



MUSTER

DER **EI** EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK

Alternative Antriebe –

Umweltfreundlichere Ansätze
für Triebfahrzeuge

Infrastruktur –

Ökologische Einsparpotenziale
bei Bahnhofsumbauten

Grenzverkehre –

Dynamische Transition
im Bf Chiasso

Fahrweg –

Erhöhung der Wirtschaftlichkeit
von Gleisdurcharbeitungen

Instandhaltung –

Digitale Bestandsdokumentation
von Tunnelinnenschalen

VDEI

**Münchener Verkehrs-
lärmschutztage 2023**

09. - 10. März 2023
in München

HERAUSGEBER
VERBAND DEUTSCHER
EISENBAHN-INGENIEURE E.V.

VDEI



Eurail
press

Archiv

Ohne Umwege zu Ihren Fachartikeln

MUSTER

Jetzt
30 Tage
testen!

-  35.000 Beiträge
-  laufende Aktualisierung
-  individuelle Suchoptionen
-  Volltextsuche
-  Sofort-Download

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR

ETR
EISENBAHNTECHNISCHE
RUNDSCHAU

EIK
EISENBAHN INGENIEUR
KOMPENDIUM

SIGNAL+DRABIT
SIGNAL- UND DRABIT-
TECHNIK

Rail
BUSINESS

bahn manager

GÜTERBAHNEN
POLITIK · MARKT · TECHNIK

DER NAHVERKEHR
Österr./Schw. Nahverkehrsverkehr in Stadt und Region

Eurail
press

Archiv

www.eurailpress.de/archiv-testen

MUSTER

» Die Digitalisierung der Eisenbahn ist kein Selbstzweck! «

Dipl.-Ing. Thomas Vogel,
Leiter der Projektgruppe „Digitale Schiene“,
Ministerium für Verkehr des Landes Baden-Württemberg



An einer klugen Digitalisierung führt kein Weg vorbei

Der Neubau, Ausbau und Erhalt der deutschen Eisenbahninfrastruktur in Beton, Stahl und Schotter hinkt zunehmend der weiter steigenden Nachfrage hinterher – immer mehr Verspätungen, Verzögerungen und Störauswirkungen sind die Folge. Doch selbst wenn ad hoc die mehreren hundert Milliarden Euro zur Verfügung stünden, die nötig wären, um zahllose große und kleine Maßnahmen auch umzusetzen, bliebe es schlicht aussichtslos, in den gerade einmal etwa anderthalb Jahrzehnten, die für entscheidende Beiträge zu Verkehrswende und Klimaschutz noch verbleiben, diese auch in Gänze zu realisieren.

Die Erwartungen an die im Rahmen der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) vorangetriebene „Digitalisierung“ der Leit- und Sicherungstechnik (LST) sind auch deshalb gewaltig: 20, 30, 35 % mehr Kapazität stehen im Raum – ohne neue Gleise und noch in den 2030er Jahren. Die bisherigen Praxiserfahrungen mit neuen Stellwerken und European Train Control System (ETCS) in Deutschland sind hingegen durchaus ernüchternd: Die neuen Techniken führen vielfach nicht zu mehr, sondern zu weniger Fahrwegkapazität. Denn während Nebenwirkungen der neuen Techniken (wie verlängerte Systemlaufzeiten) noch allzu oft achselzuckend hingenommen werden, unterbleiben gleichzeitig naheliegende Optimierungen – beispielsweise in der Blockteilung.

Um die DSD zum Erfolg zu führen, ist der Bund gefordert, die Rahmenbedingungen für die DSD-Infrastruktur- und Fahrzeugausrüstung klug zu gestalten, zu koordinieren und angemessen zu finanzieren. In der Koordination liegt dabei weit mehr als der bereits landläufig bekannte Schlüssel, eine teure und komplexe Doppel- bis Dreifachausrüstung der LST-Infrastruktur zu vermeiden: Nur mit einer aktiven, strategisch durchdachten wie auch selbstbewusst lenkenden Rolle des Bundes können im Gesamtsystem Bahn zahlreiche Weichen so gezielt gestellt werden, um im Zusammenspiel gleichermaßen effiziente und effektive Lösungen

zu schaffen. Beispielsweise können nur so für den zukünftigen Bahnbetrieb wesentliche Techniken wie das hochautomatisierte Fahren (ATO GoA 2), der GSM-R-Nachfolger FRMCS oder Zugintegritätsüberwachung (TIMS) für ETCS Level 3 gleich effizient mitbeschafft und „in einem Guss“ bei der ETCS-Ausrüstung von Fahrzeugen integriert werden – um anschließend die LST- und Funkinfrastruktur deutlich zu verschlanken und gleichzeitig effizienter zu nutzen. Die Forderung der Beschleunigungskommission Schiene nach einer „schlagkräftigen Roll-out-Organisation“, die am 12. Oktober 2022 einstimmig ergangene Aufforderung der Verkehrsministerkonferenz zur Gründung einer „DSD GmbH des Bundes“, aber auch wesentliche der im Digitalen Knoten Stuttgart (DKS) gewonnenen (und im EI 1/2023 umrissenen) Erfahrungen, die zudem Eingang in die abgeschlossene Evaluierung der DKS-Förderrichtlinie für die DSD-Fahrzeugausrüstung gefunden haben, unterstreichen den Ruf nach einer aktiv gestalteten Rolle des Bundes überdeutlich.

Die Digitalisierung der Eisenbahn ist bei alledem kein Selbstzweck. Sie ist – klug gestaltet und von passgenauen konventionellen Infrastrukturmaßnahmen begleitet – schlicht der einzige Weg, um in der uns verbleibenden Zeit und mit endlichen Mitteln tatsächlich sehr viel mehr Züge zu fahren. Damit dies gelingen kann, sind wir als Eisenbahningenieure mehr denn je unermüdlich gefordert, das Gesamtsystem Bahn mit großem Sachverstand zu gestalten.

Jhr Thomas Vogel

MUSTER

EDITORIAL



Marcel Jelitto, Chefredakteur

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

ich hoffe, Sie sind gut ins neue Jahr gekommen! Der fürchterliche Krieg in der Ukraine und die Auswirkungen wie Energiekrise und Inflation begleiten uns nun schon fast ein Jahr. Hoffen wir, dass zeitnah zumindest ein Waffenstillstand verhandelt werden kann.

Die Klimadebatte und die damit verbundene notwendige Reduktion der fossilen Brennstoffe war letztes Jahr überwiegend durch die Schlagzeilen der „letzten Generation“ geprägt. Ein wichtiger Schritt zur Reduktion ist dabei, dass mehr Menschen vom Auto auf umweltfreundliche Verkehrsmittel wie die Bahn umsteigen. Dazu soll in diesem Jahr u. a. das 49-EUR-Ticket als Nachfolger des 9-EUR-Tickets sorgen und einen einfachen Zugang zum System Bahn bieten, ganz ohne Tarifwaben und -zonen.

Daneben wird seit einigen Jahren an alternativen Antriebskonzepten gearbeitet. In diesem Heft haben wir einen Artikel von Dr. Lars Schnieder zur Wasserstoffthematik vorbereitet. Die Wasserstoffzüge sind seit letztem Fahrplanwechsel im Taunus unterwegs, allerdings mit holprigem Start und einigen technischen Schwierigkeiten.

