetretene Störungen, durchgeführte Wartungsarbeiten etc. geben kann. Diese kann um Schnittstellen zu „intelligenter“ Ladung erweitert werden und ermöglicht so einen transportbegleitenden Informationsfluss. Gegenstand des laufenden BMBF-Projekts ist, neben der Schaffung der Basisarchitektur eines Stufe-Zwei-Wagens, auch die Entwicklung hochintegrierter, intelligenter Sensoren mit umfassender Vorverarbeitung für die Überwachung von Fahrwerken.

### **Stufe 3 - Internet of Railway Assets**

Stufe 3 überschreitet den Bereich des einzelnen Wagens. Zwischen Fahrzeugen wird dazu eine Kurzstrecken-Funkschnittstelle implementiert, über die ein lokales ad-hoc-Netz gebildet wird. Weil physikalisch bedingt nur der jeweils unmittelbar angrenzende Wagen erreicht werden kann, erzeugt die Gesamtheit der aufgebauten Funkbrücken als Nebeneffekt eine Zugtopologie. Durch die Wagen-zu-Wagen- (W2W-) Kommunikation werden durch Aggregation Automatisierungsfunktionen auf der Ebene der Wagengruppe oder des Zuges möglich. Dies reicht bis zur automatischen Zuglistengenerierung, Bremsberechnung und -probe. Neben der W2W-Kommunikation wird aber auch Mehrwert erschlossen, der sich durch Kooperation mit anderen „Dingen“ im Internet der Dinge ergibt, das dadurch zu einem „Internet of Railway Assets“ (IORA) wird. Die Kommunikations- und Kooperationspartner können dazu beispielsweise Komponenten der Ladestelle (Laderoboter) oder der Infrastruktur (Elektrisch Ortsbediente Weichen, EOW) sein. Wesentlich für den Erfolg solcher Ansätze ist die Standardisierung auf der Ebene der Kommunikationswege und der Protokolle. Dazu soll eine Art offenes Güterwagenbetriebssystem (WagonOS) geschaffen werden, welches die – gegebenenfalls sicherheitsrelevanten – Wagenkernfunktionen kapselt und für beliebige neue Anwendungen über ein Application Program Interface (API) nutzbar macht. Wie bei einem Smartphonebetriebssystem werden neue Fähigkeiten als Plug&Play-Softwarekomponenten eingespielt, idealerweise ohne dass für die Kernfunktionalität eine erneute Zulassung fällig wird. Die konzeptuellen Bestandteile stammen aus den aktuellen Entwicklungen im IT-Bereich: Mittels IPv6-Adressen, die sich aus der UIC-Wagennummer ableiten, wird eine eindeutige Adressierung möglich, granulare Softwarekonzepte erlauben eine einfache Verifikation und mittels NoSQL-Datenbanktechnik wird erreicht, dass sich in Zukunft auch Güterwagen mit unterschiedlichen Versionen der Datenmodelle untereinander verstehen.

### **Stufe 4 - Rangierantrieb, Zugintegrität**

In den ersten drei Stufen sind die Sicherheitsanforderungen an die Steuerung des Güterwagens 4.0 überschaubar. Im Hauptlauf bleibt der Wagen passiv, auf der letzten Meile und an der Ladestelle kann er zwar seine Zustände bis hin zum Zustand der Feststellbremse aktiv ändern, wird aber noch durch Lokomotiven oder Rangierhilfsmittel bewegt. Mit Stufe vier wird der Wagen durch eine autarke Bewegungsmöglichkeit aktiver; gleichzeitig erhöhen sich die Anforderungen an die Sicherheit des Systems. Mit der Einführung des Rangierantriebs muss er auch mit einer sicher wirkenden und sicher gesteuerten Bremse ausgestattet werden. Hierzu laufen konzeptuelle Vorarbeiten, die sich unter anderem mit der Frage befassen, ob der Wagen über einen Kompressor für die Luftbremse verfügen soll oder ob die elektromechanisch aktivierte Handbremse für Betriebsbremsungen des einzeln langsam fahrenden Wagens ausreichend ist. Weil die Steuerung des Wagens nun

erhöhten Sicherheitsanforderungen genügen muss, macht es Sinn, weitere Funktionalitäten wie elektrisches Zugschlussignal, Zugintegritätsprüfung (ETCS Level 3) und ep(-assist)-Bremsen zu integrieren.

