

Der Digitale Güterzug – ein Wachstumselement

The Digital Freight Train – a pathway to growth

Martin Link

Um die Dekarbonisierungsvorgaben für Verkehrsmittel in Europa zu erfüllen, muss die Bahn ihr Frachtvolumen erhöhen. In diesem Beitrag werden einige Schlüsseltechnologien untersucht, die dieses Wachstum ermöglichen werden, und die Rolle von Siemens als führender Anbieter von Lösungen für den „Digitalen Güterzug“.

1 Das Dekarbonisierungsdilemma

Die Logistikbranche steht vor enormen Herausforderungen, um ihre CO₂-Emissionen in Europa zu reduzieren. So besteht besonders beim Schwerlastverkehr auf der Straße ein Dilemma bezüglich des aktuellen technischen Standes der Batterietechnologie, die als einzige bewährte Methode zur Erzielung von null Emissionen im Transportwesen gilt. Entweder können große Entfernungen zwischen den Batterie-Ladevorgängen zurückgelegt werden, wobei die Last durch Gewichts- und Längenbeschränkungen begrenzt ist, oder es können schwerere Lasten befördert werden, wobei die Batterien häufiger nachgeladen werden müssen. Es sind keine bewährten und kommerziell verfügbaren Technologien für den Einsatz im großen Stil verfügbar, mit deren Hilfe diese Probleme mit null Emissionen vermieden werden können. In jedem Fall wird es Jahrzehnte dauern, die bestehende Flotte von Diesel-Lkw durch umweltfreundlichere Alternativen zu ersetzen. Da jedoch ein Großteil des europäischen Schienennetzes elektrifiziert ist, ist die Bahn in Umweltfragen bereits in einer starken Position. Durch eine Steigerung des Güterverkehrsanteils lässt sich dieses Dekarbonisierungsdilemma für Frachtunternehmen entschärfen. Auch auf nicht elektrifizierten Strecken ist die Bahn immer noch das wesentlich umweltfreundlichere Transportmittel: Ein von Dieselloks gezogener Güterzug produziert nur etwa 25 % der CO₂-Emissionen eines entsprechenden Transportes auf der Straße [1].

Der „Green Deal“ der Europäischen Kommission soll Europa bis 2050 zum ersten CO₂-neutralen Kontinent machen [2]. Um dieses Ziel zu erreichen, hat sich die Rail Freight Forward Initiative (die 90 % des europäischen Bahngüterverkehrsmarktes repräsentiert) ehrgeizige Vorgaben gesetzt, um den Marktanteil der Bahn im Güterverkehr in der EU bis 2030 von derzeit 18 % auf 30 % zu erhöhen. Hierzu muss der Güterverkehrssektor der Bahn schnell modernisiert werden, um effizienter und schneller zu werden. Wenn dies gelingt, könnten die CO₂-Emissionen im Transportwesen bis 2030 um mehr als 290 Mio. t gesenkt werden [3, 4].

Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung des Digitalen Güterzuges zu sehen, der eine Reihe von Technologien kombinieren soll, um den Transport auf der Schiene für Frachtunternehmen und Frachtkunden ebenso reibungslos wie den Transport auf der Straße zu gestalten und die Nutzung von Lokomotiven, Waggons und Netzen zu optimieren.

Bei mehr als 670 000 Güterwaggons im europäischen Schienennetz im Jahre 2021 [5], mehreren hundert involvierten Unternehmen und mehreren tausend Be- und Entladeterminals wird das

In order to meet Europe's transport decarbonisation targets, rail must increase the volumes of freight it carries. This article examines some of the key technologies that will enable this growth and the way that Siemens is leading the efforts to create the “Digital Freight Train”.

1 The decarbonisation dilemma

The logistics sector is facing very significant challenges in reducing its carbon emissions in Europe. Heavy road freight in particular is facing a dilemma involving the current state of battery technology, which is the only proven way of providing zero emissions at source transport. It can either travel long distances between charging batteries while carrying limited loads due to the weight and length restrictions or it can carry heavier loads that require more frequent recharging stops. There are no proven and commercially available technologies ready for large scale deployment that avoid these problems pertaining to zero emissions. In any case, it will take decades to replace the existing diesel-powered road truck fleet with more environmentally friendly alternatives.

However, rail is already in a strong environmental position, because much of Europe's rail network is electrified. This decarbonisation dilemma can be reduced for shippers by increasing rail freight. Even in areas where the routes have not been electrified, rail is still far more environmentally friendly with a diesel-hauled freight train typically emitting around 25 % of the CO₂ compared with the same load being taken by road [1]. The European Commission has proposed the Green Deal with the objective of transforming Europe into the first carbon-neutral continent by 2050 [2]. The Rail Freight Forward initiative (which represents 90 % of the European rail freight market) has set ambitious targets aimed at increasing rail's market share of the freight market to 30 % from its current level of 18 % across the EU by 2030 in order to help meet this goal. If this target is to be met, the rail freight sector must rapidly modernise to operate more efficiently and faster. If it succeeds, the result could be a reduction in the carbon dioxide emissions from transport of more than 290 m tonnes by 2030 [3, 4].

