

Stromversorgung auf Güterwagen – Aktuelle Bemühungen zur Standardisierung

Damit Güterwagen den Weg zur Digitalisierung bewältigen, müssen Sie aktiv und kooperativ werden. Für diesen Schritt der Güterwagen ins Internet der Dinge ist eine gewisse Intelligenz und Strom auf dem Güterwagen eine notwendige Voraussetzung. Um Wildwuchs zu vermeiden, bedarf es Standards. Deshalb wird innerhalb eines Richtlinienausschusses an der VDI 5905 Blatt 1 „Schnittstellen aktiver, kooperierender Güterwagen – Stromversorgung“ gearbeitet.



1. Einleitung

Die Notwendigkeit einer Stromversorgung auf Güterwagen als Voraussetzung für weitestgehende Innovationen im Schienengüterverkehr ist in der Branche Konsens. Im kleinen Maßstab ist Strom auf dem Güterwagen zur Versorgung von Telematiksystemen bereits etabliert. Diese melden sich wenige Male am Tag mit einem Standort und erlauben so beispielsweise Prognosen der Ankunftszeit. Mit bis zu vier Meldungen pro Stunde kommt man bei den aktuellsten Systemen schon recht nah an die Echtzeitfähigkeit heran. Solche Lösungen basieren auf langlebigen Batterien in Verbindung mit einer auf minimalen Stromverbrauch optimierten Elektronik.

Über Telematik hinausgehende Anforderungen sind auf diesem Weg aber nicht erreichbar. Sobald Aktorik oder aufwändi-

gere Sensorik und Kommunikationstechnik versorgt werden muss, ist ein Bordnetz auf dem Güterwagen Voraussetzung. Neben einer ausreichenden Leistungsfähigkeit muss dieses Herstellerneutralität gewährleisten. Dies erfordert Standards.

In seiner Eigenschaft als Verfasser anerkannter Regeln der Technik hat sich der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) dieser Herausforderung gestellt. Der Fachbeirat Bahntechnik im VDI hat dazu einen Ausschuss gegründet, der bis Sommer 2020 den Vorentwurf einer VDI-Richtlinie zu wesentlichen Eigenschaften von Bordstromsystemen für Güterwagen verfassen wird. Bestandteile sind elektrische Energiespeicher und eine „Intelligenz“, die permanent einen Ausgleich zwischen Energiebedürfnissen der Verbraucher und dem Energieangebot der Quellen herstellt. Die Richtlinie wird für die Kompatibilität unver-



Daniela Wilbring, B.Eng.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der FH Aachen, Projektmitarbeiterin im Projekt Güterwagen 4.0, Mitglied im Richtlinienausschuss VDI 5905
Wilbring@fh-aachen.de



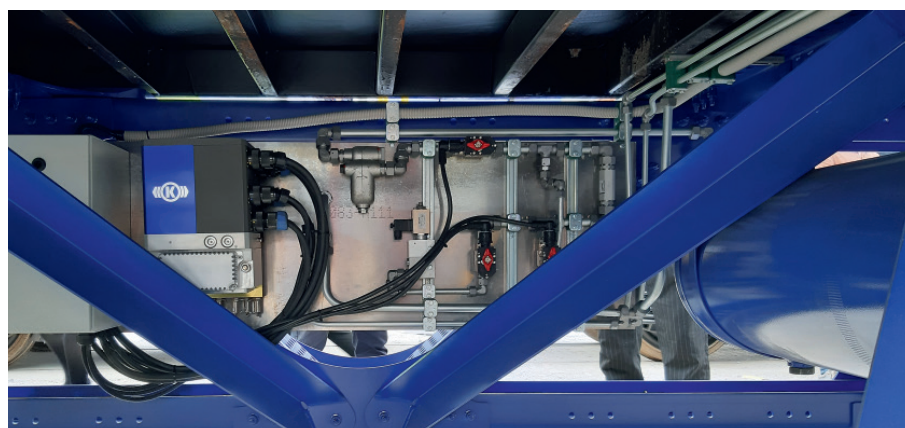
Professor Dr.-Ing. Manfred Enning

Lehrgebiet Bahnsystemtechnik der FH Aachen. Mitglied im Fachbeirat Bahntechnik des VDI. Vorsitzender des Richtlinienausschusses 5905
Enning@fh-aachen.de

zichtbare Parameter festlegen und darüber hinaus Empfehlungen zu Auslegung und Gestaltung der Komponenten beinhalten. [1]

Weil Güterwagen langlebige Investitionsgüter sind, soll die geplante Richtlinie nicht nur bei der Entwicklung neuer Fahrzeuge von Nutzen sein, sondern auch bei der Modernisierung der Bestandsflotte helfen. Kompatibilität mit dem heutigen Bahnsystem ist daher immer ein wesentliches Ziel.