Auch das Thema „Digitaler Knoten Stuttgart“ wird uns dieses Jahr weiter beschäftigen – für dieses Jahr haben wir schon einige spannende Artikel für Sie geplant. In diesem Heft geht es um die neuen Doppelstocktriebzüge, die dort eingesetzt werden sollen.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre, bleiben Sie gesund!

Ihr

Marcel Jelitto



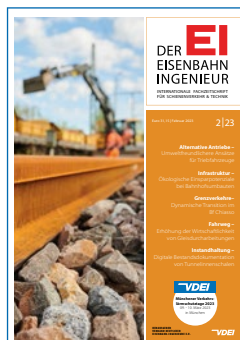
06



18



34



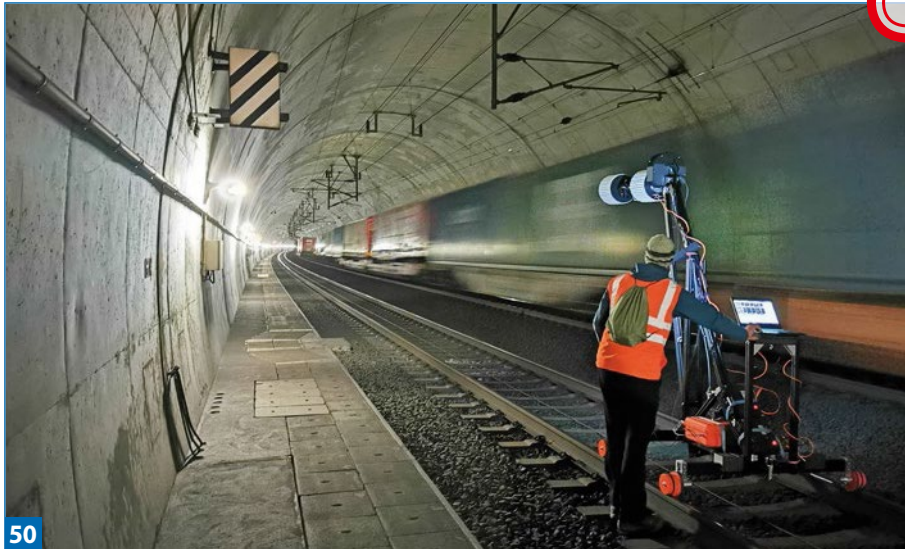
Text zum Titelbild:

Die geplanten Kapazitätserhöhungen im Bahnverkehr erfordern eine vorausschauende und ressourcenschonende Instandhaltung der Infrastruktur. Der Schotter spielt in der Wahrnehmung jedoch häufig nur eine Nebenrolle. Der Beitrag auf S. 34 betrachtet die Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Gleisdurcharbeitung durch das optimale Zusammenspiel von Stopfen, Stabilisieren und Profilieren.

Quelle: Stefan Wildhirt / Deutsche Bahn AG

MUSTER

DER EISENBAHN INGENIEUR



50

STANDPUNKT

Thomas Vogel

- 03 An einer klugen Digitalisierung führt kein Weg vorbei**

FACHBEITRÄGE

Marco Brey | Lars Schnieder

- 06 Lösungsansätze für alternative Antriebe von Triebfahrzeugen**

Constantin Druckenbrod | Martin Klust | Thomas Glaß

- 11 Neue Doppelstocktriebzüge für den Digitalen Knoten Stuttgart**

Kai Hofmann | Rustam Tagiew | Roman Tilly | Christian Klotz | Markus Reinhardt

- 16 Standortbestimmung des DZSF zum Thema ATO**

Grit Gläsel | Robert Werner Grabowski | Sabrina Neidhart | Leonie Pampel | Lara Würtenberger

- 18 Blick hinter die Kulissen des Bordservice der DB Fernverkehr AG**

Jürgen Egger | Christina Ferreira | Matthias Landgraf

- 24 Ökologische Einsparungspotenziale im Infrastrukturbau**

Kathleen Tischler | Pietro Ottini | Franco Moser

- 30 Länderübergreifender Ausbau des Bahnhofs Chiasso**

Marc Demml | Hannes Steinwenker

- 34 Schotterprofilierung im Kontext der mechanisierten Gleisdurcharbeitung**

Sophie Nottbeck | Andreas Beck | Christoph Kuttelwascher | Olaf Schulz | Rafael Vincenz

- 40 Gute Fahrt in D-A-CH durch hohe Stopfqualität**

René Sonnenberg

- 45 Gleislagefehler durch Bodenschumpfung**

Michael Mett | Jascha Urbanski | Andreas Wagner | Max Zimmer

- 50 Modernstes Tunnelscanning im DB-Eisenbahnnetz**

RUBRIKEN

- 55 Veranstaltungen | Bahn-Nachrichten**

- 61 Personalia**

- 64 Impressum**

- 65 Rail-Web-Weiser**

- 68 Industrie-Report**

VDEI

- 69 VDEI-Veranstaltungen**

- 72 VDEI-Nachrichten**

Wir möchten hiermit darauf hinweisen, dass wir in den Fachbeiträgen aufgrund der besseren Lesbarkeit entweder die männliche oder weibliche Form von personenbezogenen Hauptwörtern wählen. Wo möglich verwenden wir geschlechtsneutrale Alternativen. Meinungsbeiträge können auf ausdrücklichen Wunsch der verfassenden Person von dieser Regel ausgenommen sein. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung anderer Geschlechtsidentitäten..



Eurailpress Fachartikelarchiv

Alle Beiträge mit diesem Symbol sind unter www.eurailpress.de/archiv/ dauerhaft hinterlegt.

Finden Sie weitere Aufsätze der Autoren oder nutzen Sie die Volltextsuche für Ihren individuellen Informationsbedarf. Abonnenten steht dieses Angebot kostenlos zur Verfügung.

Lösungsansätze für alternative Antriebe von Triebfahrzeugen

Die Schiene soll noch umweltfreundlicher werden, dafür gibt es eine ganze Reihe von technischen Optionen.

MARCO BREY | LARS SCHNIEDER

Der Schienenverkehr leistet bereits heute einen wesentlichen Beitrag zum umweltfreundlichen Transport von Gütern und trägt zur ressourcenschonenden Mobilität im Alltag bei. Die Leistungsfähigkeit soll weiter ausgebaut werden, die Strategie dabei ist klar: Weg von fossilen Brennstoffen und hin zu erneuerbaren Energien. Für die Triebfahrzeuge auf der Schiene bedeutet dies zunächst einmal den Einsatz von elektrischen Antrieben. Diese zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad aus und bieten die Möglichkeit, mithilfe der generatorischen Bremsen elektrische Energie zurückzugewinnen. Verschiedene Strategien und Optionen existieren bereits, Neuentwicklungen kommen hinzu. Der Beitrag stellt die verschiedenen Lösungsansätze vor und gibt einen Ausblick.