## **4 Autonome Werksbahn**

Die Grundidee des Güterwagen 4.0 entspringt der „Industrie 4.0“ und deren Konzepten:

- • IoT - Selbstorganisation im „Internet der Dinge“
- • CPS - Cyber Physical System
- • Ubiquitous Computing („allgegenwärtiges Rechnen“)

Während die letzten beiden Aspekte bereits im technischen Entwurf enthalten sind, verdient der erstgenannte Aspekt eine ausführlichere Behandlung. Im Anschluss und auf der letzten Meile ist heute schon Selbstorganisation – allerdings durchgeführt durch handelnde Menschen - Stand der Technik. Bei Rangierfahrten auch in komplexen Gleisanschlüssen werden die Fahrwege von Lokrangierführern (Lrf) vor Ort selbst eingestellt; heute meist mit Hilfe Elektrisch Ortsbedienter Weichen (EOW). Ein Disponent verteilt die Ressourcen und sorgt dafür, dass sich die Rangierabteilungen in freigegebenen Bereichen nicht gefährlich nahe kommen.

Der Güterwagen 4.0 in seiner angetriebenen Variante (Stufe 4 der Railmap) stellt einzeln oder in einer Gruppe eine Rangierabteilung dar, die von einem Lrf mit Hilfe eines „smarten“ Bediengeräts gefahren wird. Solange man sich auf Privatgelände bewegt, kann auch diese Person theoretisch schon heute durch die Technik auf dem Güterwagen 4.0 ersetzt werden. Damit der Wagen wie ein Lrf handeln kann, muss er EOW-Anlagen bedienen und sich mit anderen Wagen in der Umgebung darüber einigen, welche Gleise in welcher Reihenfolge befahren werden.