This is the reason for the Digital Freight Train, which seeks to combine a range of technologies with the aim of making rail transportation as seamless for shippers and freight customers as road haulage and maximising the utilisation of locomotives, wagons and the network capacity.

With more than 670,000 freight wagons on Europe's rail network in 2021 [5], hundreds of involved companies and thousands of loading and unloading terminals, the scale of this challenge is clear. Equally important is the need to ensure the interoperability of the equipment between different railway networks – whose operating procedures can vary considerably – and from different suppliers. In this, the ongoing roll-out of the European Rail Traffic Management System (ERTMS)

Ausmaß dieser Herausforderung deutlich. Ebenso wichtig ist es, die Interoperabilität der Ausrüstung in verschiedenen Bahnnetzen – deren Betriebsverfahren sehr unterschiedlich sein können – und verschiedener Lieferanten sicherzustellen. Hierbei beweist die laufende Einführung des europäischen Eisenbahnverkehrsleitsystems (ERTMS) und des zugehörigen europäischen Zugsicherungssystems (ETCS), dass die technischen, organisatorischen und betrieblichen Herausforderungen gemeistert werden können. Siemens spielt eine aktive Rolle bei der Entwicklung des Digitalen Güterzugs. Drei der wichtigsten Elemente – automatisierte Bremsprobe, Digitales Automatisches Kuppeln (DAK) und moderne Telematik – werden nachfolgend erörtert.

2 Automatisierte Bremsprobe

Es ist eine Anforderung bei allen Bahnen, dass die Funktionsfähigkeit der Bremssysteme an allen Fahrzeugen – ob Personen- oder Güterzüge – geprüft und nachgewiesen werden muss, bevor ein Zug in Bewegung gesetzt werden darf. Für Güterverkehrsunternehmen kann dies beträchtliche Verzögerungen mit sich bringen, da die Bremssysteme an jedem Wagen, der an einen Zug angekuppelt wird, überprüft werden müssen. Auch wenn eine Lokomotive an- oder abgekuppelt wird, beispielsweise bei einem Wechsel von einer Diesel- zu einer E-Lok, muss das gleiche Verfahren angewendet werden. Dies stellt eine der Grundlagen für einen sicheren Bahnbetrieb dar.

Für die längsten Güterzüge in Europa kann dieser Vorgang länger als eine Stunde dauern und damit wesentlich länger als die entsprechenden Prüfungen, die beim Transport per Lkw vor Fahrtbeginn durchgeführt werden müssen. Es handelt sich außerdem um ein manuelles Verfahren, das gut geschultes und qualifiziertes Personal erfordert. Obwohl bei vielen Personenzügen dieser Vorgang automatisiert und der Bremsenzustand innerhalb weni-

and its associated European Train Control System (ETCS) has demonstrated that the technological, organisational and operating challenges can be overcome.

Siemens is actively driving the development of the Digital Freight Train. Three of the most important elements – Automated Brake Testing, Digital Automatic Coupling (DAC) and advanced telematics – will be discussed in the following sections.

2 Automated Brake Testing

All railways require the braking systems on all vehicles – no matter whether passenger or freight – to be tested and confirmed as being operational before a train can be moved. This can pose considerable delays for freight operators as the braking systems must be checked whenever a wagon is attached or detached from a train. Likewise, the same process must also take place whenever a locomotive is attached or detached – perhaps changing from a diesel locomotive to an electric one. This is one of the foundations of safe railway operations.

This process can take more than an hour on the longest freight trains in Europe, which is far longer than the equivalent tests that road freight vehicles must undergo before moving. It is also a manual process requiring a highly trained and skilled workforce. Even though many passenger trains have been able to automate this process and check their braking status within a few minutes, it has always proved impossible to achieve this for freight, because the locomotive has no way of establishing the condition of the braking systems on all the wagons within the train.

Low-cost and compact monitoring packages have the potential to change this situation radically. Monitoring the exact status of the braking systems, including factors such as whether the