Einleitung

Elektrische Antriebe von Schienenfahrzeugen (Lokomotiven, Triebköpfe und Triebzüge) zeichnen sich durch sehr geringe Verluste und damit einen hohen Gesamtwirkungsgrad aus. Die elektrodynamische Bremse dient zur Rückgewinnung von kinetischer Energie. Die verfügbare elektrische Bremsleistung und die rückgewinnbare Energiemenge variieren je nach technischer Auslegung der Fahrzeuge (Anzahl und Leistung der Fahrmotoren). Darüber hinaus zeichnen sich die elektrischen Antriebe durch niedrige Lärmemission und geringere Instandhaltungsaufwendungen gegenüber Verbrennungsmotoren aus. Das technologische Ziel ist damit bereits seit Langem bekannt; ein vollelektrifiziertes Netz wäre daher ideal. Die Energieversorgung könnte über das derzeit rund 7900 km umfassende Bahnstromnetz (vorwiegend alte Bundesländer) und die Einspeisungen aus den Landesnetzen (vorwiegend neue Bundesländer) erfolgen. Im Jahr 2021 wurden bei DB Energie insgesamt 7445 GWh elektrischer Energie für Traktionsanwendungen (15 kV 16 2/3 Hz und Gleichstrom) verwendet. Der darunterliegende Strommix umfasste laut integriertem Bericht der DB AG einen Anteil von 62,4 % an erneuerbaren Energien [1]. Die Konzernplanung sieht einen Anteil von 100 % erneuerbarer Energie für das



Abb. 1: Übersicht: Traktionsart, DB Netze Infrastrukturregister

Quelle: [10]

Jahr 2038 vor. Der Elektrifizierungsgrad des deutschen Schienennetzes erlaubt allerdings zurzeit als auch in naher Zukunft keine abschließliche Energieversorgung der Triebfahrzeuge über Oberleitung oder Stromschiene. Der Elektrifizierungsgrad beträgt aktuell rund 61,5 % des Streckennetzes bei einer Betriebslänge (nur DB Netz) von 33401 km (Stand 2021) [2] (Abb. 1).

Auf das gesamte deutsche Eisenbahnnetz gesehen ist der Elektrifizierungsgrad noch geringer, wie Abb. 2 zu entnehmen ist. Deutschland bewegt sich damit im europäischen Mittelfeld. Die Kosten für eine vollständige Streckenelektrifizierung ohne Umstellung des rollenden Materials wurden von der

Bundesnetzagentur vor einigen Jahren mit rund 28 Mrd. EUR veranschlagt. Aufgrund der aktuellen Randbedingungen (u.a. gestiegene Rohstoff- und Energiepreise) ist dieser Wert noch deutlich zu niedrig angesetzt. Es wird also dauern, bis die Vollelektrifizierung tatsächlich umgesetzt werden kann. Priorisierungen für die nachträgliche Elektrifizierung von Strecken mit hoher Nachfrage und strategischer Bedeutung gibt es bereits seit Längerem [3]. Bei einer Differenzierung des Schienenverkehrs in die drei Segmente Schienenpersonenfernverkehr (SPFV), Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und Schienengüterverkehr (SGV) lässt sich feststellen, dass die überwiegende Verkehrsleistung (Pkm bzw. Tkm) im

MUSTER

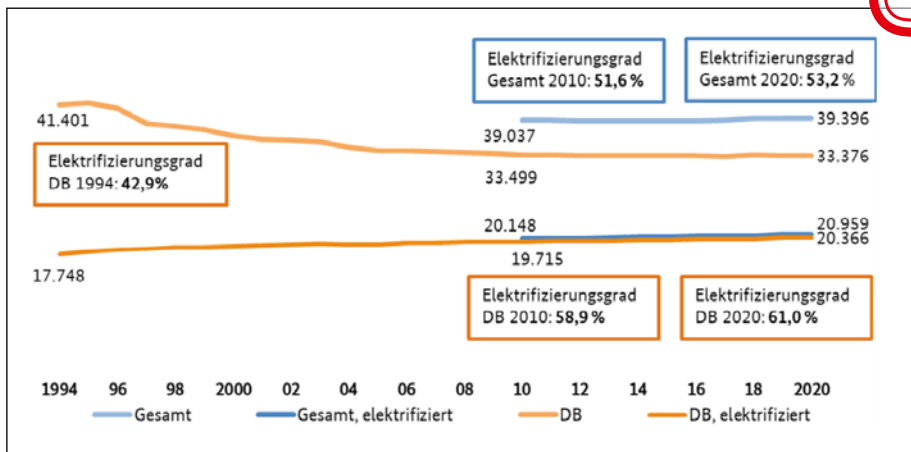


Abb. 2: Entwicklung des Streckennetzes und Elektrifizierung des Streckennetzes Quelle: [11]

SPFV (98 %) und SGV (93 %) bereits heute elektrisch erbracht wird. Lediglich der SPNV weist mit ca. 83 % einen deutlich geringeren Anteil auf [3].

Die Vollelektrifizierung anzustreben bleibt ein richtiges Ziel, der Weg dahin erfordert allerdings Interimslösungen in Form von alternativen Antrieben von Schienenfahrzeugen.

Alternative Antriebskonzepte

In den letzten Jahren wurden von den Schienenfahrzeugherstellern unterschiedliche Antriebskonzepte zur Ablösung der weitverbreiteten Dieseltraktion in Schienenfahrzeugen entwickelt. Einige befinden sich bereits im täglichen Einsatz, bei anderen steht die Markteinführung kurz bevor.

Fahrzeuge mit Wasserstoff-Brennstoffzellen

Die Nutzung von Wasserstoff stellt eine Möglichkeit zum CO₂-neutralen Betrieb von Schienenfahrzeugen dar. Für den CO₂-Fußabdruck ist dabei allerdings entscheidend, wie der eingesetzte Wasserstoff gewonnen wurde. Bei einer elektrolytischen Erzeugung mithilfe erneuerbarer Energien wird klimaneutraler „grüner“ Wasserstoff produziert. Alle anderen Arten von Wasserstoff, insbesondere der sogenannte „graue“ Wasserstoff, der aus Erdgas oder Kohle gewonnen wird, haben bei der Herstellung direkt mittlere bis hohe Kohlenstoffemissionen zur Folge und sind damit klimaschädlich. Die Betrachtung der Kraftstoffvorkette ist also an dieser Stelle entscheidend. Im Fahrzeug reagieren der Wasserstoff und der Umgebungssauerstoff in der Brennstoffzelle und wandeln die chemische Energie in elektrische Energie um. Als Nebenprodukt entsteht lokal lediglich Wasser und Wasserdampf.

Der gasförmige Wasserstoff wird auf dem Dach der Schienenfahrzeuge in speziellen Verbundmaterialtanks unter hohem Druck (ca. 350 bar) gespeichert. Größe und Gewicht der befüllten Tanks limitieren dabei die Reichweite des Schienenfahrzeugs.

Die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellen ist begrenzt und kann daher nicht direkt den elektrischen Antrieb des Fahrzeugs mit Energie versorgen, sodass ein zusätzlicher Batteriepuffer erforderlich ist. Damit die Brennstoffzellen möglichst kontinuierlich arbeiten können (optimaler Betriebspunkt), ist ein Energiemanagementsystem für die verschiedenen Phasen einer Zugfahrt erforderlich (Abb. 3):

- **Phase der Beschleunigung:** In dieser Phase fordert der Antrieb eine hohe Leistung ab, daher stellen Brennstoffzellen und Batteriesystem zusammen möglichst viel elektrische Leistung bereit.
- **Phase der Beharrungsfahrt:** In dieser Phase hat der Antrieb nur einen geringen Leistungsbedarf. Hier dominieren als Verbraucher die Nebenbetriebe für Bordnetz, Druckluftherzeugung und vorwiegend Heizungs-, Klimatisierungs- und Lüftungskomponenten.

