

P R I V A T B A H N

MAGAZIN

| TECHNIK | LOGISTIK | UNTERNEHMEN | VERKEHRSPOLITIK |



Abb. 1: Die einzige automatische Funktion ist derzeit selbst bei modernen Güterwagen die Druckluftbremse.

Güterwagen 4.0

Mehr als nur technischer Fortschritt

Lokomotiven sind dank modernster Konzepte der Antriebstechnik heute energiesparend und umweltfreundlich. Eine Ausrüstung mit Telematik und Assistenzfunktionen ist Standard. Auf der Strecke zeigt sich moderne Technik in Form elektronischer Stellwerke und Zugsicherungssysteme und in Rangier- und Abstellanlagen als EOW-Technik. Am Güterwagen hingegen ist der technische Fortschritt komplett vorbeigegangen. Auch beim modernsten Wagen (Abb. 1) ist die einzige „Automatik“-Funktion die zentral über die Hauptluftleitung (HL) versorgte und betätigte Luftbremse.

Oberflächlich betrachtet scheint dies kein großer Nachteil zu sein, weil ein einmal gebildeter Zug im Prinzip keine Bedienung erfordert. Nur

bei Veränderungen der Zugzusammenstellung muss am und mit dem Wagen gearbeitet werden. Damit ist die technologische Rückständigkeit

vor allem ein Problem des Einzelwagenverkehrs (EWW) und damit eins der früheren Staatsbahnen. Einfacher und lukrativer ist das Geschäft mit Ganzzügen (GZV) und Zügen des Kombinierten Verkehrs (KV); in diesen Geschäftsfeldern spielen die Privaten ihre Stärken aus. Also: Wozu über den technologischen Rückstand der Güterwagen aufregen, wenn es die Hauptgeschäftsfelder nicht betrifft? Nun, so einfach ist die Welt nicht und jeder Beteiligte weiß, dass auch im

FOTO: UR, GRAFIKEN: PROF. DR.-ING. ENNING, PROF. DR. PEAF

GZV und KV rangiert wird. Außerdem haben Privatbahnen vielfach die Bedienung von Gleisanschlüssen an privater und bundeseigener Infrastruktur übernommen. Somit ist man zumindest auf der „Letzten Meile“ Bestandteil des EWW-Systems. Bei einer grundlegenden Betrachtung kommt man ohnehin zu dem Ergebnis, dass ein gesunder GZV ebenso wie der KV von einem leistungsfähigen Einzelwagenverkehr abhängt und ein Verzicht auf den EWW zu einer Abwärtsspirale des Schienengüterverkehrs insgesamt führen würde.

Ein weiterer Aspekt ist die Verfügbarkeit von Arbeitskräften. Längst nicht mehr nur hinter vorgehaltener Hand hört man, dass das Wachstum des Schienengüterverkehrs auch durch die Personalverfügbarkeit eingeschränkt wird. Ein Grund ist, dass gerade bei privaten Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) der Triebfahrzeugführer (Tf) viele Rangieraufgaben miterledigen muss. Der Führerstand einer modernen Lokomotive mag ein „cooler“ Arbeitsplatz sein. Bei Regen und Dunkelheit Bremsproben durchführen und sich beim Kuppeln die Finger schmutzig machen, das ist nur für wenige eine attraktive Abwechslung.

Konzept des Güterwagens 4.0

Es gibt daher viele gute Gründe, sich umfassend Gedanken über eine Ausstattung der Wagen mit moderner Automatisierungs- und Kommunikationstechnik zu machen. Dabei kann und sollte man sich die Entwicklungen zunutze machen, die derzeit die vierte industrielle Revolution einleiten, nämlich:

- „Ubiquitous Computing“: Allgegenwärtige Verfügbarkeit von Rechenleistung und Kommunikation.
- „Connectivity“: Fähigkeit von Smart Devices, im Sinne des „Internets der Dinge“ spontan Netzwerke zu bilden.
- „Mass Customization“: Individualisierung bis zur „Losgröße 1“.

Überträgt man diese abstrakten Konzepte, so lassen sich sechs Eigenschaften ableiten, die ein „Güterwa-

gen 4.0“ in Zukunft haben muss.

Der Güterwagen

- hat eine Stromversorgung,
- ist „aktiv“ (durch Aktorik automatisierbar),
- ist „auto-mobil“ (kann sich im beschränkten Umfang autark bewegen),
- hat eine „Digitale Identität“ (kennt sich und seine Ladung),
- ist „kommunikativ“ („spricht“ mit anderen Wagen und Prozessen)
- und hat einen „Digitalen Zwilling“ (in der Daten-Cloud).

