

CFW – Schienengüterverkehrskonzept von morgen

Homogenes Zugkonzept nutzt die Möglichkeiten der Digitalisierung und Automatisierung konsequent für einen hoch effizienten und kompetitiven Schienengüterverkehr.

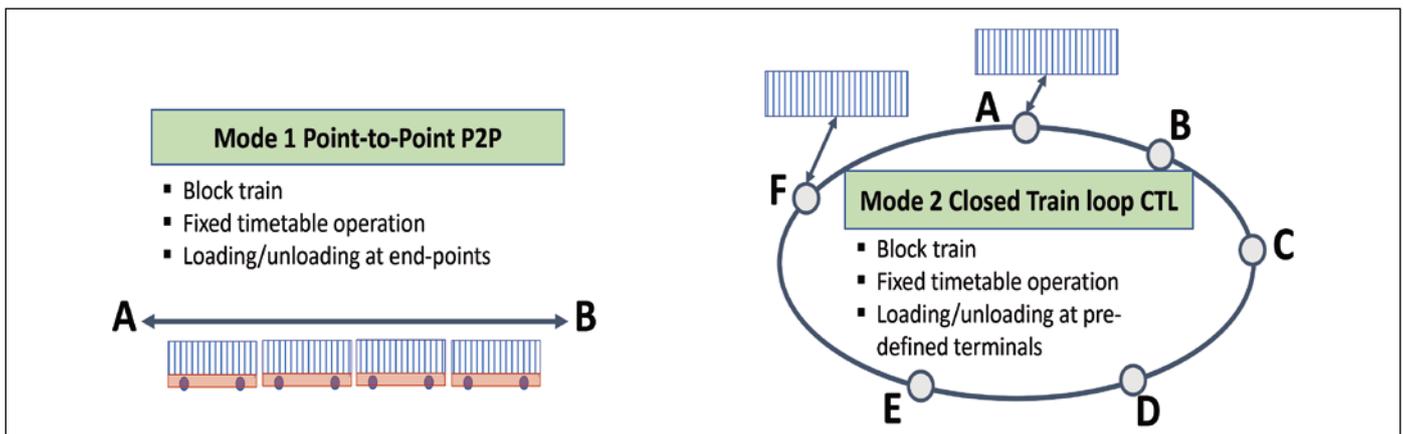


Abb. 1: CFW-Produktionskonzepte, ConTraffic 2021

Quelle: [1]

**ROLAND BÄNSCH | MAXIM WEIDNER |
JAIZKI MENDIZABAL | JULIO GALIPIENZO |
ARNE HENNING | BENJAMIN BAASCH |
NICOLAI SCHMAUDER |
ROBERT WINKLER-HÖHN |
CHRISTIAN GOMES ALVES | DAVID KRÜGER |
MATHILDE LAPORTE**

Die Anforderungen an den Güterverkehr und die zugrunde liegende Logistik sind in den letzten Jahren enorm gestiegen. Während die Straße Antworten darauf gefunden hat, hat die Schiene an ihrem Produktionsmodell im Wesentlichen festgehalten. Das EU-Weißbuch Verkehr von 2011 gibt dessen ungeachtet vor, große Transportmengen auf die Schiene zu verlagern, und zwar nicht allein durch technologische Innovationen, sondern auch durch die Etablierung neuer, marktgerechter und hocheffizienter Produktionskonzepte. Das Güterverkehrs- und -wagenkonzept des Competitive-Freight-Wagon-Konsortiums CFW hat Antworten und mit dem Extended Market Wagon (EMW) technische Lösungen gefunden, dessen Prototyp auf der InnoTrans 2022 erstmalig zu sehen sein wird.

Das Güterkonzept von morgen

Die Triebfeder für jeden Fortschritt ist die Erfüllung der Bedürfnisse der Verlagerer und ihrer Kunden, die seit Jahrzehnten den Straßenverkehr bevorzugen. Dies setzt eine kritische Betrachtung des Güterzugbetriebs voraus, um sicherzustellen, dass das künftige Pro-

duktions- und Zugkonzept für Betriebsarten geeignet ist, die Stärken der Schiene im Wettbewerb zum Verkehrsträger Straße zur vollen Geltung zu bringen.

Um den Produktionsprozess auf der Schiene so produktiv wie möglich zu gestalten, sollte der Schwerpunkt in Zukunft auf dem Ganzzugbetrieb liegen, entweder im Punkt-zu-Punkt-Betrieb (P2P, Abb. 1, links), wie er heute für Werk-zu-Werk-Verkehre mit großen Gütermengen beziehungsweise im „Hafenhinterland“-Verkehr eingesetzt wird oder mit einer geschlossenen Zugschleife (Closed Train Loop, CTL, Abb. 1, rechts), um Container- und Wechselbehältertransporte an Terminals, an denen die Be- und Entladung erfolgt, auf das Schienensystem zu ziehen. Ganzzugbetrieb ist die Betriebsart, bei der die Zuggarnitur und Lokomotive eine Einheit bilden. Die Zerlegung erfolgt nur im Falle von Instandhaltungsarbeiten und ist nicht als Teil des eigentlichen Betriebsprozesses zu sehen. Dadurch entfallen kosten- und zeitintensive Prozesse für die Zugbildung, was die Gesamttransportzeiten drastisch reduziert. Angeboten werden die Verkehrsleistungen in diesen Produktionsmodi auf der Basis eines festen Fahrplanes, um eine stabile Planungsgrundlage für den Spediteur und Versender zu schaffen.

Der EMW ist auch für eine dezentrale, automatisierte und autonome Zugbildung mit eigenem Antrieb für kurze Distanzen und geringen Geschwindigkeiten einsetzbar. Dieser Produktionsmodus, der die logische Nachfolge für den heutigen Einzelwagenverkehr bildet, ohne auf dessen kostenintensive Infrastruktur von Rangierbahnhöfen und Zugbildungsan-

gen angewiesen zu sein, wird im Weiteren an dieser Stelle jedoch nicht weiter erörtert, weil das erreichbare Transportvolumen begrenzt bleibt.