In dieser Phase tun die Brennstoffzellen den Batteriespeicher wieder auf und stellen Energie für die Hilfsbetriebe zur Verfügung.

- **Phase des Auslaufens:** In dieser Phase können die Brennstoffzellen weitgehend abgeschaltet werden, die Batterie versorgt die Hilfsbetriebe ausreichend.
- **Phase des Bremsens:** In dieser Phase soll die Batterie möglichst viel Bremsenergie aufnehmen. Der Batterieladezustand (SOC – state of charge) muss also ausreichend niedrig sein, damit möglichst viel Energie zurückgewonnen und gespeichert werden kann.

Eine entscheidende Rolle bei Brennstoffzellen-Batterie-Fahrzeugen spielt die Auslegung der Brennstoffzellen sowie des Batterie- und Antriebsystems. Das Energiemanagementsystem kann den Wirkungsgrad des Fahrzeugs dabei entscheidend verbessern.

Reichweiten von Brennstoffzellen-Batterie-Triebzügen liegen mittlerweile in der Größenordnung von üblichen Dieseltriebfahrzeugen. Am 15. September 2022 wurde mit einem Serien-Wasserstoff-Batterie-Triebzug vom Typ Coradia iLint 54 des Herstellers Alstom die Reichweite von 1175 km auf der Strecke von Bamberg nach München Hbf mit einer Tankfüllung von rund 250 kg Wasserstoff erreicht [9]. Fahrzeuge mit dieser Technik können Dieseltriebzüge also schon heute ersetzen. In naher Zukunft nehmen in Nord- und Süddeutschland weitere wasserstoffgetriebene Fahrzeugflotten ihren Betrieb auf.

Hinsichtlich der Umwelt- und Klimafreundlichkeit sind Brennstoffzellen-Batterie-Triebzüge absolut ein Gewinn, allerdings gibt es auch einige Nachteile:

	Geschwindigkeit ↑				Zeit →
Phase des Fahrspiels	Beschleunigen	Beharren (konst. Geschwindigkeit)	Auslaufen	Bremsen	
Leistungsbedarf Triebfahrzeug	hoch (Beschleunigung)	gering (lediglich Nebenbetriebe + Ausgleich Fahrwiderstände)	gering (lediglich Hilfsbetriebe)	gering (lediglich Hilfsbetriebe)	
Leistungsbedarf Antrieb	maximale Beschleunigung	Ausgleich Fahrwiderstände	keine Traktion	Rekuperation	
Betriebsregime Brennstoffzelle	maximale Leistungsabgabe	reduzierte Leistungsabgabe (Nachladung)	reduzierte Leistungsabgabe (Nachladung)	ggf. keine Nachladung, weil ausreichender State of Charge erreicht	
Betriebsregime Batterie	maximale Leistungsentnahme	Nachladen			

Abb. 3: Phasen einer Zugfahrt

Quelle: eigene Darstellung

MUSTER

- H₂-Versorgungsinfrastruktur:** Für den Fahrzeugeinsatz wird eine entsprechende Wasserstoff-Tankinfrastruktur benötigt. Je nach Kapazität, welche sich aus der zu versorgenden Fahrzeugflotte ergibt, ist diese sehr kostenintensiv. Am günstigsten ist der Anschluss an eine H₂-Pipeline und am teuersten die Belieferung mit Tanktrailern und verflüssigtem Wasserstoff. Optimal wäre eine Elektrolyse-Anlage direkt vor Ort, die mit erneuerbarer Energie (Windkraft/Photovoltaik) versorgt wird; so kann der Wasserstoff auch zum Puffern von Ertragsschwankungen bei Wind- und Sonnenenergie dienen. Auch der Betankungsvorgang selbst kostet je nach Topologie der Fahrzeugtankanlage (Parallelisierung) und der Leistungsfähigkeit der Tankstelle (abhängig von Kompressorleistung und Größe der Zwischentanks) mehr Zeit und erfordert einen höheren technischen Aufwand. Dies liegt unter anderem in der erforderlichen Sensorik zur Bestimmung der optimalen Befüllrate, aufgrund der als Joule-Thomson-Effekt bezeichneten Temperaturänderung eines Gases bei der Druckminderung während des Tankvorgangs [5].
- Komplexe Technik:** Das Sicherheitsniveau von Brennstoffzellen-Batterie-Triebfahrzeugen ist sehr hoch. Allerdings ist der Instandhaltungsaufwand dafür auch entsprechend hoch. Tankanlage, Brennstoffzellen und Batterie sind dabei die Komponenten, die im Laufe des Fahrzeuglebens (30 Jahre) teilweise oder vollständig mindestens zweimal getauscht werden müssen. Dies führt zu entsprechend hohen Lebenszykluskosten (LCC – life cycle costs).
- Wirkungsgradkette:** Wesentlicher Schwachpunkt für die Wasserstofftechnologie in

der Umweltbilanz sind allerdings die im Vergleich zu anderen Antriebstechniken schlechteren Wirkungsgrade [6]. Bei alleiniger Betrachtung des Fahrzeugverbrauchs (Tank-to-wheel) ergibt sich unter Berücksichtigung der Rekuperationsfähigkeit des Triebfahrzeugs ein Wirkungsgrad von ungefähr 55 %. Bei nicht vorhandener Rekuperation (z. B. bei Konzepten für Brennstoffzellenantriebe an Rangierlokomotiven) sinkt der Wirkungsgrad auf ca. 46 %. Interessant ist dabei auch die Mitbetrachtung der Kraftstoffkette (Well-to-Wheel). Die Elektrolyse erfolgt mit einem Wirkungsgrad η von ca. 84 %, gefolgt von den Prozessschritten Verflüssigung ($\eta=80\%$), Lkw-Transport ($\eta=97\%$), Regasifizierung ($\eta=91\%$), Tankstelle ($\eta=97\%$) und schließlich der Umsetzung im Fahrzeug mit $\eta=55\%$. Beim Einsatz von elektrischer Energie aus 100 % erneuerbaren Energien ist so zurzeit ein Wirkungsgrad von ungefähr 31 % erreichbar.

Das liegt in etwa in der Größenordnung von herkömmlichen Dieseltriebfahrzeugen. Bei Verwendung von synthetisch hergestelltem Diesel aus erneuerbaren Energien, sog. „eFuel“, erreicht man derzeit einen Wirkungsgrad von ca. 17 %.

Wesentliche Schwachpunkte stellen die Verluste bei der Elektrolyse und dem Betrieb der Brennstoffzelle ($\eta\approx 50\%$) auf dem Fahrzeug dar.

Batterie-Elektrotriebfahrzeuge

Schienenfahrzeuge, die auf reinen Elektrofahrzeugen aufbauen und zusätzlich mit Batteriesystemen ausgerüstet sind, stellen die zweite Gruppe von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben dar. Das Fahrzeugkonzept ist recht einfach. In den Gleichspannungszwi-

schkreis eines modernen Triebfahrzeugs mit Dreiströmmotoren und ein Batteriepuffer installiert. Dieser kann während des Betriebs unter Oberleitung oder Stromschiene aufgeladen werden und gibt seine Energie während der Betriebs auf dem nichtelektrifizierten Netz an den Zwischenkreis ab. Ohne Fahrdraht oder Stromschiene kann trotzdem elektrodynamisch gebremst werden, und die Batterie nimmt die rückgewonnene elektrische Energie auf. Der Vorteil dieses Fahrzeugantriebskonzepts liegt vor allem darin, dass die Fahrzeuge sehr effizient sind und der Wirkungsgrad mit erneuerbarer Energie über Fahrdraht und Batterie mit ca. 75 % dicht an dem von reinen Elektrotriebfahrzeugen mit ungefähr 82 % liegt. Die Verluste beim Laden und Entladen der Pufferbatteriesysteme führen zum leichten Absinken der Energieeffizienz.