Bevor der Praktiker an dieser Stelle mit Lesen aufhört, muss hier ganz klar eine siebte und vielleicht wichtigste Eigenschaft gefordert werden:

- Der Güterwagen ist hundertprozentig kompatibel mit „normalen“ Fahrzeugen und wird im Wesentlichen auch genauso bedienbar sein. Dies beinhaltet derzeit auch die konventionelle Schraubenkupplung. Außerdem schließt dies eine Stromversorgung durch eine „Zugsammelschiene“ ebenso aus wie eine zusätzlich zu kuppelnde Datenleitung.

Viele der Eigenschaften gibt es in Telematiksystemen, wie man sie an Güterwagen zunehmend vorfindet. Diese sammeln Daten über Wagen- oder Ladungszustand und übersenden sie an eine Zentrale oder die Cloud. Dazu haben sie eine autarke Stromversorgung. Gemeinsames Merkmal der verschiedenen Systeme ist, dass sie

mit Strom extrem sparsam umgehen müssen. „Güterwagen 4.0“ (Abb. 2) erweitert die Telematik im Wesentlichen um zwei Fähigkeiten, nämlich

- die Fähigkeit, ein Zugnetzwerk zu bilden, in dem dank leistungsstärkerer Energieversorgung permanent kommuniziert werden kann, und
- die Fähigkeit, aktiv auf Zustände des Wagens einzuwirken.

Die neuen Schnittstellen betreffen Felder, in denen heute „grüne Wiese“ ist. Es gibt noch keine weitverbreiteten Lösungen zur Energieversorgung von Güterwagen. Genauso wenig gibt es Lösungen zur Funkkommunikation zwischen Wagen. Die „Digitale Transformation“ zum Güterwagen 4.0 wird daher Investitionen in Telematiksysteme nicht entwerten. Vorhandene Telematiksysteme werden durch Zusätze in Software und Hardware „Güterwagen-4.0-ready“.

Wie die einzelnen Forderungen technisch erfüllt werden, ist Gegenstand anderer Beiträge zum Güterwagen 4.0. Hier soll stattdessen herausgearbeitet werden, was die Umsetzung der Forderungen für die tägliche Arbeit mit diesen Wagen konkret bedeutet und welche Effizienzpotenziale freigesetzt werden können. Gleichzeitig wird erkennbar, wie Güterwagen 4.0 auch das Berufsbild der Triebfahrzeugführer (Tf) und Lokrangierführer (Lrf) positiv verändern und die Attraktivität von Arbeitsplätzen bei privaten EVU verbessern wird.

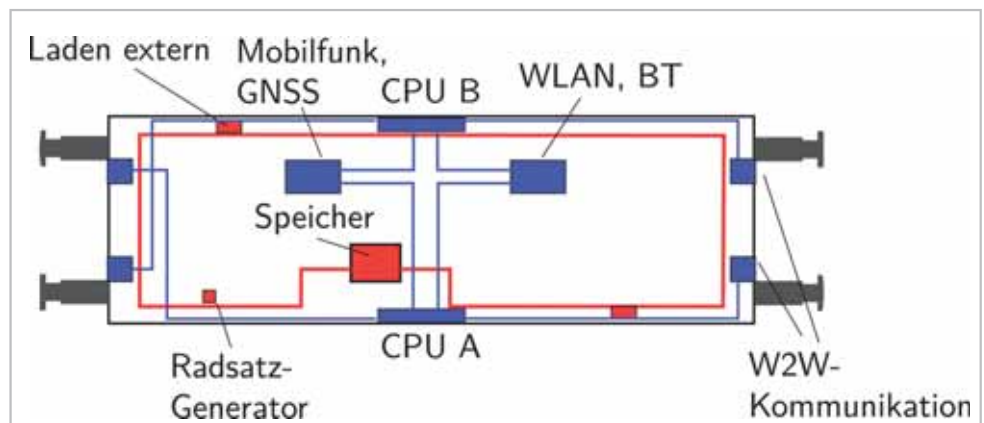


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Güterwagens 4.0 von oben.