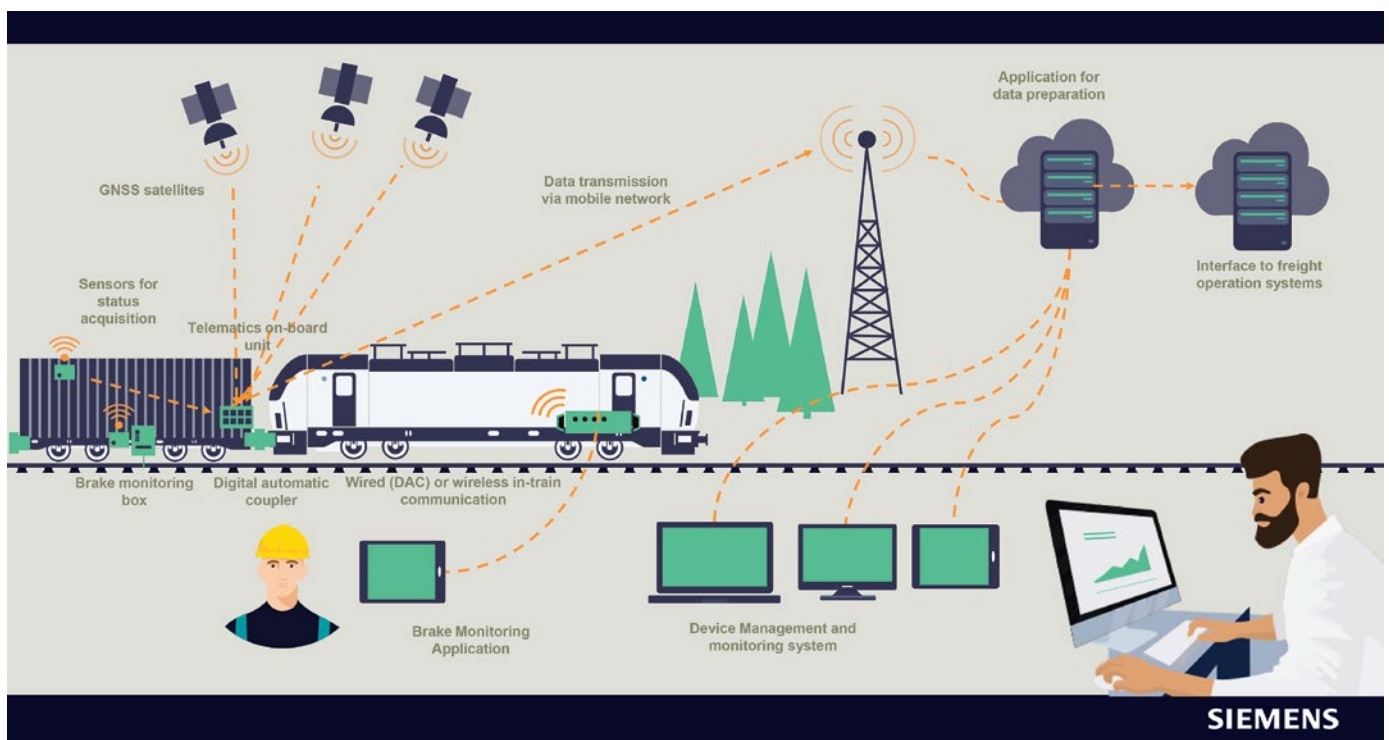


Bild 1: Übersichtsdarstellung des Digitalen Güterzuges mit automatisierter Bremsprobe, Digitaler Automatischer Kupplung und Telematik

Fig. 1: An overview of the Digital Freight Train with Automated Brake Testing, a Digital Automatic Coupling and Telematics

Quelle / Source: Siemens Mobility

ger Minuten überprüft werden kann, hat sich dies bei Güterzügen stets als unmöglich erwiesen, da eine Lokomotive keine Möglichkeit hat, den Zustand der Bremsanlagen aller Waggons eines Zuges zu ermitteln.

Kostengünstige, kompakte Überwachungspakete bieten jetzt das Potenzial, diese Situation radikal zu verändern. Durch die Überwachung des genauen Zustandes der Bremsanlagen einschließlich Faktoren, wie z. B. angezogene oder gelöste Feststellbremse, Luftdruck in der Bremsleitung usw., kann eine Meldung per Funk oder über die physische Verbindung in einer DAK direkt an den Führerstand einer Lokomotive oder an die Handheld-Computer des Bodenpersonals erfolgen. Hierdurch wird der Zeitaufwand pro Bremsprobe erheblich verringert.

Auf diesem Gebiet ist Siemens aktiv und in beträchtlichem Umfang tätig, kürzlich in Zusammenarbeit mit dem Waggon-Leasingunternehmen VTG Rail Europe zur Erprobung eines Bremsenüberwachungssystems. Dieses System liefert dem Personal Zustandsdaten, die auf beiden Seiten eines Waggons sichtbar sind, komplette automatische Zustandsberichte für Waggons und Updates von Waggon-Einstellungen auf einer Anzeige im Führerstand einer Lokomotive oder bei der zuständigen Stelle. Es trägt zur Verbesserung der Sicherheit bei, indem es dem Bremsprobenberechtigten vor der Abfahrt detaillierte visuelle Darstellungen zu fehlerhaften Einstellungen, angezogenen Handbremsen oder anderen Problemen mit Komponenten liefert.

Die umfassende Einführung automatisierter Bremsproben ist mittlerweile eine realistische Möglichkeit mit sofort realisierbaren enormen Zeiteinsparungen, verkürzten Durchlaufzeiten und verbesserter Effizienz.