Limitierender Faktor für die Reichweite von Batterietriebfahrzeugen ist ausschließlich die Größe des Batteriespeichers. Wesentliche Stellgröße ist hier die mit der jeweiligen Batterietechnologie verbundene gravimetrische und volumetrische Energiedichte. Sowohl Fahrzeuggewicht als auch benötigter Bauraum sind aufgrund von einzuhaltenden Radsatzlasten, Meterlast als auch dem Fahrzeugbegrenzungsprofil bei Schienenfahrzeugen scharf begrenzt, gilt es doch eine möglichst geringe Betriebsmasse und möglichst viel Raum für die Passagiere und andere Bordsysteme zu erzielen. Weiterentwicklungen an den Batteriesystemen führen zu immer größeren Reichweiten für die Schienenfahrzeuge und erlauben damit die Befahrung von längeren nicht elektrifizierten Streckenabschnitten.



Abb. 4: Coradia iLint 54 BR 554.0 für die Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen mbH

Quelle: M. Brey

MUSTER

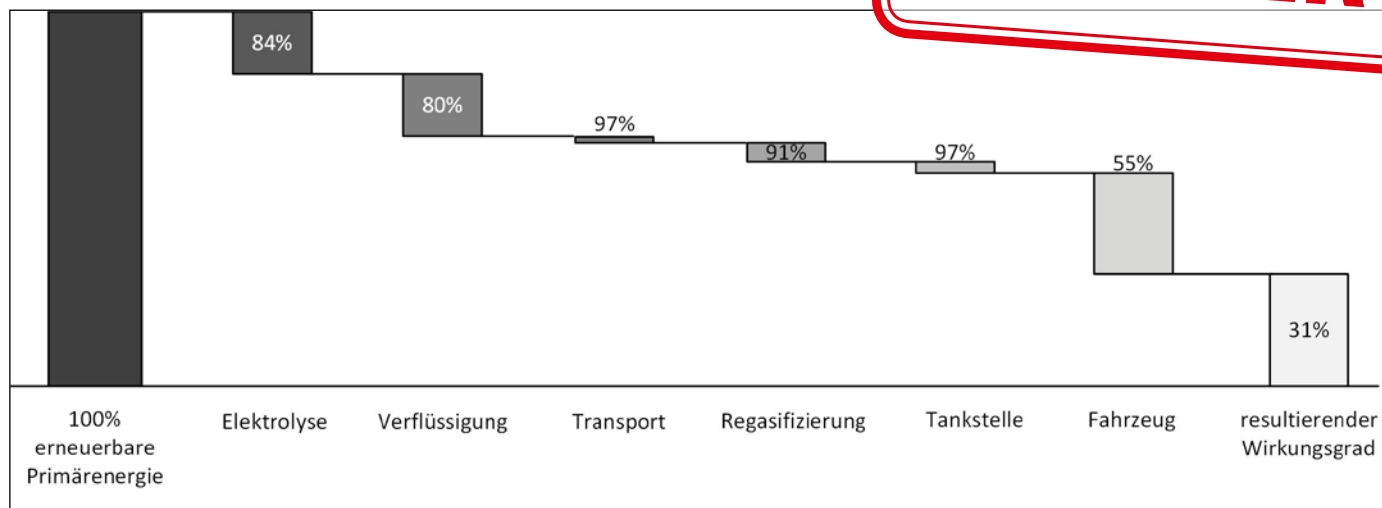


Abb. 5: Wirkungsgradkette Well-to-Wheel für H2-Triebzug

Quelle: Eigene Darstellung

Nachgewiesene Reichweiten von Batterie-triebzügen im SPNV (BEMU – battery electrical multiple unit) liegen abhängig vom Fahrzeugtyp, dem zugrunde liegenden Einsatzprofil, den Fahrwiderständen und vor allem von den Außentemperaturen (Klimaanlagen und Heizungsbetrieb) bei bis zu 185 km [8]. Werden die nicht elektrifizierten Streckenanteile Deutschlands auf mit Dieseltriebfahrzeugen befahrenen Strecken betrachtet, so könnten bereits mehr als 75 % dieser Strecken mit BEMU befahren werden. Betriebsabläufe müssen dabei natürlich an die Batteriekapazitäten (z. B. Ladezeiten und -orte) ggf. angepasst werden. Mithilfe von Oberleitungsinselanlagen, verlängerten Oberleitungsabschnitten bereits elektrifizierter Strecken oder Ladestellen an Streckenendpunkten könnten auch die übrigen Strecken erschlossen werden.

Ein wesentlicher Vorteil, der mit Batterie-Elektrotriebzügen verbunden ist, stellt die Weiterverwendung der Fahrzeuge auch bei nachträglicher Elektrifizierung von Strecken dar. Hinsichtlich der Performance kommt es allerdings auf das zugrundeliegende Fahrzeugkonzept an. Aus Gewichtsgründen werden die Fahrzeuge von Herstellern mit kleineren oder reduzierten Antriebskomponenten ausgestattet. Dies begrenzt im rein elektrischen Betrieb die Leistungsfähigkeit. Eine spätere Aufrüstung der Antriebe lohnt sich aufgrund des Änderungsaufwandes und der verbleibenden Restnutzungszeit der Schienenfahrzeuge meist nicht.

Nachteilig an Batterie-Elektrotriebzügen ist im Wesentlichen die begrenzte Lebensdauer der Batterie (Zykluszahl und Kapazitätsverlust) und bei nicht ausreichender Reichweite für die Befahrung von nichtelektrifizierten Streckenabschnitten auch die notwendige Ladeinfrastruktur. Neue Ansätze, wie in [12] beschrieben, führen allerdings zu deutlichen Einsparungen bei der Errichtung und beim Betrieb dieser Anlagen.

Ausblick

Die Vollelektrifizierung des deutschen Schienennetzes wird noch einige Jahrzehnte auf sich warten lassen. Einhergehend mit steigenden Passagierzahlen lassen sich weitere Elektrifizierungsprojekte strategisch planen. BEMU-Fahrzeuge können Dieselfahrzeuge zeitnah auf vielen nichtelektrifizierten Strecken ersetzen. Neuentwickelte Traktionsbatteriesysteme führen zur Reichweiten- und Lebensdauererhöhung. Für Strecken mit niedriger Verkehrsnachfrage und langen nicht elektrifizierten Abschnitten, die Investitionen in die Streckenausrüstung mit Fahrdraht nicht rechtfertigen, bieten die Wasserstoff-Batterie-Triebzüge eine gute Alternative.