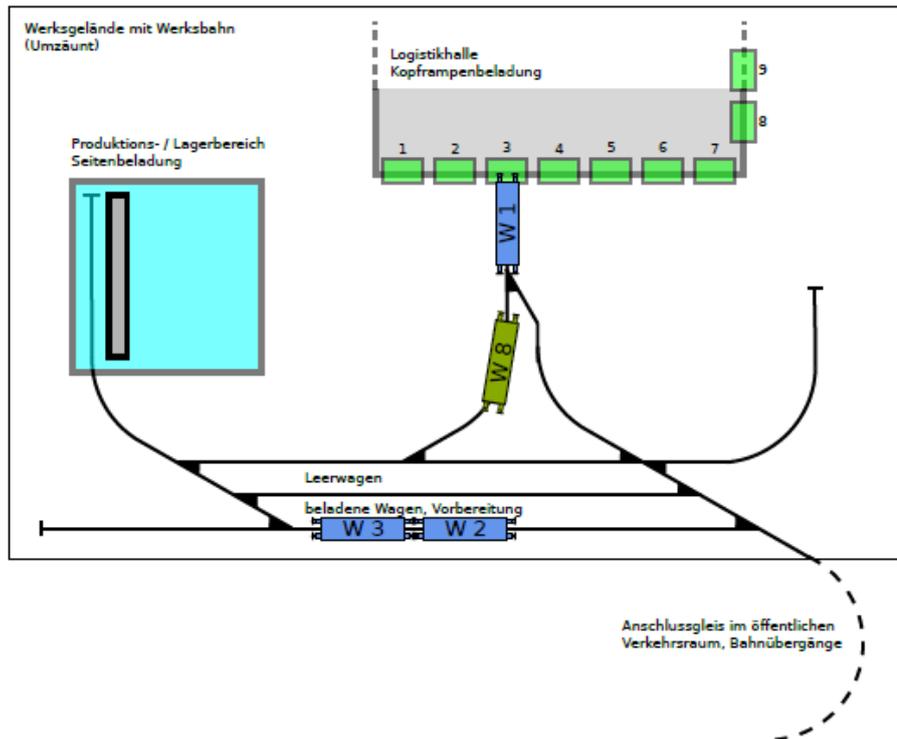


Abbildung 4: Für autonom operierende Wagen optimierte Werksbahn

Abbildung 4 zeigt ein mögliches Layout der Werksbahn eines Unternehmens beispielsweise aus der Lebensmittelindustrie. Es wird unter anderem über die Schiene mit Rohprodukten versorgt (linke Halle). Ausgeliefert wird im Nahbereich im Wesentlichen per Lkw; ein einige hundert Kilometer entferntes Distributionszentrum wird per Schiene versorgt. Über ein mehr oder weniger langes Anschlussgleis, welches durch öffentlichen Verkehrsraum, gegebenenfalls mit nicht technisch gesicherten Bahnübergängen, führt, ist die Werksbahn mit dem Schienennetz verbunden (Kapitel 5). Im Hauptlauf werden Gruppen dieser Wagen im Einzelwagenverkehr oder seinen moderneren Varianten (Blockzüge) befördert.

Ein mögliches Szenario mit angetriebenen Güterwagen 4.0 und Kopframpenbedienung<sup>1</sup> wird im Folgenden erläutert. Kopframpen sind heute für die Schiene fast unerreichbar. Weder gibt es geeignete Wagen, noch effiziente Rangierprozesse für solche Situationen. Angetriebene Güterwagen können diese Lücke schließen: Wagen 1 (W 1) steht an der für Schiene-Bedienung geringfügig umgestalteten Rampe 3 und wird beladen.

<sup>1</sup>Die Kopframpe dient hier als Beispiel für eine Verladung mit schnellem Wagentausch an der Ladestelle. Die beschriebenen Prozesse sind selbstverständlich auch bei Seitenrampenverladung anwendbar

Hierfür kommuniziert er selbständig mit der Beladetechnik bzw. dem Personal; nach Abschluss der Beladung wird der „Papierkram“ erledigt. Der Wagen speichert alle Daten, die für den Logistikprozess und die Ladungsverfolgung notwendig sind (Versanddokumente, Zertifikate, etc.) neben allen Informationen, die zur Abwicklung der Bahnprozesse dienen (z.B. Ladungsgewicht), stellt sich bremsstechnisch korrekt ein und verriegelt Ladungssicherungen.

Dann verlässt er aus eigener Kraft die Rampe über die nach rechts führende Weiche und fährt in das Gleis für den Warenausgang. Den dafür notwendigen Fahrweg hat der Wagen – nach Kommunikation mit anderen Wagen in der Umgebung – bei der EOW-Anlage angefordert. Sofort folgt W 8, der vor der Weiche gewartet hat. Auch die Abstimmung zwischen beiden Wagen erfolgt ohne Disponent als Kommunikation zwischen aktiven Partnern im IORA. Ergebnis ist ein „Fließprozess“ der Intra- und Extralogistik in optimaler Weise verbindet.

Die Gruppe beladener Wagen (W 1 - W 3) bildet nach dem mechanischen und pneumatischen Kuppeln eine gewöhnliche Rangierabteilung. Nach einer manuell oder mit Hilfe technischer Hilfsmittel (z.B. [5]) durchgeführten technischen Wagenbehandlung (tWb) und einer automatisch durchgeführten Bremsprobe kann die Gruppe in den „Postausgang“ am Gleisanschluss überführt werden. Je nach örtlichen Gegebenheiten kann dies mittels Zweiwegefahrzeug, Rangierroboter oder auch mittels der Güterwagenantriebe erfolgen.