3 Digitale automatische Kupplung

Neben den Bremsproben ist es eine der zeitaufwendigsten Aufgaben für Güterverkehrsunternehmen, Züge zusammenzustellen und einzelne Waggons in Terminals und Rangierbahnhöfen zu kuppeln. Zum Ankuppeln von Waggons wird eine Person benötigt, die eine Schraubenkupplung aushängt, ausklappt, das Ende auf dem Haken platziert, die Kupplung festzieht und dann die Druckluftbremsleitungen zwischen den Fahrzeugen miteinander verbindet. Bei Zügen mit 750 m Länge oder mehr kann die Zugzusammenstellung mehrere Stunden dauern. Auch wenn nur wenige Waggons an- oder abgekuppelt werden sollen, benötigt dieser manuelle Vorgang immer noch sehr viel Zeit. Außerdem besteht ein erhebliches Sicherheitsrisiko für das Personal, das die Waggons aneinander oder an eine Lokomotive ankuppeln muss, da auch die kleinste Bewegung eines Fahrzeugs fatale Folgen haben kann.

Moderne Personenzüge können schon seit vielen Jahren automatisch an kompatible Fahrzeuge ankuppeln. Der Kupplungskopf verbindet nicht nur mechanisch: Er enthält oft auch Brems- und Stromversorgungsanschlüsse, sodass manuelle Eingriffe praktisch nicht mehr erforderlich sind.

Der Aspekt der DAK beim digitalen Güterzug soll ähnliche Vorteile für Frachtunternehmen realisieren. Im Gegensatz zum Personenzugsektor, in dem keine allgemeingültige Forderung nach Kompatibilität zwischen verschiedenen Zugtypen besteht, ist diese Interoperabilität im Güterverkehr jedoch entscheidend.

Die Problematik wird durch die zahlreichen verschiedenen Ausführungen und Altersklassen der in Betrieb befindlichen Lokomotiven und Waggons und durch die verschiedenen Betriebsverfahren in den Ländern der Europäischen Union verschärft. Die DAK muss europaweit problemlos einsetzbar sein und sich kosten-

parking brakes are on or off, the air brake pipe pressure and more, can enable the information to be communicated to the locomotive's cab by radio or directly using the physical connection in the DAC or to a ground crew using handheld computers. This will reduce the required time per brake test significantly.

Siemens has been actively involved in this area of work and it recently cooperated with the wagon leasing company VTG Rail Europe to test its Brake Monitoring System. This system provides staff with status data visible on each side of a wagon, automated reporting of the complete wagon status and updates of the wagon settings on a display in the locomotive's cab or with the responsible entity. It helps improve security by providing a detailed visualisation of any incorrect settings, applied handbrakes or other problems with components for the wagon inspector before departure.

Widespread adoption of the Automated Brake Testing system is now a realistic possibility, with huge time saving benefits realised instantly, thereby shortening transit times and transforming efficiency.

3 Digital Automatic Coupling

In addition to the brake testing, one of the other most time-consuming tasks for rail freight operators involves assembling trains and removing wagons from them at terminals and shunting yards. Coupling wagons requires someone to unhook the screw coupling, extend it, place the end over the hook, tighten it and then connect the air brake pipes between the vehicles. With train lengths running up to 750 metres or more, assembling a train can take hours. Even in instances where a small number of wagons are attached to or detached from a train, this manual process still takes a very long time. There is also a significant safety risk for those who have to couple the wagons together or to the locomotive as even a small vehicle movement can have fatal consequences.

Modern passenger trains have been able to automatically couple to compatible vehicles for many years. The coupler head not only connects the passenger coaches, but often also incorporates the brake and power supply connections, thereby virtually eliminating the need for any manual intervention.

The DAC aspect of the Digital Freight Train aims to provide similar benefits for freight operators. However, unlike in the passenger sector where there is no all-encompassing requirement for compatibility between different train types, this interoperability is essential for freight.

The difficulty is compounded by the wide variety of locomotives and wagons of many different designs and ages in service, and different operating procedures in some European Union countries. The DAC must be able to work seamlessly across Europe and be easily and cost-effectively retrofitted to locomotive and wagon fleets. There are two planned stages: DAC4 (which enables automatic coupling, but manual uncoupling) and DAC5 (in which the coupling and uncoupling are fully automated). The intention is to create a pathway for the operators to move from the earlier stage to the latter.

One of the most important benefits of the DAC system is that it incorporates power and communication connections, something which very few freight wagons currently benefit from. Given the ample electrical power available from most locomotives, this ability to provide a power supply opens up a wide range of benefits.

günstig in den Lokomotiven- und Waggonflotten nachrüsten lassen. Es gibt zwei geplante Stufen: DAC4 mit automatischem Ankuppeln, aber manuellem Abkuppeln, und DAC5 mit vollautomatischem An- und Abkuppeln. Für die Betreiber soll ein Weg für den Übergang von der früheren zur späteren Stufe vorgesehen werden.

Einer der größten Vorteile der DAK ist, dass sie Stromversorgungs- und Kommunikationsverbindungen umfasst, von denen bisher nur sehr wenige Güterwaggons profitieren. Da die meisten Lokomotiven reichlich elektrischen Strom zur Verfügung stellen können, eröffnet diese Möglichkeit der Stromversorgung eine Reihe von Vorteilen.