Die im Weißbuch ausgedrückte und gesellschaftspolitisch gewünschte Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene stellt enorme Herausforderungen an das System Schiene, das heute bereits in vielen Bereichen an der Kapazitätsgrenze operiert. Ein Netzausbau ist langwierig und sehr teuer, eine Machbarkeit bis 2050 darf daher bezweifelt werden. Die hier vorgestellten Produktionsarten führen zu einer deutlich höheren Produktivität beim Einsatz von Produktionsmitteln und reduzieren bzw. eliminieren komplexe und kostenintensive Prozesse auf der Infrastrukturseite. Der Produktivitätsgewinn des vorgeschlagenen Modells liegt etwa bei dem Faktor drei bis fünf gegenüber heutigen Verkehren. Darüber hinaus reduzieren sie den spezifischen Personalbedarf für den Schienengüterverkehr (SGV), da die Produktionsverfahren darauf ausgerichtet sind, den Güterzug möglichst lange in Bewegung zu halten, d. h. der Anteil der reinen Transportzeit steigt. So sinkt z. B. nicht nur die Anzahl der benötigten Fahrzeuge deutlich, sondern auch der Bedarf an Betriebspersonal. Ein weiteres wichtiges Element des CFW-Konzeptes ist die Auslegung des Güterzuges auf eine höhere Maximalgeschwindigkeit (140 km/h), die zusammen mit einer elektronischen Bremsregelung zu einer höheren Fahrdynamik führt. So ist es möglich, auch im Tagessprung durch die dichten Knoten des Schienennetzes mit vorrangig behandeltem Schienenpersonenverkehr zu gelangen und

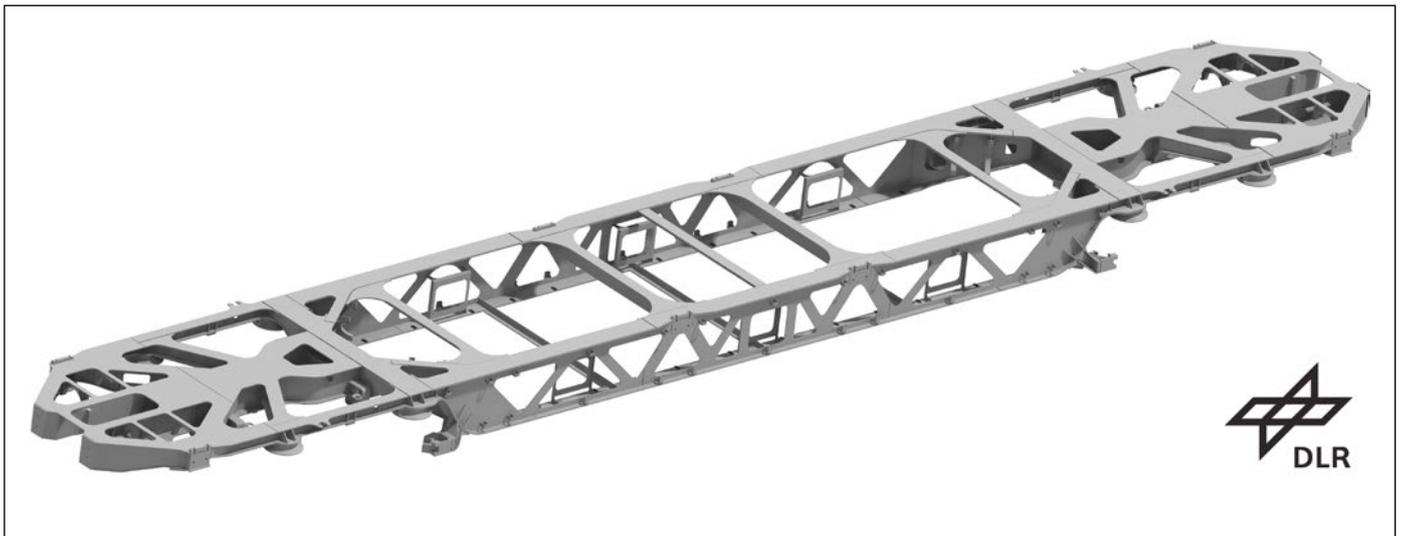


Abb. 2: Strukturoptimiertes und fertigungsgerechtes Modell des Güterwagenkonzepts Extended Market Wagon

Quelle: DLR

dort bestehende Kapazitätsreserven für den Güterverkehr zu erschließen. Das schafft mehr Kapazität, verkürzt Gesamttransportzeiten und steigert die Attraktivität der Schiene für zeitkritische oder temperaturgeführte Transporte – Märkte, die heute von der Straße dominiert werden.

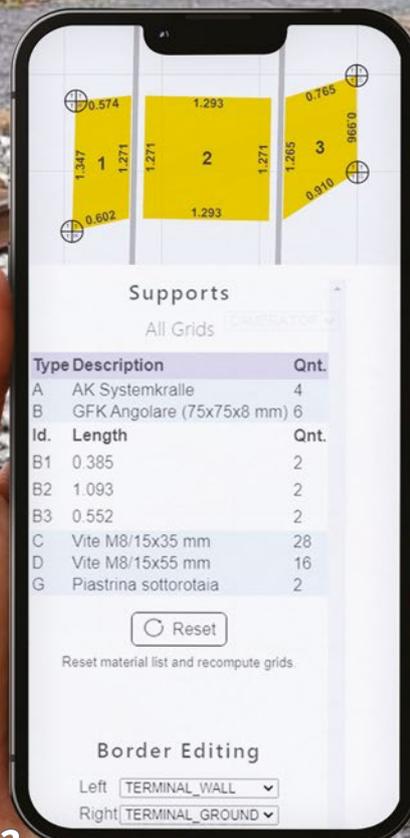
Güterwagendesign

Wagenkasten

Für den Wagenkasten des EMW werden Leichtbaupotenziale analysiert, und unter Berücksichtigung der Fertigbarkeit wird ein Wagenkonzept ausgearbeitet.