Der Ausschuss ist so zusammengestellt worden, dass er die Interessen möglichst aller Akteure im Schienengüterverkehr abdeckt. Er besteht aus Mitgliedern von Eisenbahnverkehrsunternehmen, Wagenverleihern, Komponentenherstellern, Wageninstandsetzern, Softwarefirmen, Zulassungsbehörden und Hochschulen.



1: Ein mit einer ep-Bremse ausgestatteter Güterwagen auf der Transport Logistic 2019

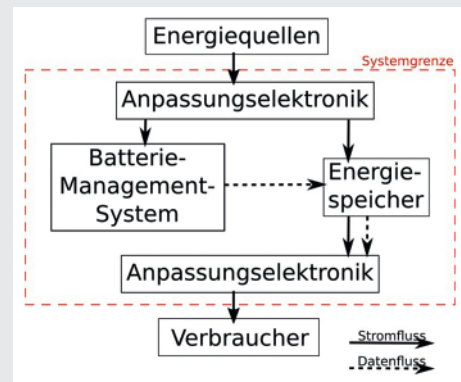
Foto: Enning

Die Notwendigkeit einer Stromversorgung auf Güterwagen als Voraussetzung für weitergehende Innovationen im Schienengüterverkehr ist in der Branche Konsens.



2: Mögliche Systemarchitektur eines Bordstromsystems für Güterwagen

Quelle: Wilbring



2. Funktionale Beschreibung des Systems

Bild 2 zeigt die Systemgrenze des Bordstromsystems. Gegenstand der Richtlinie ist der mittlere Teil, bestehend aus dem Energiespeicher, dem Energiemanagementsystem und den Anpassungsschnittstellen zu Energiequellen oberhalb und Verbrauchern unterhalb der Systemgrenze.

2.1. Grundlegende Systemparameter

Zu den wichtigsten festzulegenden Systemparametern gehört die Bordnetzspannung. Die Diskussion im Ausschuss zu diesem Thema konvergiert in Richtung 24 VDC. Wichtige Argumente sind Kompatibilität und Isolationsaufwand. 24 VDC ist Standard im Bereich der Automatisierung und erschließt ein großes Feld preisgünstiger Industriekomponenten. Gleichspannungen unterhalb 60 V gelten als Schutzkleinspannung gemäß IEC 60449. Sie werden als dauernd zulässige Berührspannung für Erwachsene auch bei feuchter Umgebung als nicht bedrohlich eingestuft.

Eine weitere festzulegende Systemgröße ist das Toleranzband der Spannung. Aktuell wird über die Frage diskutiert, ob eine so weite Tolerierung, wie sie die DIN EN 50155 erlaubt, noch zeitgemäß ist. Mit Vereinbarungen zu Spannungshöhe und -tolerierung werden Zulieferer befähigt, elektrische Geräte zu entwickeln und zu vermarkten, die auf jedem Güterwagen mit einem der Richtlinie entsprechenden Bordnetz Verwendung finden können. Somit unterstützt die Richtlinie die Schaffung eines Massenmarktes.

Weitere Eigenschaften und Parameter des Bordstromnetzes, wie zum Beispiel Batterietechnologien, Kapazitäten und Einspeisequellen beeinflussen nicht die technische Kompatibilität mit Verbrauchern. Sie beeinflussen aber sehr stark die Verfügbarkeit und die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.

Die Richtlinie wird neben Referenzen auf weitere Normen und Richtlinien zu diesen Themen vor allem Empfehlungen zur Systemgestaltung beinhalten.

2.2. Verbraucher

Verbraucher elektrischer Leistung sind nicht Bestandteil des in der Richtlinie behandelten Bordstromsystems. Im Folgenden sollen daher nur exemplarisch einige mögliche elektrische Geräte auf dem Güterwagen und deren Anforderungen aufgezeigt werden. Zum aktuellen Zeitpunkt sind die einzigen in nennenswerten Stückzahlen anzutreffenden elektrischen Verbraucher auf Güterwagen Telematikgeräte. Sie zeichnen sich durch einen geringen Dauerstrombedarf aus, müssen aber zuverlässig auch bei abgestellten Wagen versorgt werden.