Der Stromanschluss kann auch eine große Verbesserung der Bremsleistung bewirken. Derzeit verwenden die meisten Züge eine durchgehende Druckluftleitung, die von der Lokomotive gespeist wird, um die Bremsanlagen der angekuppelten Waggons zu aktivieren. Bei sehr langen Zügen kann es bis zu 30 Sekunden dauern, bis ein Bremsengriff seine volle Wirkung entfaltet. Dies bedeutet, dass der Bremsvorgang auch unter Berücksichtigung der größeren Masse eines Güterzuges langsamer als bei den meisten Personenzügen erfolgt. Wenn jeder Waggon mit Strom versorgt wird, können elektrisch betätigte Bremsen verwendet werden, was eine nahezu sofortige Reaktion auf Bremsanforderungen des Fahrers und kürzere Anhaltewege bedeutet. Dies bietet einen offensichtlichen und sofortigen Sicherheitsvorteil, zusätzlich aber auch erhebliche Vorteile für das Schienennetz. Kürzere Bremswege bedeuten eine bessere Ausnutzung der Netzkapazität, besonders auf den mit ETCS ausgerüsteten Strecken. Im Gegensatz zur konventionellen (Farblicht-) Signaltechnik mit festgelegten Signalabständen zur Berücksichtigung der ungünstigsten Bremswege von Zügen auf der betreffenden Strecke gibt es bei den ETCS-Strecken mehr Abschnitte, in denen die Zugabstände

The power connection can also offer an important improvement in braking performance. Currently, most trains rely on a continuous compressed air pipe supplied from the locomotive to activate the braking systems in the trailing wagons. A brake application can take up to 30 seconds to take full effect on the longest trains, meaning that deceleration is far slower than in most passenger trains, even accounting for the greater mass of the freight train. A power supply to each wagon will mean that electrically actuated brakes can be used, thereby ensuring a near-instant response to the braking demands from the drivers and shortening stopping distances. This has an obvious and immediate safety benefit, but it also offers significant network benefits too. Shorter braking distances mean better use of the network capacity, particularly on routes fitted with the ETCS. Unlike conventional legacy (colour light) signalling systems which set the signal spacing to accommodate the worst braking distances of the trains using a route, ETCS routes have more sections with train separation based on a train's specific braking performance rather than that of the worst performing train on the route. Better braking performance means shorter headways between trains and thus more network capacity. A further possibility enabled by the DAC system involves the operation of multiple locomotives distributed through the train and controlled by the leading locomotive. This practice is used on heavy haul freight trains in other countries. If it can be readily applied in Europe, trains could be combined more easily and train lengths increased, thereby further increasing efficiency.

There is one final and very important benefit of the DAC system that will be discussed in the following section: the power supply means that extensive telematics and communication equipment can be installed and powered on the wagons.



Bild 2: Elemente eines automatisierten Bremsprobensystems: (links) Display für Zustandsdaten für einen Waggon und (rechts) Empfängerbox mit angeschlossenem Tablet und Applikation zur Durchführung automatisierter Bremsproben und zur Anzeige von Zustandsdaten für jeden Waggon eines Zuges

Fig. 2: The elements of an Automated Brake Testing system: (left) the display providing the status data on the wagon and (right) the receiver box with a connected tablet and application to perform the automated brake test and display the status data for each wagon in the train

Quelle / Source: Siemens Mobility

anhand der spezifischen Bremsleistung eines Zuges ermittelt und nicht mehr für den Zug mit der schlechtesten Bremsleistung auf der Strecke festgelegt werden. Eine bessere Bremsleistung bedeutet kürzere Zugfolgezeiten und damit mehr Netzkapazität.

Eine weitere Möglichkeit, die durch die DAK eröffnet wird, ist der Betrieb von mehreren Lokomotiven in einem Zug, die von der führenden Lokomotive gesteuert werden. Dieses Verfahren wird in anderen Ländern bei schweren Güterzügen eingesetzt. Wenn es problemlos in Europa angewendet werden kann, ließen sich Züge einfacher und mit größeren Längen zusammenstellen, was die Effizienz weiter erhöhen würde.

Ein letzter und sehr wichtiger Vorteil der DAK wird im nächsten Abschnitt behandelt. Die Stromversorgung ermöglicht die Installation und den Betrieb umfassender Telematik- und Kommunikationseinrichtungen in den Waggons.

Zweifellos ist die DAK ein entscheidender Faktor im Projekt zur Realisierung des Digitalen Güterzuges. Probeinstallationen sind bereits im Betrieb, und die betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteile – allein in Deutschland finden täglich etwa 70 000 An- und Abkuppelvorgänge statt [6] – sind so bedeutend, dass die DAK mit großer Sicherheit zu den wirksamsten Elementen des Digitalen Güterzuges zählt.