Die Randbedingungen des zweiachsigen EMW erfordern zur Einhaltung des G2-Lademaßes eine Ladehöhe von unter 1000 mm, um auch High-Cube-Behälter unter strengen Lichtraumprofil-Vorgaben transportieren zu können. Unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen wird der verfügbare

Bestellen Sie Ihren Dienstweg ganz einfach mit dem neuen **GFK Kit-Assembly-System Calculator**



SWISSCROSS

Personalisierte Anweisungen und zugeschnittenes Material



InnoTrans 2022
20-23 SEPTEMBER | BERLIN

Infrastruktur Halle 26 Stand 250
Rollmaterial Halle 2.2 Stand 250



GRUPE BORFLEX

In nur 3 Schritten zum Angebot:

- 1 Fotos aufnehmen
- 2 Hochladen
- 3 Daten eingeben



Borflex Rex SA | CH-6850 Mendrisio
www.borflex-rex.ch | sales@borflex-rex.ch | t +41 91 640 50 50

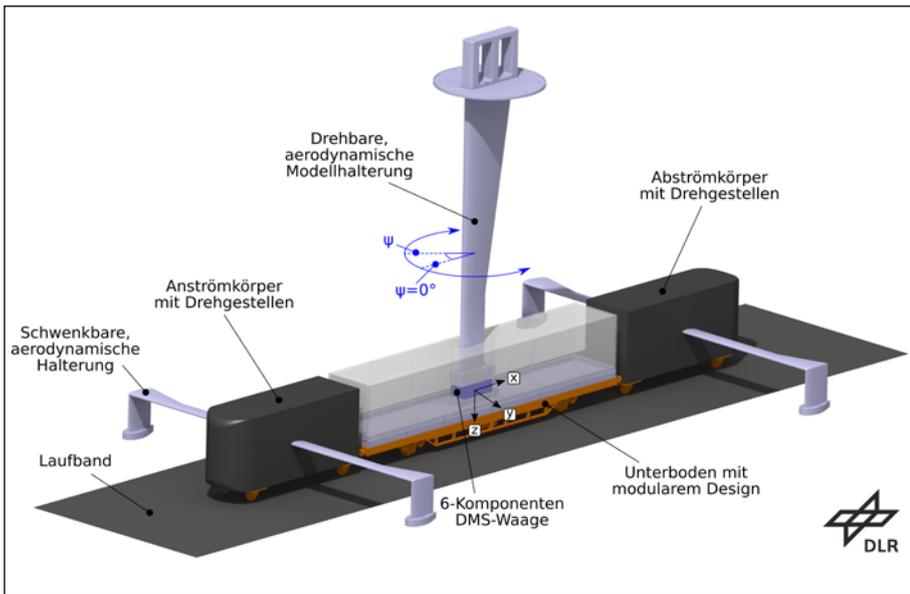


Abb. 3: Experimenteller Aufbau der Windkanaluntersuchungen zur aerodynamischen Optimierung des Güterwagens

Quelle: DLR

Bauraum dreidimensional abgeleitet, in einem Präprozessor diskretisiert sowie Randbedingungen und die relevanten Massen bzw. Lastfälle gemäß der EN 12663-2 implementiert. Mithilfe einer auf Finiten Elementen (FE) basierenden Topologieoptimierung werden Lastpfade und Kraftflüsse sowie eine leichtbauoptimierte Struktur des Wagens errechnet. Das Ziel des Topologieoptimierungssolvers ist die Minimierung der Masse unter Berücksichtigung lokaler Verformungen und der globalen Steifigkeit. In einem iterativen Prozess wird so eine Struktur mit dem höchsten Leichtbaupotenzial ermittelt. Aus den Ergebnissen der Topologieoptimierung wird ein lastpfadangepasstes Skelett abgeleitet und anschließend eine Konzeptkonstruktion in Profil- und Blechbauweise ausgearbeitet [2].

Konkurrierende Anforderungen an die Wagenstruktur wie Leichtbau, Robustheit und Fertigbarkeit erfordern eine iterative Methodik, die schlussendlich die in Abb. 2 dargestellte Wagenkastenstruktur ergibt. Die Kupplungslasten werden dabei auf die Langträger auf beiden Seiten des Wagens übertragen, um mit den Ober- und Unterblechen in den Fahrwerksbereichen einen kontinuierlichen Kraftfluss zu erreichen. Die automatischen Containerverriegelungen (siehe Abschnitt Automatische Containerverriegelung) sind auf beiden Seiten in die Langträger integriert und Vorrichtungen für die Integration der notwendigen Elektronik in Wagon-Onboard-Units (WOBU) am Steg des Langträgers angebracht.

Durch die vorangegangene Strukturoptimierung und den Fokus auf stringenten Leichtbau beträgt die Masse des EMW im betriebsbereiten Zustand 11 788 kg. Der EMW ist damit bei vergleichbarer Transportkapazität z. B. 21 % leichter als der 5L next [3]. Dies ermöglicht

es, die spezifizierte Zuglänge von 750 m in Einfachtraktion fahren zu können, da die gezogene Masse des beladenen Zuges so unter 1800 t liegt. Zusätzlich sinkt der spezifische Energiebedarf sowohl in der Fertigung als auch im Betrieb, wodurch auch die Treibhausgasemissionen reduziert werden können. Bei weiterer Optimierung des Gesamtfahrzeuges im Zugverband und dem Einsatz von Werkstoffverbundlösungen ist eine Absenkung des Leergewichtes auf unter 10 t machbar.