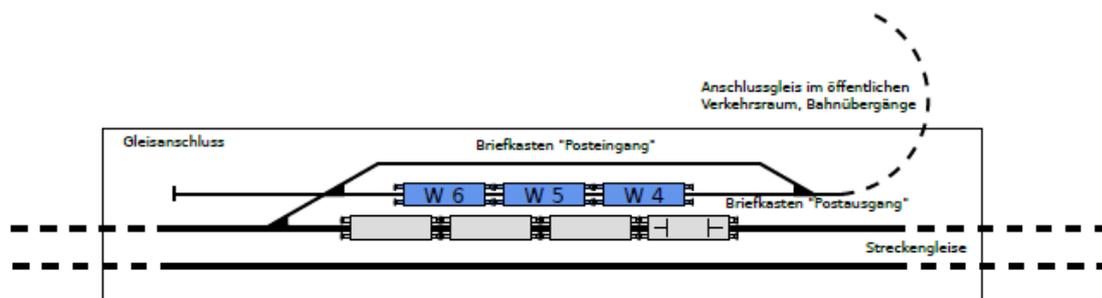


Abbildung 5: Gleisanschluss 4.0

## 5 Halbautomatische Gleisanschlussbedienung

Mit dem Güterwagen 4.0 lässt sich eine Form der Anschlussbedienung realisieren, die von ihrem Erfinder Jürgen Siegmann „Briefkastenbedienung“ genannt wurde [6]. Darunter wird eine Bedienung verstanden, die unmittelbar hinter der Anschlussweiche endet. Weil die weitere Wagenbewegung durch den Anschließer selbst durchgeführt wird, ergibt sich ein schneller und produktiver Rangierlokomlauf. Mit Güterwagen 4.0 kommt man noch einen großen Schritt weiter, weil Lok und Wagenzug das Streckengleis gar nicht

verlassen müssen. Es gibt hier keine klassische Bedienung mit Rangierlok; die Bedienung des Anschlusses erfolgt als kurzer Stopp einer Zugfahrt. Dies wird anhand von Abbildung 5 erläutert:

Vor der Anschlussweiche sind die Wagen W 4 bis W 6 als gekuppelte und geprüfte Wagengruppe abgestellt und warten auf Abholung. Diese erfolgt mit dem in grau dargestellten Zug bestehend aus einer Strecken-E-Lok und einigen Wagen, der als Zugfahrt von links kommend unmittelbar hinter der Anschlussweiche stoppt. Mittels einer Bedienhandlung per Smart Device triggert der Triebfahrzeugführer (Tf) den folgenden Vorgang:

- • Die Anschlussweichenverbindung wird in Richtung Strecke gestellt
- • Die Wagengruppe fährt aus eigener Kraft<sup>2</sup> nach links auf die Strecke
- • Der Anschluss geht in Grundstellung
- • Die Wagengruppe setzt kuppelbereit an den Wagenzug an

Die Sicherheit ist dadurch gewährleistet, dass aus Sicht der Stellwerke die Strecke während dieser Aktionen durch Achszählung belegt bleibt und der Vorgang unter Kontrolle durch den Tf erfolgt. Nach dem Kuppeln triggert der Tf eine automatische Bremsberechnung und -probe und fährt als Zugfahrt weiter. Der gesamte Zugbildungsvorgang kann in weniger als 5 Minuten abgeschlossen sein. Weil vor und nach der Zugbildung mit Streckengeschwindigkeit gefahren werden kann, ist die Kapazitätsbeanspruchung nur ca. 10 Minuten länger als eine SPNV-Trasse auf derselben Strecke. Mit dieser Methode lassen sich auf sehr vielen Strecken Gleisanschlussbedienfahrten planen, die in der konventionellen Technik nicht realisierbar wären. Voraussetzung für die automatische Bremsberechnung und -probe ist, dass auch die grau dargestellten Wagen eine Minimalausstattung an Güterwagen 4.0 - Komponenten aufweisen, nämlich Digitale Identität und Funkkommunikation von Wagen zu Wagen.