4 Telematik und Überwachung

Die rasante Miniaturisierung von Sensoren wird eine wichtige Rolle dabei spielen, den Schienengüterverkehr effizienter und transparenter zu machen. Low-Power-Sensoren können beispielsweise zur Überwachung von Standort, Fahreigenschaften, Radsatzlager-temperatur, Umgebungsbedingungen, Radverhalten und vielen anderen Faktoren an Waggons installiert werden. Die Vorteile der Verwendung moderner Telematik in Güterwaggons, ähnlich wie bei modernen Lokomotiven und Personenzügen, liegen auf der Hand. Durch Überwachung des Zustandes sicherheitskritischer Komponenten können Instandhaltungsmaßnahmen dann durchgeführt werden, wenn bestimmte Parameter überschritten werden. Dies reduziert die Wahrscheinlichkeit kostspieliger und störender Ausfälle im Betrieb und ermöglicht es den Eigentümern der Waggons, von der bisher zeitabhängigen auf eine rein zustandsbasierte Instandhaltung umzusteigen.

Mittlerweile ermöglichen Ortungsdaten von GPS-Satelliten den Frachtunternehmen und Kunden bereits, den Standort ihrer Fracht mit hoher Genauigkeit zu verfolgen. Durch die zusätzliche Verwendung von Beschleunigungssensoren können unruhige Fahrbedingungen, die im Extremfall zur Beschädigung der Fracht führen können, sofort erkannt werden. Treten höhere als die erwarteten Beschleunigungskräfte am gesamten Zug auf, kann dies auf ein Problem mit der Infrastruktur hindeuten; ist dagegen nur ein einzelner Waggon betroffen, kann ein Defekt am Fahrzeug oder ein Beladungsfehler vorliegen.

Seit den ersten Installationen von Überwachungssensoren hat sich die Kommunikationstechnologie erheblich weiterentwickelt. Früher mussten Techniker die Daten auf einen Laptop herunterladen, wo sie durch Software analysiert wurden und gegebenenfalls Betreiber gewarnt werden konnten. Heute lassen sich Sensoren in ein fahrzeugbezogenes Netzwerk einbinden und ihre Daten direkt an alle Stellen senden, wo sie benötigt werden.

Derzeit gibt es zwei Vorschläge für die bestmögliche Verwendung moderner Telematik. Einer ist, wie oben erwähnt, der Einsatz in den einzelnen Fahrzeugen, um deren Daten drahtlos an einen Zugbetreiber oder Waggoneigentümer zu übermitteln. Der zweite Ansatz besteht darin, dass alle Fahrzeuge über eine physi-

The DAC is undoubtedly a key enabler of the Digital Freight Train project. Trial installations are already in service, and the operating and commercial benefits (there are around 70,000 coupling and uncoupling operations per day in Germany alone [6]) are such that it is almost certain to be amongst the most impactful elements of the Digital Freight Train.

4 Telematics and monitoring

The rapid miniaturisation of sensor devices will play an important role in making rail freight operations more efficient and transparent. Low-power sensors can be installed on wagons to monitor aspects such as their location, ride quality, axle box temperatures, ambient conditions, wheel performance and many other factors. The benefits of using advanced telematics on freight wagons similar to those used on modern locomotives and passenger rolling stock are clear. By monitoring the condition of the safety-critical components, maintenance can be performed whenever specific parameters are exceeded, thereby reducing the possibility of a costly and disruptive failure in service and enabling wagon owners to move from current period-based maintenance to one based purely on the state of the given wagon.

Meanwhile, the positioning data from GPS satellites will allow shippers and customers to track the location of their cargoes with very high precision. The addition of G-force sensors means that any rough riding (which can damage loads in extreme cases) can be instantly assessed. Higher than expected G-forces along the whole train might suggest an infrastructure issue, while a similar situation where only a single wagon is affected could point to a vehicle defect or incorrect loading.

Communications technology has evolved considerably since the first installation of monitoring sensors. Then, technicians had to download data onto a laptop where software would analyse it and alert the operators. Today, the sensors can connect to a vehicle-centric network and communicate their data directly to anyone who needs it.

At present, there are two suggested ways of using advanced telematics to the best effect. One is, as suggested above, for individual vehicles to communicate their data wirelessly to a train operator or wagon owner. The second is for all the vehicles to communicate via a physical link to a train's locomotive which then acts as the network gateway. This could be achieved by sending the data via the DAC's data communication line.

Whichever method is adopted, the benefits for operators, vehicle owners and customers will be significant. From a customer's point of view, cargo tracking and status alerts will make rail a much more user-friendly system. For wagon owners, no matter whether railway companies or separate organisations, the most vital benefit will be for maintenance, where real-time condition monitoring will provide a complete picture of the status of any safety-critical components. This will help minimise any time out of service, potentially reduce the fleet requirements if more vehicles are in service compared to today and ultimately transform the efficiency of operations. Making currently "dumb" wagons "smart" will also provide clear benefits for operators and infrastructure managers. A more reliable and available wagon fleet will mean that operating costs will be lower, while disruptions caused by failures will also be significantly reduced. The ability to monitor axle box temperatures could result in a noteworthy reduction in hot axle boxes, which are currently only detected by wayside equipment that

sche Verbindung mit der Lokomotive kommunizieren, die dabei als Netzwerk-Gateway fungiert. Dies könnte dadurch erreicht werden, dass die Daten über die Datenkommunikationsleitung der DAK übertragen werden.