Unter anderem im „Innovativen Güterwagen“ wird eine elektropneumatische Bremse ohne Hauptbehälterleitung getestet [2]. Diese beinhaltet elektropneumatische Aktoren und anspruchsvolle Sicherheitssteuerungen. Der Leistungsbedarf ist moderat und muss nur während der Fahrt gedeckt werden. Ein Ausfall der Stromversorgung kann aber unter Umständen unmittelbar einen gefährlichen Zustand herbeiführen.

Ein modulares Konzept eines „intelligenten“ und vernetzten Güterwagens mit elektrischen Verbrauchern wird seit 2016 von der FH Aachen publiziert [3]. Ziel ist die Reduktion des Personal- und Zeitaufwandes bei der Zugbildung durch elektromechanische Aktoren in Verbindung mit einem Steuerungs- und Kommunikationssystem. Aus Sicht des Bordstromsystems handelt es sich um Verbraucher, die nur

selten aktiviert sind, dann aber einen recht hohen Leistungsbedarf aufweisen können. Anders als beim „Innovativen Güterwagen“ liegt der Hauptenergiebedarf in der Speisungslücke, also im Stand.

Einige weitere mögliche Verbraucher auf Güterwagen sind:

- Mit der Ladung verbundene Monitoringssysteme
- Elektromechanisch betätigte HL-Endabsperrhähne und Bremsstellungswechsler
- Elektromechanische Verstellung von Lastaufnahmen
- Elektromechanische Verriegelung von Ladungssicherungen
- Alarmanlagen
- Beleuchtungen
- Elektrische Zugschluss-signale

Sehr weitgehende Vorschläge zur Gestaltung des Güterwagens der Zukunft beinhalten auch Rangierantriebe oder Konzepte mit leistungsstarken Kühlaggregaten für Lebensmitteltransporte [4]. Solche Systeme übersteigen die im Rahmen der Richtlinie behandelten Leistungs- und Energiebereiche, so dass derzeit nicht versucht wird diese zu standardisieren.

2.3. Energiequellen

Drei verschiedene Möglichkeiten zum Nachladen des Energiespeichers bieten sich an:

- **Längsspeisung:** Stromdurchleitung von der Lok in den Wagenzug über von Hand zu kuppelnde Leitungsverbindungen oder Automatische Kupplungen
- **Fremdeinspeisung:** Stromeinspeisung von stationären Ladestationen

- **Mechanisch:** Nutzung kinetischer Energie im Hauptlauf durch Generatoren

Die **Längsspeisung** setzt voraus, dass jeder Wagen mindestens die Möglichkeit der Durchleitung bietet und ist damit kurzfristig nur für spezielle Wagenparks eine Option. Aktuell verspürt die Eisenbahn als klimafreundlichste Art des Gütertransports erheblichen Rückenwind. Sogar die Einführung einer Automatischen Kupplung mit Strom- und Datenleitung (DAK, Digitale Automatische Kupplung [5]) erscheint derzeit nicht mehr unrealistisch. Damit würde die technische Möglichkeit der Stromdurchleitung Standard. Eine Einspeisung von der Lok aus muss allerdings aufgrund der Übergangswiderstände in den Kupplungen auf einem vergleichsweise hohen Spannungsniveau erfolgen. Das Energiemanagement sorgt dafür, dass jeder Wagen unabhängig von seiner Position im Zugverband gleichermaßen versorgt wird.

Fremdeinspeisung ist immer mit Eingriffen in die Infrastruktur und aufwändigen Bedienhandlungen verbunden und erscheint eher als eine ergänzende Möglichkeit der Versorgung. Denkbar ist, die Systembatterie zum Beispiel während des Be- oder Entladens des Wagens an der Lade- stelle aus einer gewöhnlichen 230V CEE-Steckdose nach IEC 60309 nachzuladen.

Die **mechanische Option** erscheint mindestens als Brückentechnologie vor der Einführung der DAK interessant und gut umsetzbar. Achsdeckelgeneratoren sind leicht nachrüstbar und liefern bei Streckengeschwindigkeit je ausgerüstetem Lager bis zu einigen Hundert Watt Leistung. Ein wesentlicher Vorteil dieser Option ist die Unabhängigkeit von der Ausstattung der Lok und anderen Wagen im Zug. Problematisch kann allerdings das Verhältnis aus Stromangebot und -verbrauch insbesondere bei kurzen Wagenumläufen sein.