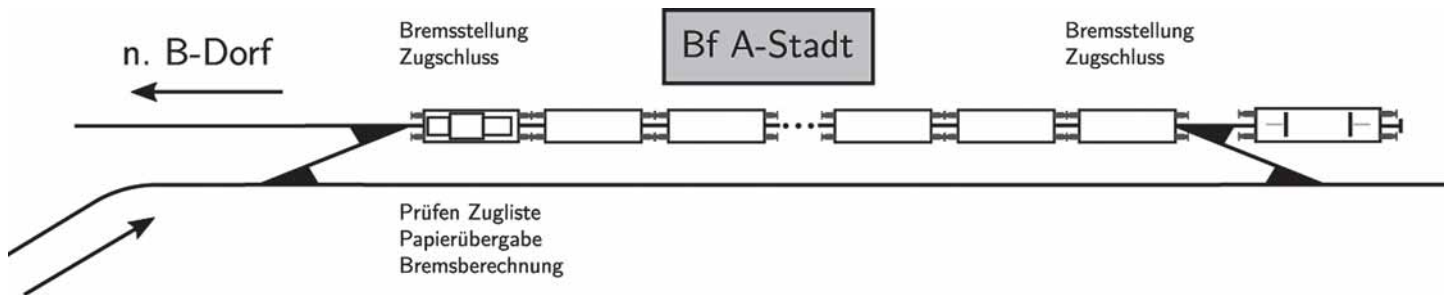


Abb. 3: Zugübergabe.

Betriebsszenario „Ganzzugverkehr“

Im Folgenden wird ein Szenario betrachtet, in dem ein Ganzzug von einem anderen EVU übernommen wird und die Wagen in Gruppen in einen Industrieanschluss gebracht werden. Das Szenario besteht aus den folgenden Teilschritten:

- Zugübernahme mit Lok- und Fahrtrichtungswechsel in A-Stadt.
- Zugfahrt bis B-Dorf (Hauptstrecke).
- Zerlegung in drei Gruppen. Zugfahrten über eingleisige Nebenstrecke nach S-Tal. Von dort als Rangierfahrten in den Gleisanschluss des Werks.

Es wird jeweils der konventionelle Betrieb dem Betrieb gegenübergestellt, bei dem alle Wagen „Güterwagen 4.0“ sind.

Schritt 1: Zugübernahme im Bahnhof A-Stadt (Abb. 3)

a) Konventionell

Die durchzuführenden Schritte sind (zusammengefasst):

- Abkuppeln, Ankuppeln;
- Übergabe der Papiere;
- Austausch der Zugschlussignale;
- Bremsdruck berechnen; Erstellung Bremszettel;
- (Verhandlung mit Fdl wegen Übergewicht gegenüber Trassenanmeldung);

- Bremsstellungen gemäß Bremszettel setzen (G/ P/ LL);
- Vereinfachte Bremsprobe; Prüfung Zugliste; Sichtprüfung.

Diese Vorgänge erfordern heute etwa 1,5 Stunden. Der Tf geht in der Zeit mindestens zweimal die gesamte Zuglänge ab.

b) Güterwagen 4.0

Aller „Papierkram“ ist durch die datentechnische Vernetzung in Sekunden erledigt. Überraschungen bezüglich der Zugzusammenstellung oder des -gewichts gibt es nicht. Alle Einstellarbeiten (Bremsstellung, Öffnen und Schließen der HL-Absperrhähne) geschehen durch Datenintegration und Aktoren automatisch. Der Zugschluss wird durch eine Leuchte signalisiert und Durchgängigkeit und Wirksamkeit der Bremse werden durch eine Sequenz von Stellbefehlen und Sensorauswertungen verifiziert. Es verbleiben als manuell durchzuführende Tätigkeiten von obiger Liste:

- Abkuppeln, Ankuppeln;
- Sichtprüfung.

Auf längere Sicht wird die Automatische Kupplung Einzug halten. Die technologische Aufwertung der Güterwagen wird diese Entwicklung unterstützen.

Bezüglich der Sichtprüfungen allgemein (auch bei der Zugbildung) gibt

es noch kein abschließendes Konzept, aber Lösungsansätze, diese zu vermeiden.

Zum einen hilft eine lückenlose Dokumentation in der „Digitalen Identität“ die Frequenz von Prüfungen zu senken. Wenn man weiß, wann die letzte Prüfung war und was der Wagen inzwischen „erlebt“ hat, kann man nach Bedarf prüfen.

Zum anderen sind Sichtprüfungen an Fahrwerken gegenüber Sensorik/Telematik als lückenhaft und unzuverlässig anzusehen. So sind zum Beispiel Flachstellen im Stand durch Hinsehen nicht, durch Sensoren während der Fahrt aber leicht zu erkennen. Unverzichtbare Sichtprüfungen können gegebenenfalls durch langsame Vorbeifahrt an einer stationären Prüfanlage ersetzt werden.