Unabhängig davon, welche Methode zum Einsatz kommt, werden die Vorteile für Betreiber, Fahrzeugeigentümer und Kunden erheblich sein. Aus Sicht des Kunden wird die Schiene dank Fracht-Tracking und Zustandswarmmeldungen zu einem wesentlich benutzerfreundlicheren System. Für Waggonerigentümer – egal ob Eisenbahnverkehrsunternehmen oder eigenständige Firmen – wird der wichtigste Vorteil für die Instandhaltung erzielt, indem die Zustandsüberwachung in Echtzeit ein komplettes Bild des Zustandes sicherheitskritischer Komponenten liefert. Dies wird dazu beitragen, die Stillstandszeiten zu minimieren, möglicherweise die Flottenanforderungen reduzieren, wenn mehr Fahrzeuge als heute in Betrieb sind, und letztendlich die betriebliche Effizienz optimieren. Es bietet auch klare Vorteile für Betreiber und Infrastruktur-Manager, gegenwärtige „dumme“ Waggonen in „intelligente“ Waggonen zu verwandeln. Mit einer zuverlässigeren und verfügbareren Waggonflotte sinken die Betriebskosten, und Störungen durch Ausfälle werden wesentlich seltener auftreten. Die Möglichkeit zur Überwachung der Radsatzlagerntemperatur könnte zu einer nennenswerten Reduzierung von Heißläufern führen, die derzeit nur durch streckenseitige Einrichtungen erkannt werden, die in den Bahnnetzen zu weit gestreut sind. Da Heißläufer zu schweren Schäden am Gleis und manchmal sogar zu Entgleisungen führen können, ist die geringere Ausfallwahrscheinlichkeit dank der Überwachung am Fahrzeug eine potenziell sehr wichtige Entwicklung.

5 Integration

Allen diesen transformativen Technologien ist gemeinsam, dass die durch sie genutzten und erzeugten Daten übertragen, analysiert und verteilt werden müssen und hierzu wahrscheinlich sehr komplexe Programme und Prozesse erforderlich sind. Siemens spielt seit vielen Jahren eine führende Rolle in der Entwicklung von Software zur Überwachung von Sensordaten, zur Nachverfol-

is spread too thinly across the rail networks. Given that a hot axle box can cause extensive damage to the track and sometimes even derailments, the lower probability of a failure due to onboard monitoring is a potentially very significant development.

5 Integration

All of these transformative technologies have in common the fact that the data they rely on and produce must be transmitted, analysed and disseminated and the software and processes that will facilitate this are likely to be very complicated. Siemens has been at the forefront of developing software that can monitor sensor data, track changes, analyse trends and alert users for many years and it has invested significantly in highly secure and capable systems. It is likely that an open and secure approach to data will be needed given the significant number of organisations, stakeholders and customers involved in the rail freight sector. The same applies to a high degree of standardisation so that the sensors and software all “speak each other’s language”. There may also be regulatory considerations that apply to the acquisition and use of certain data.

However, as ERTMS deployment has proven, these challenges can be overcome with strong co-operation between industry, railways and governments. The scale of the physical installations on the wagons is certainly an important consideration. Equally, once the technologies discussed above have been certified, it is easy to envisage that they will simply be replaced with new “digital” equivalents as wagon fleets’ service lives expire. Older fleets with many years of life in them will almost certainly be retrofitted where viable.

6 Conclusion

Extensive work is taking place to develop a range of cross-industry standards to enable the full interoperability of digital freight trains, including compatibility between the equipment and back ends produced by different suppliers. This is likely to

Ihre Innovationen für die **digitale Schiene** sind **jetzt** gefragt! Präsentieren Sie Ihr Unternehmen zielgerichtet in **SIGNAL+DRAHT**. Das international führende Fachmedium für die Leit-, Sicherungs- und Informationstechnologie.

DSTW
DIGITALISIERUNG
MOBILITÄT

ZUKUNFTSTECHNOLOGIE
AUTOMATISIERUNG

iLBS

ERTMS

KÜNSTLICHE INTELLEKTUELLE



gung von Änderungen, zur Analyse von Trends und zur Übermittlung von Warnungen an Benutzer und hat erhebliche Investitionen in die Realisierung hochgradig sicherer und leistungsfähiger Systeme getätigt. Angesichts der Vielzahl der im Schienengüterverkehrssektor tätigen Unternehmen, Stakeholder und Kunden ist es wahrscheinlich, dass ein offenes und sicheres Datenkonzept verbunden mit einem hohen Maß an Standardisierung erforderlich sein wird, damit alle Sensoren und Programme „dieselbe Sprache sprechen“. Für die Erfassung und Nutzung bestimmter Daten können auch regulatorische Überlegungen zur Anwendung kommen.

Wie die ERTMS-Entwicklung zeigt, können diese Herausforderungen durch eine gute Zusammenarbeit zwischen Industrie, Bahnen und Regierungen gemeistert werden. Der Umfang der physischen Installationen in Waggons ist sicherlich ein wichtiger Gesichtspunkt. Sobald die vorstehend behandelten Technologien zertifiziert sind, ist es auch absehbar, dass aus Altersgründen ausgemusterte Waggonflotten einfach durch neue „digitale“ Äquivalente ersetzt werden. Ältere Flotten, die für lange Betriebszeiten ausgelegt sind, werden mit hoher Wahrscheinlichkeit nachgerüstet, wo dies wirtschaftlich sinnvoll ist.