2.4. Batteriesystem mit Energie- und Batteriezustandsmanagement

Die Aufgabe des Energiemanagements ist es, jedem Verbraucher die aktuell benötigte Energie zur Verfügung zu stellen. Dazu ist als „notwendige Bedingung“ ein ausreichend dimensionierter Energiespeicher vorzusehen, der nach Wegfall der Einspeisung die Verbraucher so lange versorgt, bis wieder Ladestrom zur Verfügung steht. Da sich die meisten Wagen in festen Umläufen befinden, kann die benötigte Energiemenge relativ gut abgeschätzt werden.

Der Energiebedarf einer Zugvorbereitung mit Zustandskontrolle (Bremsprobe) ergibt sich aus der Summe der Verbräuche der dabei aktiven Sensoren, Aktoren und IT-Komponenten. Ebenso kann der „Grundverbrauch“ pro Zeiteinheit durch Rechner, Kommunikationskomponenten und Sensoren gut abgeschätzt werden.

Die Wahl der Batterietechnologie und die Dimensionierung unterscheiden sich erheblich von vergleichbaren Aufgaben zum Beispiel im Bereich der Elektromobilität auf der Straße. Das Gewicht spielt hier nur eine Nebenrolle. Wichtiger ist Bahntauglichkeit bezogen auf Erschütterungen und extreme Temperaturen. Aber auch technologiespezifische Gefahren können entscheidende Kriterien für oder gegen eine bestimmte Batterie liefern.

Neben den benötigten Energiemengen spielt auch Versorgungspriorität eine Rolle. Der Ausfall einer elektromechanischen Feststellbremse mag lästig sein, weil dann die Bremse wieder von Hand bedient werden muss. Schlimmer kann aber der Ausfall eines Monitoring- oder Telematiksystems sein. Alle Verbraucherangaben zusammen müssen als Profil dem Energiemanagementsystem zur Verfügung gestellt werden. Dies kann von Hand etwa mittels Tablet-Computer geschehen oder auch in zu standardisierender Weise als Datenaustausch zwischen den beteiligten Geräten.

Die „hinreichende Bedingung“ für einen unterbrechungsfreien Betrieb der elektrischen Komponenten des Güterwagens ist, dass die Batterie zu Beginn der Speisungslücke ausreichend geladen ist. Da weder die vollständige Aufladung garantiert werden kann, noch der Energiebedarf in der Speisungslücke sicher begrenzt werden kann, ist der Fall der Unterversorgung jederzeit möglich. Außerdem beeinträchtigen extreme Temperaturen bei den meisten Batterietechnologien die Leistungsfähigkeit. Das Energiemanagementsystem muss diese Fälle rechtzeitig erkennen und konsequent Verbraucher abschalten, um

hochpriorisierte Anwendungen sicher zu versorgen.

Für die Batterie selber ist ein Batteriezustandsmanagement notwendig. Bei jeder Batterietechnologie nimmt die Kapazität mit der Zeit und in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen und Nutzung ab. Diese Belastungen sollen vom Batteriemanagement jederzeit erfasst werden und so eine Prognose über die Restlebensdauer erlauben. Über optische Außenanzeigen wird das Bahnpersonal über den Ladezustand und den technischen Zustand des Systems informiert.

3. Richtlinienkonforme Ausführung und Betrieb

Um eine universelle und internationale Verwendbarkeit sicherzustellen, müssen Güterwagen eine große Zahl an Anforderungen erfüllen, die unter anderem in der TSI WAG [6] festgelegt sind. Hieraus folgen eine Reihe von Restriktionen für die Integration eines Stromversorgungssystems.

Der Aufbau der mechanischen Komponenten darf zum Beispiel nur innerhalb von zugelassenen Begrenzungslinien stattfinden. Dies ist vor allem in Hinsicht auf Schnittstellen zum Bediener zu beachten. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass im Rahmen des „Allgemeinen Verwendungsvertrags“ (AVV) diverse Komponenten (Puffer, Radsätze, Kupplungen etc.) durch jede zugelassene Güterwagenwerkstatt ausgetauscht werden können [7]. Solche Werkstätten verfügen in der Regel nicht über Elektro-Fachkräfte. Damit weder die Verwendbarkeit noch die Wartbarkeit durch die Ausstattung mit Strom eingeschränkt wird, soll die Richtlinie Bauräume und Ausführungsformen für Elektrokomponenten und Leitungsführungen beschränken. Die im Rahmen der Fahrzeugintegration eingebauten Komponenten und Anbauteile sind darüber hinaus im Rahmen der Instandhaltungsentwicklung in den Instandhaltungsplänen zu berücksichtigen. Hierbei sind insbesondere Inspektions- und Prüftätigkeiten zu definieren.