Aerodynamik

Die im Rahmen der Entwicklung des Güterwagens durchgeführten aerodynamischen Unter-

suchungen konzentrieren sich auf die Reduzierung des Luftwiderstands des Wagens durch Optimierung der Geometrie, um den energieeffizienten Betrieb zu verbessern und die CO₂-Bilanz insgesamt zu reduzieren. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene aerodynamische Maßnahmen für eine verbesserte Unterbodengeometrie in einem Windkanalversuch untersucht, um einen detaillierten Überblick über deren Wirksamkeit zur Luftwiderstandsminderung zu geben. Die Experimente wurden bei einer Reynolds-Zahl von $5,0 \times 10^5$ in der Seitenwind-Simulationsanlage des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) mit einem optimierten bewegten Boden durchgeführt, der durch ein Laufband simuliert wurde. Die schwenkbare Aufhängung des Modells ermöglichte Seitenwinduntersuchungen mit Gierwinkeln des Modells bis zu 10°, was typischen Seitenwindströmungsverhältnissen im Betrieb entspricht. Als generisches Basismodell wurde die vereinfachte Geometrie eines Tragwagens für Container und Wechselbrücken Lgs 580 im Maßstab 1:10 verwendet, aerodynamische Verbesserungen wurden angebracht und verglichen. Der Luftwiderstand wurde anhand der aerodynamischen Kräfte am Vollgüterwagenmodell mit Container bewertet, die mit einer 6-Komponenten-DMS-Waage gemessen wurden (Abb. 3). Mehr als 50 verschiedene Konfigurationen wurden gemessen, und weitere Kombinationen werden für zukünftige Messungen im Hinblick auf den Nutzen einzelner Maßnahmen in Betracht gezogen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass durch einfach umsetzbare Maßnahmen wie das Abdecken von Rauigkeiten in der Grundrahmenkonstruktion eine deutliche Reduzierung des Luftwiderstands um 8–24 % erreicht wird. Als beste aerodynamische Maßnahme wurde eine Vollverkleidung am Unterboden mit einer Verbesserung von 31 % ermittelt. Die

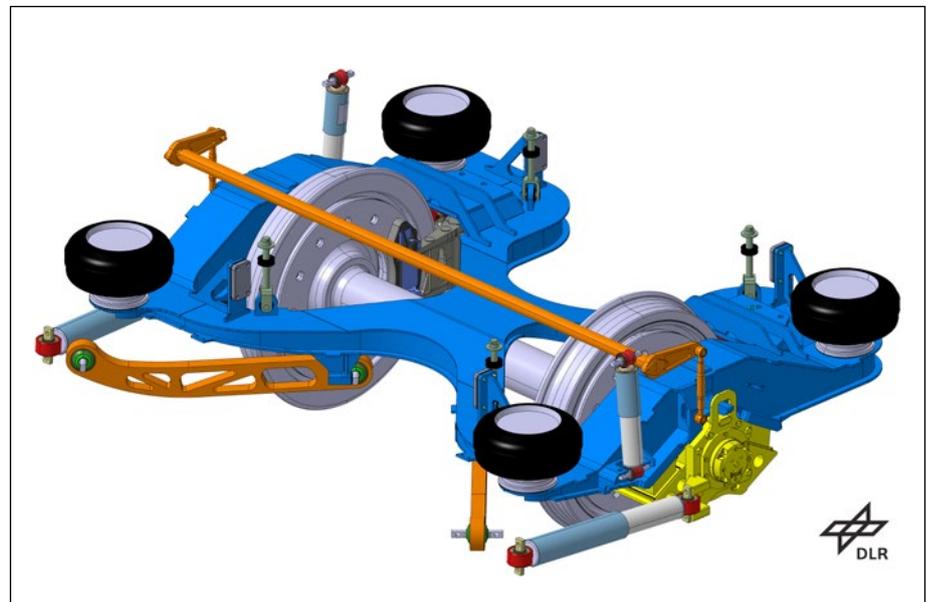


Abb. 4: CAD-Modell des Fahrwerks, blau: Fahrwerksrahmen, orange: Teile zur Lastübertragung (Zug-Druck-Stangen, Stabilisator)

Quelle: DLR

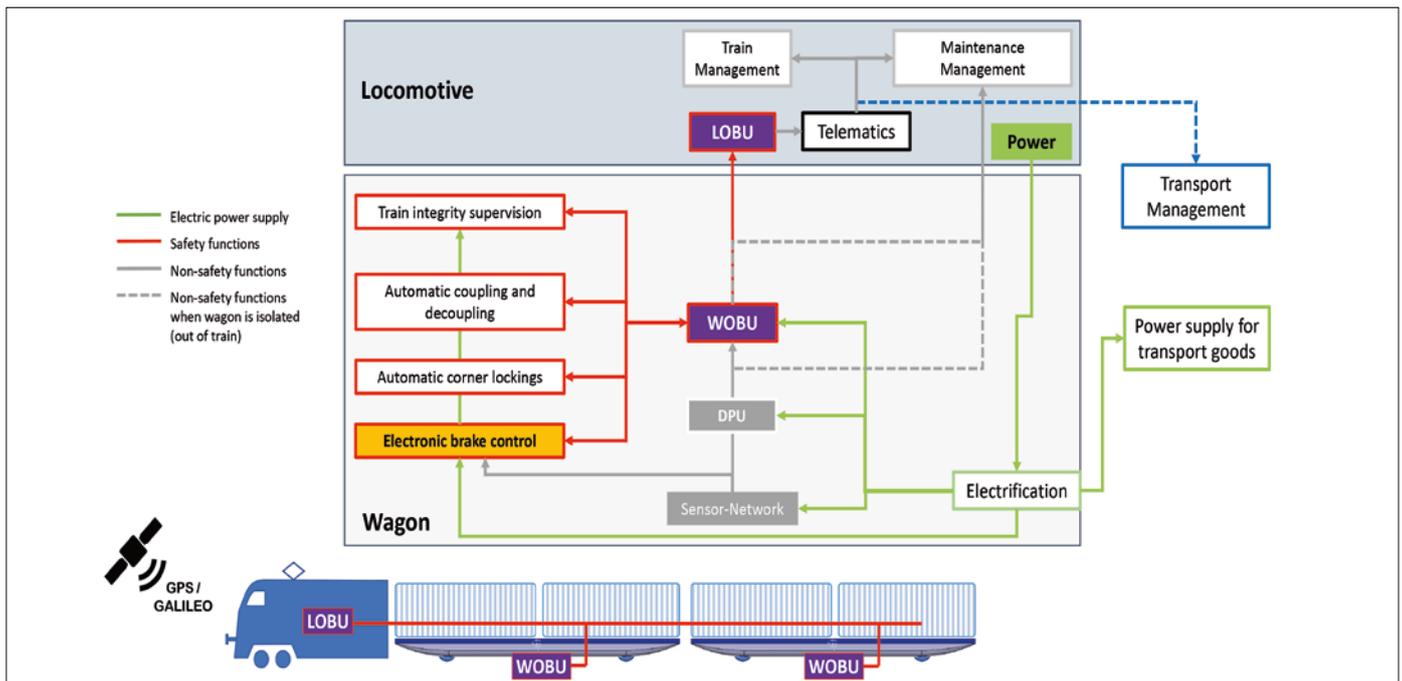


Abb. 5: STI-System und Funktionen, ConTraffic 2021

Quelle: [4]