Wirkungsgraderhöhungen in der Kraftstoffvorkette bei der Elektrolyse und bei den Brennstoffzellen im Schienenfahrzeug führen bei Wasserstoff-Batterie-Triebzügen zu Steigerungen in der Gesamtenergieeffizienz. Durch gezielte Optimierungen bei der Schienenfahrzeugentwicklung (z. B. Energiemanagement) können gezielt Leistungsverluste im Betrieb noch weiter reduziert werden. ■

QUELLEN

- [1] Integrierter Bericht Deutsche Bahn – 2021, https://www.deutschebahn.com/resource/blob/7343738/2399eacea035e260cd9838b0cfd0c0e6/Integrierter-Bericht-2021_download-data.pdf, 11.09.2022 10:20
- [2] Daten und Fakten 2021 – Deutsche Bahn, <https://www.deutschebahn.com/resource/blob/7537106/7d38dfcb4de528171002c09ae29ba705/DuF2021-data.pdf>, 11.09.2022 11:32
- [3] Allianz pro Schiene, <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/umwelt/elektromobilitaet/>, 11.09.2022 11:53
- [4] Die Farben des Wasserstoffs, EWE, (o. D.), <https://www.ewe.com/de/zukunft-gestalten/wasserstoff/die-farben-des-wasserstoffs>
- [5] Striednig, M.: Thermodynamische Analyse eines Betankungsprozesses mit Druckgas, Masterarbeit 2013, TU Graz
- [6] VDEI - Fachvortrag – „Elektromobilität Schiene – Wasserstoff-Batterie-Triebzüge / Batterie-Elektrotriebzüge“ auf der Schiene, 04.04.2022, VDEI Bezirksverein Hannover – Prof. Dr. Marco Brey
- [7] Alternativen zu Dieseltriebzügen im SPNV – Einschätzung des systemischen Potentiale, VDE (2019), <https://www.vde.com/resource/blob/1885872/5f42b90859412b8590d0c7539604b0bc/studie-alternativen-zu-dieseltriebzuegen-im-schienepersonnenahverkehr-data.pdf>
- [8] Stadler Rail, <https://www.stadlerail.com/de/medien/article/185-kilometer-reichweite-stadler-schliesst-forschungsprojekt-batterietechnologie-mit-dem-flirt-akku-erfolgreich-ab/918/>, 11.09.2022 12:14

[9] Alstom Press release and news (16.09.2022), <https://www.alstom.com/de/press-releases-news/2022/9/alstoms-coradia-iliint-legt-ohne-nachtanken-seiner-wasserstofftanks-eine>, 17.09.2022 15:58

[10] <https://geovdbn.deutschebahn.com/isr>, 11.09.2022 11:20

[11] Marktuntersuchung Eisenbahnen 2021, Bundesnetzagentur; https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Veroeffentlichungen/Marktuntersuchungen/MarktuntersuchungEisenbahnen/MarktuntersuchungEisenbahn2021.pdf?__blob=publicationFile&v=11, 11.09.2022 13:05

[12] Dschung, F.: 50-Hz-Schnelladestation für Batteriebetrieb: in: EI-DER EISENBAHNINGENIEUR 2/2022, S. 31-34



Prof. Dr.-Ing. Marco Brey

Professur für spurgeführte Verkehrssysteme
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Institut für Verkehrsmanagement (IfVM), Hannover
m.brey@ostfalia.de



PD Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder

Geschäftsführer
ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH, Braunschweig
Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen, Aachen
lars.schnieder@ese.de

Rail

BUSINESS

+ bahn manager

DAS WIRTSCHAFTSMAGAZIN FÜR DEN SCHIENENSEKTOR

MUSTER

JETZT NEU!

Jedes Rail Business-
Abo enthält ab
sofort den
bahn manager

IHR DOPPELPAK FÜR NACHRICHTEN DER BAHNBRANCHE:

- Rail Business liefert Ihnen wöchentlich die **wichtigsten Nachrichten** aus dem gesamten Schienenverkehrsmarkt.
- Der bahn manager ergänzt das Angebot im zweimonatigen Rhythmus mit **fokussierten Marktentwicklungen** und lässt Branchenakteure zu Wort kommen.
- Mit dem Zugriff auf das **Eurailpress-Archiv** sowie auf **erweiterte Inhalte** von Rail Business und bahn manager auf www.eurailpress.de sind Sie jederzeit direkt und schnell informiert.

Weitere Informationen: www.eurailpress.de/rail-business

MUSTER

Neue Doppelstocktriebzüge für den Digitalen Knoten Stuttgart

Damit die Verkehrswende gelingen kann, beschafft das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg neue Hochleistungszüge für u. a. mehr Kapazität und Zuverlässigkeit.



Abb. 1: Alstom Coradia Stream HC

Quelle: Alstom-Advanced-Design-&-Styling

CONSTANTIN DRUCKENBROD |
MARTIN KLUST | THOMAS GLASS

Die Erwartungshaltung in Baden-Württemberg ist klar: In den 2020er Jahren soll sich der Schienenverkehr zum Verkehrsträger der Zukunft entwickeln. Schnell, zuverlässig, digital, kurzum erstklassig. Bahn fahren muss attraktiv sein, um damit die Bürger zum Umdenken im Bereich der Mobilität zu bewegen. Damit diese politische Zielsetzung in Baden-Württemberg Realität wird, müssen die Verantwortlichen neue Wege beschreiten. Ein zentrales Thema für die Aufgabenträgerorganisation ist die Beschaffung von Schienenfahrzeugen, womit zentrale Rahmenbedingungen für Kapazität, Zuverlässigkeit, Nutzerfreundlichkeit und natürlich Wirtschaftlichkeit gesetzt werden. Deshalb beschafft das Land Baden-Württemberg 130 Doppelstocktriebzüge für den Hochleistungsbetrieb im neuen Digitalen Knoten Stuttgart.

Fahrzeuge des E-Netz Stuttgart-Bodensee setzen neue Maßstäbe

Wer im deutschen Regionalverkehr unterwegs ist, kennt das Problem: Schienenfahrzeuge mit steril und grell ausgeleuchteten Fahrgasträumen, harten Sitzen und lauten Durchsagen gleichen einem Operationssaal. Wer mehr Komfort haben will, muss mit dem Fernverkehr reisen. Selbst das Designbook [1] des Landes Baden-Württemberg für die Fahrzeugbeschaffungen der letzten Jahre kann sich dieses Vorwurfs nicht völlig erwehren. Aber auch der Fahrer eines VW Golf hat mittlerweile mehr Komfort, als der Regionalverkehr bieten kann. Um das Ziel des Landes zu verwirklichen, eine Verdopplung der Nachfrage bis zum Jahr 2030 im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) zu erreichen, müssen gezielt auch die Kundengruppen angesprochen werden, die bisher ihren eigenen Wagen in jedem Fall dem öffentlichen Nahverkehr vorziehen. Ohne diese Kundengruppen wird die Verkehrswende jedoch nicht gelingen.

Es wird Zeit, dass sich die zuständigen Aufgabenträger für den SPNV intensiver mit der Be-

schaffung und Instandhaltung von Schienenfahrzeugen beschäftigen. Dazu zählen aber nicht nur das Design und Innenlayout, sondern alle Bereiche des Fahrzeuges. Aufgabenträger sollten bei der Fahrzeugtechnik wieder mehr Know-how aufbauen, um erstklassige Fahrzeuge bauen zu lassen. Was in Ländern wie der Schweiz, Schweden oder auch Norwegen schon seit Jahren üblich ist, sollte auch für Deutschland gelten. Baden-Württemberg ist mit der Vergabe zum E-Netz Stuttgart-Bodensee (ESB) einen Schritt vorangegangen. Ziel war es, neue Maßstäbe zu setzen.