Aus Sicht der Leit- und Sicherungstechnik ergibt sich ein nahe liegendes Problem: Der beschriebene Vorgang führt zwangsläufig zu einer „Blockstörung“. Es sind 16 Achsen eingezählt worden. Nach der Verlängerung des Zuges sind es an der nächsten Blockgrenze 28. Um die nächste Zugfahrt zulassen zu können, muss eine Grundstellung der Achszähler durchgeführt werden. Als Regelbedienhandlung ist dies aber nicht sicher und daher nicht zulässig. Möchte man den Vorteil der Zugfahrten nutzen, so muss ein solcher Gleisanschluss daher mit einer Achszählung ausgestattet werden und die hier festgestellte Achszahl

---

<sup>2</sup>alternativ mit Hilfe eines am Anschluss stationierten Rangierroboters

muss bei der Gleisfreimeldung in einer verfahrensgesicherten Art und Weise berücksichtigt werden.

Damit betreten wir ein extrem heikles Gebiet, in dem aufgrund möglicher Auswirkungen auf die Sicherheit sehr leicht extrem hohe Kosten für Zulassungsprozesse anfallen können. Innerhalb des Forschungsprojekts wurden Lösungsansätze gefunden, die sich relativ kostengünstig in eine DSTW-Umgebung integrieren lassen. Der Kerngedanke ist, in beiden angrenzenden Betriebsstellen „virtuelle Achszählpunkte“ anzuordnen, die mit dem „Gleisanschluss 4.0“ kommunizieren. Modifikationen der Stellwerkslogik sind nicht notwendig; man nutzt bestehende Schnittstellen.

## **6 Ausblick und Fazit**

Durch gut platzierte Entwicklungsstufen kann die Transformation des Einzelwagenverkehrs zu einem Rückgrat der Logistik gelingen. Jede der definierten Stufen schafft in bestimmten Segmenten lokal mehr Nutzen als sie Kosten verursacht. In der vorgestellten Railmap ist der Austausch des „Fossils“ Schraubenkupplung gegen eine aktuelle Technik zum Verbinden der Wagen an das Ende gestellt worden. Aktuell breitet sich im Sektor Optimismus aus, dass die Einführung einer automatischen Mittelpufferkupplung in der Form der DAK, der Digitalen Automatischen Kupplung, bereits zeitnah gelingen kann. Dies wird auch von den Autoren ausdrücklich begrüßt. Fatal wäre allerdings ein zweiter „ETCS-Effekt“, also die Einführung eines Systems, das erst bei Vollausrüstung wirklich Kosten spart und bis dahin dem Sektor massiv Kosten aufbürdet. In der gegenwärtigen, stark verzerrten Wettbewerbssituation mit dem Straßengüterverkehr würde eine weitere Belastung in vielen Fällen das Aus für den SGV bedeuten mit allen Folgen für die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Einhaltung des Pariser Abkommens.

Nur wenn die politischen Rahmenbedingungen stimmen und der Infrastrukturausbau vorankommt, kann die Migration durch die Kräfte des Marktes angeschoben werden. Notwendig ist aber auf jeden Fall eine verstärkte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Logistikintegration der Schiene, und diese Anstrengungen kann der Sektor in seiner angespannten wirtschaftlichen Lage nicht stemmen. Hier ist die Politik gefragt, die geeignete Förderinstrumente schaffen und angemessen ausstatten muss.

Eigentlich fehlt gar nicht so viel, um aus dem Schienengüterverkehr das unauffällige „Fließband“ im Hintergrund zu machen, das die meisten unserer Transportaufgaben – sofern sie eine Bündelung zulassen – autonom oder zumindest extrem personaleffizient und ohne schädliche Auswirkungen auf Klima und Umwelt erledigt. Der Straßengüterverkehr kann sich dann auf die Nahbereichslogistik konzentrieren und hier gibt es bereits gute Ansätze, elektrisch CO<sub>2</sub>-frei zu fahren. Auch in unserer Vision hat der „Supermarkt um die Ecke“ keinen Gleisanschluss. Das regionale Zentrallager ist aber selbstverständlich auf der Schiene erreichbar.