vollparametrische Geometrieuntersuchung von Form und Größe von aerodynamischen Verkleidungen und Seitenschwellern bietet Herstellern Empfehlungen für ein optimiertes Wagendesign zur Verbesserung der Energieeffizienz von Güterzügen der nächsten Generation. Basierend auf der Machbarkeit und der signifikanten Auswirkung auf den Luftwiderstand, wurde eine modifizierte Maßnahme für die finale Konstruktion des Wagens ausgewählt.

Fahrwerk CFW-850-1

An das Fahrwerk des Wagens werden spezielle Anforderungen gestellt:

- Ladehöhe von unter 1000 mm
- Einsatz von Scheibenbremsen
- eine Achse pro Fahrwerk
- Einsatz von Luftfedern als Sekundärfederstufe
- Beschädigungen an Fahrwerk und Infrastruktur verringern
- niedrige Lebenszykluskosten

▪ hohe Laufstabilität auch bei höheren Geschwindigkeiten.

Aufgrund dieser Anforderungen besteht die Notwendigkeit, ein komplett neues Fahrwerk zu entwickeln (Abb. 4). Bei der Entwicklung des Fahrwerks sind FE-Berechnungen und Mehrkörpersimulationen durchgeführt worden. Für die Berechnung sind alle geforderten Lasten der EN 13749, die Dämpferlasten, harte Anschlaglasten sowie spezielle Situationen wie Heben und Versagensszenarien berücksichtigt

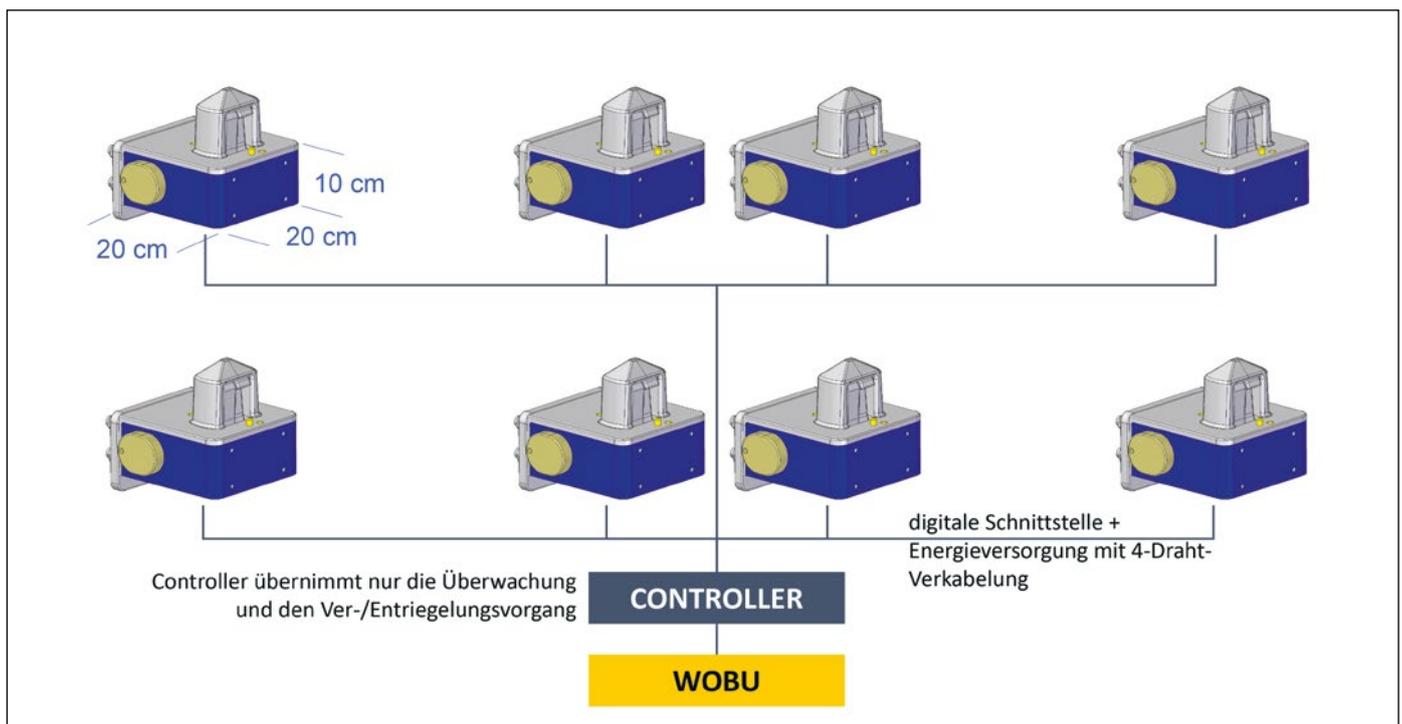


Abb. 6: Architektur des ACL-Systems, ConTraffic 2021

Quelle: [4]