Im Mai 2022 wurde die größte Fahrzeugbeschaffung des Landes Baden-Württemberg und damit eine der größten in Deutschland im SPNV erfolgreich an Alstom S.A. vergeben [2]. Die Doppelstocktriebzüge des Typs Coradia Stream High Capacity (HC) bilden in Zukunft das Rückgrat des Regionalverkehrs im Ballungsraum Stuttgart. Die neue Flotte weist eine Mindestgröße von 130 Fahrzeugen auf. In der Zukunft besteht mit einer Nachbestelloption von bis zu 100 weiteren Fahrzeugen die Möglichkeit, auf geänderte Rahmenbedingun-



gen reagieren zu können. Diese Nachbestelloption wurde im Fahrzeuglieferungsvertrag für einen Zeitraum von bis zu sieben Jahren nach Erteilung der Fahrzeugtypgenehmigung für die Festbestellung zugunsten des Landes verankert. Insbesondere im Fall steigender Regionalisierungsmittel kann auf ein konfigurierbares und kompatibles Fahrzeug zurückgegriffen werden. Damit bleibt auch in Zukunft die Einheitlichkeit der Flotte bestehen.

Die Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h und die installierte Traktionsleistung von 5800 kW sind zwar offenkundig die markantesten Parameter, aber nicht die einzigen [2]. Gleichwohl wurde besonderes Augenmerk auf das optische Erscheinungsbild und den Fahrgastkomfort gelegt. Eine erheblich ausgeweitete 1. Klasse mit neuen Sitzen inklusive Loungebereich bringt Fernverkehrsstandards in den Regionalverkehr. Hierbei werden durch die Schaffung von sogenannten Konferenzabteilungen für die Fahrgäste der 1. Klasse auch Möglichkeiten geschaffen, den Zug als Büro zu nutzen. Damit wird das Ziel verfolgt, Berufspendlern eine Alternative in angenehmer Atmosphäre zu bieten. In der 2. Klasse wird es nach Nutzergruppen differenzierte Aufenthaltsbereiche geben, wie z.B. Ruhebereiche mit Sitzplatzreservierung im Obergeschoss, einen Familienbereich mit Kindersitzen sowie Sitzbänke für Reisegruppen.

Die Qualitätsverbesserungen waren nur möglich, weil im Vergabeverfahren die Fahrzeugausgestaltung in den Mittelpunkt gerückt wurde. Design, Fahrkomfort und Kundennutzen sind dabei nur ein Aspekt. Gleichzeitig sind im SPNV eines Ballungsraumes Hochleistungsfahrzeuge die einzige Möglichkeit, in den nächsten Jahren die angestrebte Nachfragesteigerung noch abbilden zu können.

Nur im Zusammenspiel zwischen der Infrastruktur, den Fahrzeugen und der Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik (LST) lassen sich die notwendigen Optimierungspotenziale heben [3].

An dieser Stelle werden die Rahmenbedingungen dargestellt, unter denen die Fahrzeugausschreibung durchgeführt wurde. In den nächsten beiden El-Ausgaben soll mit Fokus auf einzelne Themenfelder erläutert werden, welche Vorteile sich durch SPNV-Hochleistungsfahrzeuge ergeben.

Der Weg zum LCC-Modell in Baden-Württemberg

Mit dem Ende des großen Verkehrsvertrages zwischen dem Land Baden-Württemberg und der DB Regio AG im Jahr 2016 waren die Auswirkungen der Finanz- und Schuldenkrise vom Ende der 2000er Jahre immer noch spürbar. Private und mittelständische Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) standen vor der Herausforderung, konkurrenzfähige Angebote bei Verkehrsausschreibungen abzugeben (Abb. 2). Es bestand die Gefahr, dass die großen Marktteilnehmer ihre Marktmacht weiter ausbauen. Ein wesentlicher Grund dafür waren die niedrigen Kapitalkosten der großen Unternehmen [4]. Zur Steigerung des Wettbewerbs hat das Land Baden-Württemberg entschieden, den Bietern in den Vergabeverfahren ein Fahrzeugfinanzierungsmodell anzubieten. Hierzu wurde 2015 die Landesanstalt für Schienenfahrzeuge Baden-Württemberg AÖR (SFBW) gegründet [5] und das sogenannte „Baden-Württemberg-Modell“, kurz BW-Modell, etabliert (Abb. 2). In diesem Modell werden die Fahrzeuge durch die EVU jeweils auf ein Netz spezifiziert beschafft, jedoch direkt an die SFBW weiterverkauft. Die SFBW verpachtet

die Fahrzeuge unmittelbar wieder für die Laufzeit des Vertrages.

Die EVU übernehmen somit die Verantwortung für die technische Umsetzung der Anforderungen bei der Fahrzeugbeschaffung. Der Vorteil des Modells liegt maßgeblich in den sehr günstigen Kreditkosten, die die SFBW am Markt für die Fahrzeugfinanzierung erhält. Dies gelingt ihr dadurch, dass das Land mit Kapitaldienstgarantien für die Kreditwürdigkeit der SFBW im Falle eines Falles einsteht. Zwischen den EVU konnte so wieder Chancengleichheit bei den Kapitalkosten hergestellt werden. Die Folge war ein reger Wettbewerb [6].

Mit der vollständigen Inbetriebnahme von Stuttgart 21 und der Schnellfahrstrecke Wendlingen–Ulm wird sich der Regionalverkehr in Baden-Württemberg grundlegend ändern. Heute im Stuttgarter Hauptbahnhof gebrochene Linien werden in Zukunft durchgebunden verkehren. Damit ändern sich nicht nur die Fahrpläne, Umläufe und Netzzuschneitte, sondern auch die technischen Anforderungen an die Fahrzeuge (z.B. ETCS, Höchstgeschwindigkeit, Druckdichtigkeit usw.). Um diese sehr dynamischen Entwicklungen im SPNV in Baden-Württemberg fahrzeugseitig abbilden zu können, ist eine homogene Flottenstruktur erforderlich. Das bisher häufig verwendete BW-Modell zur Fahrzeugfinanzierung hat im Gegensatz dazu zur Bildung kleiner Fahrzeugflotten geführt. Die EVU optimieren die Fahrzeugbeschaffung nur innerhalb eines Verkehrsvertrages. Netzübergreifende Fahrzeugstrategien sind im BW-Modell schwer umsetzbar.