*(Bildnachweis: 1 [3]; 2-5, Verfasser)*

## **Literatur**

- [1] Emissionen im Güterverkehr. Umweltbundesamt. 2018. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten>.
- [2] Gleisanschluss-Charta. 2019. URL: <https://www.vdv.de/gleisanschlusscharta-startseite-.aspx>.
- [3] Stefan Karch. „Vorschlag für ein Viertes Produktionskonzept im Schienengüterverkehr“. In: Eisenbahn-Revue 5 (2018).
- [4] KCW GmbH. Railmap 2030 – Bahnpolitische Weichenstellungen für die Verkehrswende. Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende. 2019. URL: <https://www.agora-verkehrswende.de/nc/veranstaltungen/railmap-2030-bahnpolitischeweichenstellungen-fuer-die-verkehrswende/>.
- [5] Railwatch. 2019. URL: <http://railwatch.de/de/railwatch.html>.
- [6] RWTH Aachen, Institut für Regelungstechnik. FlexCargoRail Definitionsphase: Berichtsband zum Verbundprojekt FlexCargoRail. 2009. URL: <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%5C%3A615841643/>.
- [7] Bernd Schmidt, Raphael Pfaff und Manfred Enning. „Innovationen im Betrieb: Vollautomatische Briefkasten-Anschlussbedienung - Gleisanschlussverkehr 4.0“. In: 1. BME-VDV-Gleisanschlusskonferenz (2018). URL: [www.vdv-akademie.de/downloads-archiv-tagungen-und-seminare/bme-vdv-gleisanschlusskonferenz2018/](http://www.vdv-akademie.de/downloads-archiv-tagungen-und-seminare/bme-vdv-gleisanschlusskonferenz2018/).
- [8] Schnittstellen aktiver, kooperierender Güterwagen - Stromversorgung. VDI. URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-5905-blatt-1-schnittstellen-aktiver-kooperierender-gueterwagen-stromversorgung>.
- [9] Verkehr in Zahlen 2018/19 - Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträgern. Umweltbundesamt. 2019. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split>.
- [10] VTG Connect. 2019. URL: <https://www.vtg.de/waggonvermietung/services/vtg-connect/>.

## **Autoren**



### **Daniela Wilbring, B.Eng.**

Studium der Schienenfahrzeugtechnik an der FH Aachen. Seit September 2018 wissenschaftliche Mitarbeiterin im Lehrgebiet Bahnsystemtechnik. Koordination und wissenschaftliche Bearbeitung im BMBF-Verbundprojekt „Neue Elektronik- und Kommunikationssysteme für den intelligenten vernetzten Güterwagen – Güterwagen 4.0“.



### **Professor Dr.-Ing. Manfred Enning**

FH Aachen, Lehrgebiet Bahnsystemtechnik im Fachbereich Maschinenbau und Mechatronik. Mitglied im Fachbeirat Bahntechnik des VDI. Aktueller Forschungsschwerpunkt: Aktive kommunikative Güterwagen.



### **Professor Dr. Raphael Pfaff**

FH Aachen, Lehrgebiet Schienenfahrzeugtechnik im Fachbereich Maschinenbau und Mechatronik. Aktueller Forschungsschwerpunkt: Digitalisierung der Eisenbahn.



### **Professor Dr.-Ing. Bernd D. Schmidt**

FH Aachen, Lehrgebiet Elektrische Eisenbahntriebe im Fachbereich Maschinenbau und Mechatronik. Aktuelle Forschungsschwerpunkte: Energieeffizienz und Verschleißminderung von Bahnantrieben sowie effizienter Betrieb auf der Letzten Meile.