Schritt 2: Zugfahrt bis B-Dorf

Nach der Einstellsequenz fallen die Aktoriksysteme der Wagen wieder in den passiven Status. Der Güterzug 4.0 ist dann wieder ein „normaler“ Zug; lediglich die Sensorik/Telematik schafft weiter Mehrwert. Denn sie sorgt dafür, dass das Eisenbahnverkehrsunternehmen im Regelfall mit Schäden an Wagen und mit daraus resultierenden Folgen (Aussetzen an Heißläuferortungsanlage!) nicht kon-

frontiert wird, weil diese frühzeitig erkannt und planmäßig behoben werden.

**Schritt 3:
Gruppenzerlegung in B-Dorf,
Zugfahrten in Satelliten-Bahnhof,
Zustellfahrten ins Werk**

Zwischen B-Dorf und S-Tal ist eine eingleisige Nebenstrecke mit Takt-Personenverkehr zu befahren. Die Infrastruktur erlaubt nur kurze/leichte Züge.

a) Konventionell

Die durchzuführenden Schritte sind:

- Abkuppeln der Lok, Umsetzung an Zugende (Richtungswechsel);
- Ankuppeln Gruppe eins, Sichern des abgestellten Rests;
- Bremsberechnung, Bremseneinstellung (G/P);
- Fertigmeldung, Zugfahrt nach S-Tal;
- Gleissperren und Tore im Gleisanschluss öffnen;
- Leerwagen abholen;
- beladene Wagen zustellen;
- Rückkehr mit Leerwagen nach B-Dorf;
- Wiederholung für Gruppen zwei und drei.

Problematisch in diesem Szenario sind vor allem die Wechselwirkungen mit dem Takt-Personenverkehr. Um diesen nicht „auszubremsen“, ist vor der Rückkehr nach B-Dorf in der Regel die Einfahrt eines Personenzugs abzuwarten.

Bereits bei kleinen Verspätungen sind 60 Minuten Abstelldauer des verbleibenden Zugteils überschritten. Deshalb wird der abgestellte Zugteil gemäß RIL 915 mit zwei Feststellbremsen gesichert.

b) Güterwagen 4.0

Neben den bereits weiter oben beschriebenen Vorzügen bezüglich des „Papierkrams“ und der Bremsproben kommen hier drei weitere Eigenschaften der Wagen zum Tragen, nämlich

- Automatische Feststellbremse,
- Unterstützung bei der Trennung,
- Rangierantrieb.

Über das Sichern abgestellter Güterwagen 4.0 muss man sich keine Gedanken machen. Dies geschieht automatisch situationsbezogen. In diesem Szenario spart dies einiges an Zeit ein und macht den Betrieb sicherer. Die nicht vollständig gelöste Handbremse wird als potenzielle Unfallursache keine Rolle mehr spielen.

Auf die Steueranweisungen „Vorbereitung zur Trennung zwischen x und y“ werden automatisch die HL-Endabsperrhähne geschlossen und die Luftkupplungen drucklos gemacht, wodurch ein gefahrloses Entkuppeln möglich ist. Der sichere Zustand wird per Leuchtmelder angezeigt, sodass eine Trennung an der falschen Stelle ausgeschlossen ist.

Der Rangierantrieb ist die teuerste Funktion im Güterwagen 4.0. Man



Prof. Dr.-Ing. Manfred Enning
Studium Maschinenbau und Promotion zum Dr.-Ing. an der RWTH Aachen. Oberingenieur und Akademischer Direktor im Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen. Betreuung von Projekten in den Bereichen Industrieautomatisierung, Automotive und Schiene. Seit 2010 Professor für das Lehrgebiet Bahnsystemtechnik an der FH Aachen. Forschungsinteressen (unter anderen): Schienengüterverkehr, Verkehrsautomatisierung, Internet der Dinge.

wird die autarke Bewegungsmöglichkeit dann vorsehen, wenn sie wirtschaftlichen Nutzen bringt. Dies ist hier der Fall, wenn man die Zustellung von S-Tal in den Anschluss dem Kunden überlässt. Unter den verschiedenen Möglichkeiten, diese „Selbstbedienung“ zu realisieren, ist der Eigenantrieb dann die optimale Variante, wenn zum Beispiel

- das Wagenaufkommen zu gering ist, als dass ein Zweibegefahrzeug wirtschaftlich eingesetzt werden kann,