6 Schlussbemerkung

Es wird an der Entwicklung branchenübergreifender Standards gearbeitet, um die vollständige Interoperabilität von Digitalen Güterzügen zu ermöglichen, einschließlich der Kompatibilität zwischen Ausrüstung und Backend-Einrichtungen von verschiedenen Lieferanten. Dies wird wahrscheinlich länger dauern als die Entwicklung der Hardware und Software zur Optimierung der Vorteile der automatischen Bremsproben, der DAK und der Telematik-Ausrüstung für Betreiber, Fahrzeugeigentümer und Kunden. Jedoch sind nicht nur die betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteile für die Bahnindustrie überzeugend, sondern sie werden auch entscheidend dafür sein, dass der Schienengüterverkehr sein gesetztes Ziel von 30 % Marktanteil erreicht. Siemens spielt eine aktive und zentrale Rolle, um diese Grundlagentechnologien vom Prototypenstadium bis zur Einsatzreife zu führen.

Der vollständige europaweite Einsatz des Digitalen Güterzuges wird viele Jahre dauern, aber greifbare wirtschaftliche und betriebliche Vorteile werden schon vorher realisiert. Wir können von einem frühzeitigen Einsatz in profitablen Abläufen ausgehen, bei denen die größten Zeitersparnisse erzielt werden können. Züge im grenzüberschreitenden Verkehr, bei denen Lokomotiven gewechselt und Waggons an- und abgekuppelt werden, eignen sich wohl am besten für die Umstellung auf den digitalen Betrieb. Ebenso können intermodale Transportleistungen, die in punkto Geschwindigkeit mit dem Transport auf der Straße mithalten müssen, enorm von automatischen Bremsproben und der DAK profitieren.

Es ist noch viel zu tun, bis diese Technologien vollständig ausge-reift sind, aber in den vergangenen Jahren wurden enorme Fortschritte erzielt, und wir können jetzt zuversichtlich davon ausgehen, dass diese Lösungen effektiv und im großen Maßstab funktionieren werden. Wir können auch mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass der Schienengüterverkehr bis 2030 hierdurch wesentlich schneller und effizienter als heute sein wird. Für dieses Ergebnis lohnen sich auch die größten Anstrengungen. ■

take longer than the development of the physical technology and software needed to maximise the benefits of Automated Brake Testing, DAC and the telematics equipment to operators, vehicle owners and customers. However, not only are the operating and economic benefits compelling for the rail industry, but they will also be essential for rail freight to meet the 30 % target it has been set. Siemens is playing an active and vital role in taking these enabling technologies from the prototype stage to in-service deployment.

The comprehensive deployment of the Digital Freight Train across Europe will take many years, but it will not take nearly as long for the tangible economic and operational benefits to be realised. We can expect early deployment on profitable flows where the greatest time savings are to be made: trains crossing multiple borders with locomotive changes and wagons being attached or detached would appear to be prime candidates for conversion to digital operations. Equally, intermodal services where speed is important to compete with road transport could benefit massively from Automated Brake Testing and DAC.

While there is still much work to do in order to bring these technologies to full maturity, huge progress has been made in recent years and we can now be confident that they will work effectively and at scale. We can also now be highly confident that rail freight operations will be significantly faster and more efficient in 2030 than they are today as a result. This is a result worth pushing for strongly. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] „Rail Freight Group,“ [Online]. Available: <https://rfg.org.uk/rail-freight/>. [Zugriff am 06 07 2023, 13:16 Uhr]
- [2] „Grüner Deal: Schlüssel zu einer klimaneutralen und nachhaltigen EU,“ Europäisches Parlament, [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20200618STO81513/gruner-deal-schlüssel-zu-einer-klimaneutralen-und-nachhaltigen-eu>. [Zugriff am 03 07 2023, 13:19 Uhr]
- [3] „Rail Freight Forward Webpage,“ [Online]. Available: <https://www.railfreightforward.eu/>. [Zugriff am 03 07 2023, 12:03 Uhr]
- [4] „Rail Freight Forward Whitepaper,“ Rail Freight Forward initiative, 2019
- [5] „Eurostat,“ [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database>. [Zugriff am 03 07 2023, 12:05 Uhr]
- [6] Zasiadko, M., „Intermodal News,“ 25 01 2022. [Online]. Available: <https://intermodalnews.eu/2022/01/25/four-benefits-of-digital-automated-coupling-for-european-railways/>. [Zugriff am 06 07 2023, 13:24 Uhr]

AUTOR | AUTHOR

Dr. Martin Link

Portfolio Manager Digitaler Güterzug / *Digital Freight Train*
Siemens Mobility GmbH

Anschrift / Address: Ackerstraße 22, D-38126 Braunschweig

E-Mail: martin.link@siemens.com