Wagen mit Stromversorgung und ggf. weiteren Fähigkeiten müssen im Betrieb eindeutig erkannt werden. Wenn vom klassischen Wagen abweichende Bedienhandlungen notwendig sind, muss das Betriebspersonal diese am besten intuitiv anwenden können. Erprobt und international verständlich ist die Verwendung von Piktogrammen. Im Rahmen der Richtlinie wird ein Kennzeichnungskonzept erarbeitet werden.

Stromversorgung ist der „Enabler“ für viele heute noch nicht gedachte Möglichkeiten.



4. Fazit

Stromversorgung ist der „Enabler“ für viele heute noch nicht gedachte Möglichkeiten. Die „Knochenarbeit“ bei Wind und Wetter am und mit Güterwagen wird der Vergangenheit angehören und die Arbeitsplätze im Bahnbereich werden von einer deutlichen Zunahme der Attraktivität profitieren. Die dadurch induzierte technische Aufwertung der Wagen verspricht einen Markt für alle Beteiligten.

Wildwuchs und Abhängigkeiten von einzelnen Herstellern kann durch Standardisierung vermieden werden. Eine sinnvolle Wahl der Bordnetzspannung erlaubt prinzipiell die Verwendung von Großserienkomponenten aus dem Bereich der allgemeinen Automatisierung. Diese müssen dann „nur“ noch für Bahnanwendungen gehärtet und zertifiziert werden.

Im Rahmen der Richtlinienarbeit werden keine technischen Lösungen erarbeitet. Es werden aber die Abhängigkeiten und Anforderungen ausführlich dargestellt, so dass die Richtlinie bei der Abfassung von Lastenheften für die Systementwicklung

helfen wird. Einig sind sich alle Mitglieder des Richtlinienausschusses, dass ein mit einer standardisierten Stromversorgung ausgerüsteter Güterwagen betrieblich und ökonomisch ein Gewinn sein muss.

Die Autoren freuen sich über Feedback und weitere Beteiligte, die die Richtlinienarbeit vorantreiben.

Literatur

- [1] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., „VDI 5905 Blatt 1 – Projekt,“ [Online]. Available: www.vdi.de/5905. [Zugriff am 19.08.2019].
- [2] TIS – Technischer Innovationskreis Schienengüterverkehr, „Homepage des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS) – Download Bereich,“ [Online]. Available: www.innovative-freight-wagon.de/wp-content/uploads/TIS_Weissbuch_Intelligenter_G%C3%BCterzug.pdf. [Zugriff am 19.08.2019].
- [3] M. Enning, „VDI Expertenforum Güterwagen 4.0,“ in Güterwagen 4.0 – Konzept und Funktion.
- [4] TRIMIS – Transport Research and Innovation Monitoring and Information System, „Project: FRESH FOOD CORRIDORS,“ [Online]. Available: <https://trimis.ec.europa.eu/project/fresh-food-corridors>. [Zugriff am 19.08.2019].

[5] BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Masterplan Schienengüterverkehr vorgestellt,“ [Online]. Available: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StV/masterplan-schienengueterverkehr.pdf?__blob=publicationFile. [Zugriff am 19.08.2019].

[6] European Union Agency for Railways, „Technical Specifications for Interoperability,“ [Online]. Available: https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en. [Zugriff am 19.08.2019].

[7] GCU Bureau, „AVV version 01.jan.2019,“ [Online]. Available: <https://gcbureau.org/contract2019>. [Zugriff am 19.08.2019].

Summary

Power supply in freight cars – current efforts to standardize the process

The necessity of power supply in freight cars as requirement for advanced innovations in the rail freight transport is consented by the industry. Up to now, there have already been some isolated solutions - mostly for telematics application. Concepts beyond are still being investigated. To avoid uncontrolled growth in future, the regulation VDI 5905 will standardize a board power supply for freight cars.

THE ART OF LIGHTS