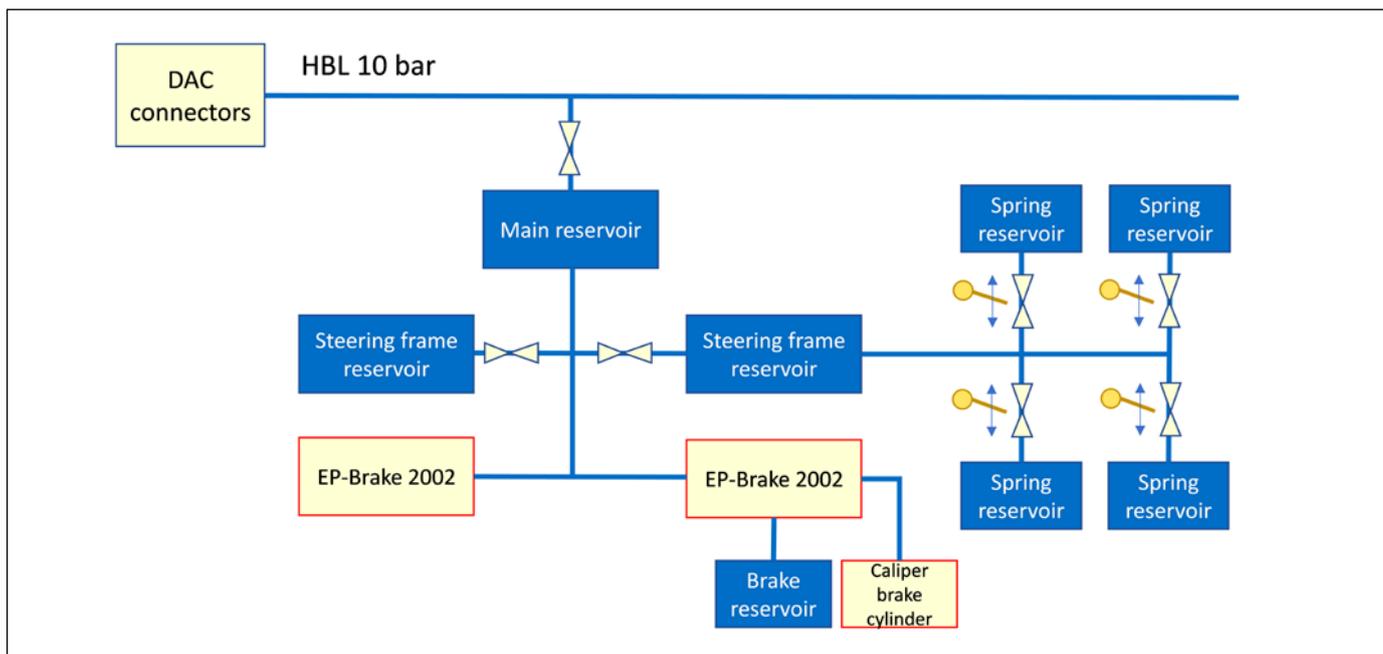


Abb. 7: Anschlusschema für die Verrohrung des Luftfedersystems, ConTraffic 2021

Quelle: [5]

worden. Der Rahmen des Fahrwerks wird aus S355 J2 gefertigt und hat dabei eine Masse von ca. 560 kg. Der Radsatz wird für eine Betriebsdauer von 1,6 Mio. km sicher ausgelegt. Danach wird der Radsatz ohne weitere Prüfung ersetzt und recycelt, um bei sehr hoher Zuverlässigkeit den Wartungs- und Inspektionsaufwand zu begrenzen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit einer frühzeitigen Erkennung von Rissen gesteigert. Insgesamt hat das komplette Fahrwerk mit allen Komponenten eine Masse von ca. 2870 kg. Das Fahrwerk verfügt über eine zweistufige Federung. In der Primärstufe ist der Radsatz über Gummifedern vom Fahrwerksrahmen entkoppelt, während die Verbindung zwischen Fahrwerksrahmen und Wagenkasten über vier Luftfedern, zwei Zug-Druck-Stangen und diverse Dämpferelemente hergestellt wird. Die Zug-Druck-Stangen leiten die Längs- und Querkräfte zwischen Wagen und Fahrwerk ab, z.B. mit Längsbeschleunigungen von 3g. Die äquivalente Kraft in der Achse der Stangen beträgt ca. 56 kN. Um die Masse der Stangen zu reduzieren, wurde auch bei diesen Komponenten eine Topologieoptimierung durchgeführt. Die Anordnung der Zug-Druck-Stangen bildet einen virtuellen Drehpunkt in der Mitte des Fahrwerksrahmens und ermöglicht somit eine lastunabhängige Radialstellung des Radsatzes in engen Bögen. Bei hohen Geschwindigkeiten hingegen grenzen zwei Schlingerdämpfer diese Gierbewegung ein und sorgen somit für einen stabilen Lauf.

Zur Bewertung der fahrtechnischen Eigenschaften wie Fahrstabilität und Entgleisungssicherheit wurde die EN 14363 herangezogen, und es wurden Mehrkörpersimulationen durchgeführt. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst der unbeladene Wagen bis 200 km/h eine hohe Laufstabilität ausweist.

Safe-Train-Integrity-System (STI)

Das STI-System ist eine Lösung für den Güterzug, die die allgemeine Integrität des Zuges und seiner Wagen überwacht und sicherstellt. Der beabsichtigte Zielzustand des Zuges im Betrieb soll aufrechterhalten werden. Die überwachten technischen Merkmale und Funktionen können in nicht sichere (z.B. Verschleiß- und Wartungsdaten) und sichere (z.B. Zugintegrität) unterteilt werden (Abb. 5). Analog zum Güterzug ist das System dezentral aufgebaut und über den Zug verteilt, sodass es in jedem Güterverkehrs-Produktionssystem eingesetzt werden kann.

Die Hauptkomponenten sind die Locomotive-Onboard-Unit (LOBU), die WOBU und die Data-Processing-Unit (DPU), die unabhängig voneinander arbeiten und über ein segmentiertes Kommunikationssystem Daten austauschen. Die gewünschte Gesamtfunktion ergibt sich aus dem Zusammenspiel dieser Komponenten, das über eine Routine bei der Zugbildung initialisiert wird. Darüber hinaus verfügt jeder Wagen über ein elektronisches Bremssteuerungsmodul, das über das Kommunikationsnetz der STI mit dem Bremssteuergerät der Lokomotive kommuniziert und von der WOBU des jeweiligen Wagens mit Steuerbefehlen, beispielsweise Notbremsung bei Zugteilung zur Unzeit (Kupplungsabriss), versorgt wird. Funktionen für eine automatisierte Zugbildung und deren Modifikation werden den sicheren Funktionen zugeordnet, wenn sie einen sicheren Betrieb ohne weitere Prüfung durch Personal ermöglichen. Darüber hinaus soll der Güterzug von morgen unter Randbedingungen arbeiten, die im heutigen UIC-Güterverkehrssystem nicht zulässig sind. Dies gilt vor allem für die Ladungssicherung und das Bremssystem.