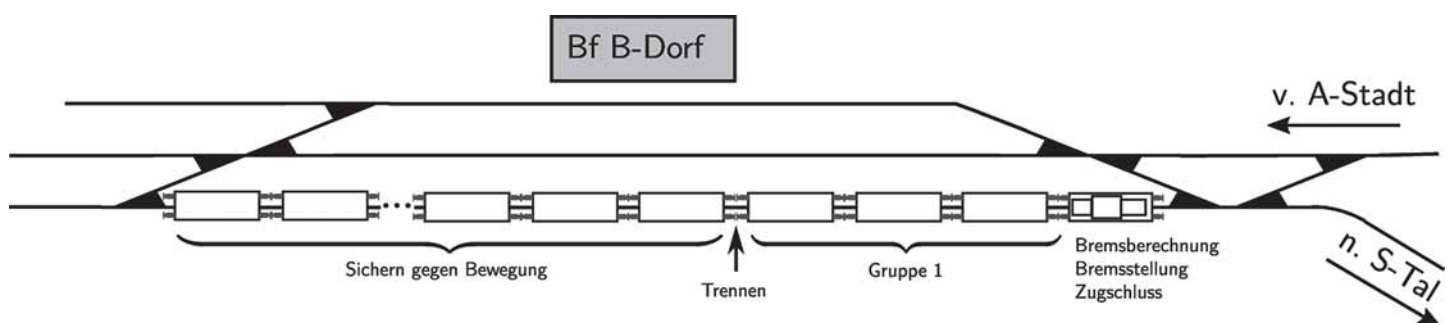


Abb. 4: In Gruppen zerlegen.

- beengte räumliche Verhältnisse häufige Wagenbewegungen erfordern,
- die Werkslogistik automatisiert und mit der Produktion im Sinne von Industrie 4.0 vernetzt werden soll.

Im konkreten Szenario erlaubt der „Teil-Service“ die Zustellung einer Gruppe bis S-Tal im Personenverkehrstakt, sodass keine Wartezeiten vor der Rückfahrt entstehen.

Zusammenfassung

Der Güterwagen 4.0 schafft vielfältigen Nutzen, zum Beispiel

- Prozesssicherheit. Dank Monitoring und Datenintegration gibt es keine Überraschungen bezüglich des Zustands und der Beladung der Wagen. Dienstpläne können mit weniger „Luft“ gestaltet werden. Weniger Personal muss für außergewöhnliche Vorgänge vorgehalten werden.
- Zeiteinsparung bei jedem Lokwechsel, bei jeder Änderung der Zusammenstellung, bei jedem Abstellen. Im konkreten Fall kann das mit mindestens drei Stunden pro Umlauf quantifiziert werden.
- Attraktivere Arbeitsplätze. Bleistift und Papier werden ersetzt durch

Tablet-Computer und Telekommunikation. Außeneinsätze bei Wind und Wetter sind auf ein Minimum reduziert.

- Kosteneinsparung bei Infrastruktur. Die Nutzung von Gleisen ist auf ein Minimum reduziert. Mit angetriebenen Güterwagen kann auf der Stelle gewendet werden, ohne dass eine Lok/ein Rangierhilfsmittel die Rabt umfahren muss.

Güterwagen 4.0 ist bisher eine Idee, die nur in wenigen Aspekten technisch umgesetzt wurde. Die Realisierung wird einige Jahre beanspruchen. Wichtig ist, dass neben der technischen Entwicklung bei allen Akteuren des Schienengüterverkehrs ein Verständnis für die Potenziale entsteht. Außerdem müssen Geschäftsmodelle entwickelt werden, die die oben genannten Nutzenpotenziale in wirtschaftliche Vorteile bei Wagenverleihern, Eisenbahnverkehrs-, -infrastrukturunternehmen und Transportkunden umsetzen. Dies wird letztlich den Schienengüterverkehr im Wettbewerb der Verkehrsträger deutlich stärken und den

Unternehmen im Kampf um die „besten Köpfe“ Vorteile verschaffen.

*Prof. Dr.-Ing. Manfred Enning
Prof. Dr. Raphael Pfaff*



Prof. Dr. Raphael Pfaff

*Studium der Mechatronik, Regelungstechnik und Mathematik in Bochum, Hagen und Coventry.
Verschiedene Tätigkeiten in der Industrie.
Zuletzt Systemingenieur Bremse und Konstruktionsleiter Kupplung bei Faiveley Transport.
Seit 2014 Professor für das Lehrgebiet Schienenfahrzeugtechnik an der Fachhochschule Aachen.
Forschungsinteressen (unter anderen): Digitalisierung, Big-Data-Nutzung und Zuverlässigkeitstechnik.*

Das Job- und Karriereportal der Bahnbranche
www.zukunftsbranche-bahn.de
Stellenmarkt • Aus- und Weiterbildung • Termine
zuba@zukunftsbranche-bahn.de