Alle sicherheitsrelevanten Funktionen werden der höchsten Sicherheitskategorie SIL4 nach EN 50126 ff. zugeordnet. Grund hierfür ist, dass bestimmte Funktionen wie die Zugintegrität in das Sicherheitsniveau der Zug-sicherung passen müssen. Insofern ist die dezidierte Risikobestimmung der übrigen sicherheitsrelevanten Funktionen nur von theoretischem Interesse, da es aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll ist, zwei oder mehr Sicherheitssysteme mit abgestufter Sicherheit in einem Zug zu betreiben. Ferner bietet ein SIL4-Sicherheitssystem das Potenzial, die weitere Automatisierung zusätzlicher Funktionen des Zugbetriebs zu forcieren, da dann ein technisch sicherer Ersatz für den Wegfall manueller Prüfverfahren angeboten und im Nachweis für die Zulassung argumentiert werden kann.

LOBU und WOBU sind grundsätzlich als SIL4-Systeme konzipiert. Nicht sichere Prozesse und Berechnungen, z.B. Trendanalysen von Zustandsdaten, werden an die DPU ausgelagert. Diese kann aus mehreren zentralen oder dezentralen Steuerungen bestehen.

Automatische Containerverriegelung

Eine Ladungssicherung im Kombinierten Verkehr ist heute nicht üblich. Dies kann und soll für den zukünftigen SGV nicht toleriert werden. Zum einen erfordert dieser Ansatz eine doppelte Stützkonstruktion für den Container bzw. Wechselbehälter und das Fahrgestell, was zu zusätzlichem Gewicht führt. Ferner ist der Zug bei Böen und Druckschwankungen gefährdet, da leichte Container herausgehoben werden könnten. Dieses Risiko nimmt sowohl mit steigender Geschwindigkeit des Güterzuges selbst und entgegenkommender Züge zu. Aus diesem Grund gibt es z.B.

Begegnungsverbote in Tunneln mit schnell fahrenden Personenzügen.

Mit dem EMW verfolgt CFW einen Ansatz schnell fahrender Züge, deren Leergewicht so weit reduziert wird, dass ein Zugbetrieb ohne Container nicht mehr unter allen Betriebsbedingungen gewährleistet werden kann. Da dies sowohl aus logistischen (Containerumschlag) als auch aus aerodynamischen Gründen nicht angestrebt wird, bilden Container und Fahrgestell im Betrieb eine Einheit, die die Fahr- und Aerodynamikstabilität des Zuges gewährleistet. Aus dieser Überlegung leitet sich die Sicherheitsfunktion einer zuverlässigen Verriegelung der Ladefläche des Wagens ab, wie sie auf der Straße Stand der Technik ist.

Auf den EMW werden Wechselbehälter und Container grundsätzlich verriegelt, um ein höheres Maß an Sicherheit bei gleichzeitig höherem Automatisierungsgrad zu ermöglichen. Die Eckverriegelungen auf der Ladefläche erfolgen mit Schlössern des Quicklock-Systems, die zu diesem Zweck durch ein Antriebs- und Sensorsystem zur vollautomatischen Bedienung und Überwachungsmöglichkeit ergänzt werden. Das gewählte Prinzip ermöglicht eine bessere Automatisierbarkeit an unterschiedliche Höhen in den Eckverriegelungen von Wechselbehältern als der

drehbare Standardverriegelungskopf anderer Lösungen.

Der Antrieb ist auf der Rückseite der Einheit integriert. Es wird eine Steuerung für alle acht Schlösser zur Überwachung und Ansteuerung der Antriebseinheiten geben. Entsprechend der unterschiedlichen Verriegelungshöhen der Wechselbrückenplatten werden die Motoren mit einer verriegelungskraftgesteuerten Antriebseinheit versehen, und die Verriegelungssteuerung vergleicht die Position jeder Plattform. Der schematische Aufbau der automatischen Containerverriegelung (engl.: Automatic Corner Lockings, ACL) ist in Abb. 6 dargestellt.

Level Control

Für das neue Fahrwerk des CFW-Güterwagens ist eine Luftfederung vorgesehen (siehe Abschnitt Fahrwerk CFW-850-1, Abb. 7). Diese hat den Vorteil konstanter Federraten – unabhängig vom Lastzustand und Niveausgleich. Die geometrischen Verhältnisse im Zugverband bleiben somit in der Höhe konstant und schwanken nur durch die Unebenheiten im Zugverlauf.

Die Energieversorgung wird über Kupplungsköpfe und die Hauptluftbehälterleitung mit 10 bar realisiert. Die Steuerung der Höhen-

regelung ist in das STI-System integriert. Entsprechende Höhensensoren am Fahrwerk liefern die Signale zum Befüllen und Entlüften der Bälge bzw. zum Halten des Höhenniveaus. Die Parameter für die Federung wurden durch umfangreiche Fahrversuche mit einem Mehrkörpersimulationsmodell ermittelt und mit den übrigen Funktionsanforderungen zu einem Lastenheft für die Auslegung der Federn kombiniert. Die Lebensdauer der Luftfedern beträgt zwölf Jahre bzw. 1,6 Mio. km, sodass ein Austausch nur im Rahmen einer Generalüberholung zusammen mit dem Radatz notwendig wird.

Digitale Automatische Kupplung DAC

Der Prototyp des CFW-Güterwagens ist mit digitalen automatischen Kupplungen (DAC) auf beiden Seiten ausgestattet. Die in der Serie vorgesehene Verbindung von je zwei Wagen erfolgt mit festen Kuppelstangen. Als DAC kommen die auf Scharfenberg basierenden Lösungen zum Einsatz, weil nach ersten Tests davon auszugehen ist, dass nur mit diesem Typ der angestrebte hohe Automatisierungsgrad erreicht werden kann.

Bei dem CFW-Prototyp sind die Kupplungen mit Typ 5-Funktionalität voll integriert. Die Überwachung und Steuerung der automatischen Kupp-

RAIL-QUALITÄT AUS DEM HERZEN EUROPAS

Wir beliefern die Großen der Bahnindustrie. Wieso nicht auch Ihr Unternehmen?

Lernen wir uns kennen: Wir freuen uns auf Sie!



STAHLGUSS



SCHWEISS-KOMPONENTEN



BAHNFAHRZEUGE



InnoTrans 2022
Halle 22, Stand 210

Jetzt gleich Termin am Messestand vereinbaren auf www.mfl-rail.com

lung erfolgen durch das oben beschriebene STI-System. Die Energieversorgung wird mit dem 24-V-Bordnetz sichergestellt.

Die mechanische Integration in den Wagen erfordert grundsätzlich keine UIC-Tasche, da der CFW-Güterwagen nicht klassisch bei Geschwindigkeiten bis zu 12 km/h rangiert wird. Durch die zentrale Krafteinleitung über die Fahrwerkslängsmitte und Rangiervorgänge mit einer maximalen Geschwindigkeit von 4 km/h können Dämpfungselement und Tragelenk sehr kompakt in den Wagenkasten integriert werden. Damit wird ein sehr geringer Abstand zum Nachbarwagen realisiert, der eine weitere signifikante Verbesserung der Aerodynamik herstellt.

Die geringere Kupplungshöhe des CFW-EMW, bedingt durch die oben beschriebene geringere Ladehöhe von unter 1000 mm, stellt betrieblich keine Herausforderung dar, da das Gesamtkonzept auf eine fest zugewiesene Lokomotive setzt und damit keine Kompatibilität zu UIC-Vorgaben notwendig ist. Für den Havariefall sieht der Bahnbetrieb Höhenausgleichsadapter für Scharfenberg-Kupplungen standardmäßig vor.

Zustandsüberwachung

Der EMW verfügt über ein intelligentes Zustandsüberwachungssystem bestehend aus Sensoren, die kontinuierlich die Eigenschaften der Fahrwerke überwachen. Triaxiale Beschleunigungssensoren an den Achslagern messen die dynamischen Fahrzeugreaktionen in einem breiten Frequenzbereich zwischen 0,8-8000 Hz in allen drei Raumrichtungen. Zusätzlich werden die Temperaturen der Radsatzlager gemessen.

Die hochfrequent abgetasteten Daten werden in der DPU vorprozessiert und gespeichert. Charakteristische Merkmale werden dabei nahezu in Echtzeit berechnet. Informationen über das Überschreiten von kritischen Grenzwerten können dann zusammen mit Daten anderer Telematikanwendungen in der WOBU gesammelt werden. Von dort werden die Daten entlang der Zug-Datenleitung (gemäß Abschnitt STI) an die LOBU weitergeleitet und können dem Triebfahrzeugführer dort über ein visuelles Interface sichtbar gemacht werden.

Neben der direkten Detektion von z.B. Warmer oder Heißläufern, bietet die gleichzeitige, automatisierte Analyse der verschiedenen Sensordaten die Möglichkeit, den Verschleiß einzelner Radsatzkomponenten zu überwachen. Auf diese Weise können Auffälligkeiten schon vor Eintritt einer signifikanten bzw. kritischen Zustandsveränderung detektiert, deren Ursachen diagnostiziert und die weitere Zustandsentwicklung prognostiziert werden, sodass eine prädiktive Instandhaltung ermöglicht wird. ■

Dieses Projekt wurde vom Shift2Rail Joint Undertaking (JU) unter der Fördervereinbarung (Grant Agreement) No 101004051 im Rahmen des EU-Förderprogramms für Forschung und Innovation Horizont 2020 gefördert.

QUELLEN

- [1] Migrationskonzept D1.2, FR8HUB, Shift2Rail, 2021, <https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/2021-11/fr8hub-migration-plan.pdf>
- [2] Kirkayak, L. et al.: Lightweight Design Concept Methodology of the Extended Market Wagon: A Shift2Rail Project, World Congress on Railway Research 2022, Birmingham, UK, 06.-10. Juni 2022
- [3] SBB Cargo: 5L-Güterwagen auf dem Weg zum Standard. Rail Business 50/20 S. 5; DVV Media Group GmbH, 2020
- [4] STI System and its functions in EMW, FR8RAIL III Deliverable D4.1, Shift2Rail 2021
- [5] Specification of prototype EMW intermodal, FR8RAIL III Deliverable D4.2, Shift2Rail 2021



Dr. Roland Bänsch
Geschäftsführer
ConTraffic GmbH, Berlin
roland.baensch@contraffic.com



Maxim Weidner
Projektmitarbeiter
ConTraffic GmbH, Berlin
maxim.weidner@contraffic.com



Dr. Jaizki Mendizabal
Associate Director
Information and
communications technologies
Ceit Research Center,
ESP-San Sebastián
jmendizabal@ceit.es



Julio Galipienzo
R&D Manager
CAF Miira, ESP-Gipuzkoa
jgalipienzo@caf.net



Dr. Arne Henning
Gruppenleiter
Institut für Aerodynamik
und Strömungstechnik
Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt DLR e.V., Göttingen
arne.henning@dlr.de



Dr. Benjamin Baasch
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Verkehrssystemtechnik
Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt DLR e.V., Berlin
benjamin.baasch@dlr.de



Nicolai Schmauder
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Fahrzeugkonzepte
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V., Stuttgart
nicolai.schmauder@dlr.de



Robert Winkler-Höhn
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Fahrzeugkonzepte
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V., Stuttgart
robert.winkler-hoehn@dlr.de



Christian Gomes Alves
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Fahrzeugkonzepte
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V., Stuttgart
christian.gomesAlves@dlr.de



David Krüger
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Fahrzeugkonzepte
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V., Stuttgart
david.krueger@dlr.de



Mathilde Laporte
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Institut für Fahrzeugkonzepte
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V., Stuttgart
mathilde.laporte@dlr.de