Die Fahrzeuge des ESB, mit denen die Hauptlast im Knoten Stuttgart in Zukunft gefahren wird, erbringen nach bisheriger Planung etwa 29,5 Mio. Zugkilometer pro Jahr [7]. Gute Wett-

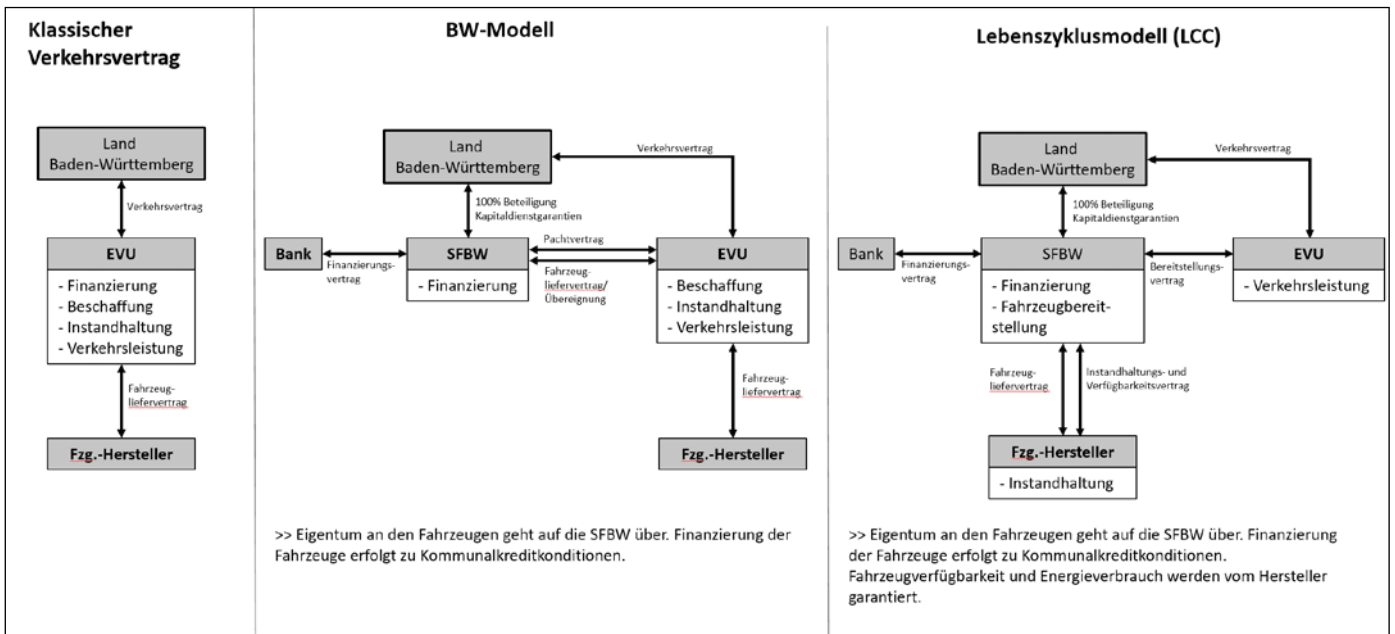


Abb. 2: Gegenüberstellung von Organisationsmodellen bei der Vergabe von Verkehrsleistungen im SPNV

Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg in Anlehnung an [8]

MUSTER

Anforderungen an Regionaltriebzüge mit Inbetriebnahme

bewerbsbedingungen in einem Netz dieser Größe sind schwer zu realisieren, da nur wenige EVU über eine derartige Leistungsfähigkeit verfügen. Gleichwohl hätte eine Losaufteilung mit BW-Modell eine einheitliche Flottenstrategie unmöglich gemacht.

Der Konflikt zwischen Wettbewerb und einheitlicher Fahrzeugflotte wurde mithilfe des Lebenszyklusmodells (Life-Cycle-Cost (LCC)-Modell) aufgelöst. In diesem Modell beschafft die SFBW im Auftrag des Landes die Fahrzeuge direkt vom Hersteller in Kombination mit einem Wartungs- und Instandhaltungsvertrag über die gesamte Lebensdauer (ca. 25-30 Jahre; Abb. 2).

Die Fahrzeuge werden analog dem BW-Modell wiederum den in der nachfolgenden Verkehrsausschreibung obsiegenden EVU über einen Pachtvertrag für den Betrieb beigestellt. In Abb. 2 sind die in Baden-Württemberg meist verwendeten Modelle zum Vergleich nebeneinander und vereinfacht dargestellt.

Bei einem klassischen Verkehrsvertrag liegen Finanzierung, Beschaffung und Instandhaltung der Fahrzeuge vollständig in der Hand des EVU. Das LCC-Modell führt einerseits zu Wettbewerb unter den Fahrzeugherstellern und andererseits zur Realisierung von Skaleneffekten in der Produktion, der Instandhaltung und im Betrieb. Gleichzeitig wird ein Anreiz für eine hohe Qualität der Fahrzeuge und der Instandhaltung geschaffen, da der Hersteller die Verantwortung für eine tägliche, hundertprozentige Verfügbarkeit der Fahrzeuge über den gesamten Lebenszyklus trägt. Für diese Verfügbarkeit, die der Fahrzeughersteller der SFBW gegenüber schuldet, erhält er über den gesamten Lebenszyklus hinweg ein Verfügbarkeitsentgelt. Bei Nichteinhaltung der geschuldeten Leistung muss der Hersteller über

den sogenannten Instandhaltungs- und Verfügbarkeitsvertrag erhebliche Abzüge hinnehmen. Es liegt also im Eigeninteresse des Herstellers, hochwertige Fahrzeugkomponenten zu verbauen.

Das LCC-Modell wurde erstmalig bei der Beschaffung von Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien im Netz 8 „Ortenau“ angewendet. Die SFBW und das Ministerium für Verkehr konnten im ESB-Verfahren auf bestehende Strukturen zurückgreifen.

Insgesamt ist festzustellen, dass trotz hoher Fahrleistungen, kürzerer Prozesszeiten, neuer digitaler LST und der höheren Komfortausstattung das Angebot im Vergleich zu vorangegangenen Beschaffungen sehr wirtschaftlich ausgefallen ist. Hier konnten aufgrund der hohen Fahrzeugmarge Skaleneffekte in Größenordnungen zugunsten des Landes Baden-Württemberg genutzt werden.

Eine weitere Besonderheit des in Baden-Württemberg angewandten LCC-Modells ist die zusätzliche Garantie des Herstellers für den Energieverbrauch. Bei dem langen Einsatz der Fahrzeuge legt letztendlich das Land als Finanzierer der Verkehrsleistungen erheblichen Wert darauf, dass die Fahrzeuge möglichst energieeffizient im Betrieb sind.

Mit Blick auf die Vergabe der Verkehrsleistungen besteht durch die Beistellung einer bestimmten Anzahl von Fahrzeugen an die EVU die Möglichkeit, die Verkehrsverträge flexibel zu gestalten und in einer wettbewerbsfreundlichen Größe zu halten. Natürlich muss an dieser Stelle als Nachteil des Modells angeführt werden, dass die Wertschöpfungskette der EVU und in der Folge die Gestaltungsspielräume zur Abgabe eines wirtschaftlichen Angebots für Verkehrsleistungen beschränkt werden.

Das Land Baden-Württemberg als Aufgabenträger für den SPNV hat mit der Entscheidung für das LCC-Modell die direkte Verantwortung zur Beschaffung neuer Doppelstocktriebzüge für den Knoten Stuttgart übernommen. Folglich nehmen die Organisationen des Landes jetzt neue Aufgaben wahr, für die zuvor andere Stellen, insbesondere bei den EVU, zuständig waren. Hierzu zählt auch das Entwickeln und Definieren der technischen Fahrzeuganforderungen.

Einen Überblick der Anforderungen für Schienenfahrzeuge aus Sicht des Aufgabenträgers im LCC-Modell gibt Abb. 3.

Einerseits sind die Anforderungen an die neuen Doppelstocktriebzüge des Landes natürlich von den Erfahrungen vorheriger Vergabeverfahren geprägt. Fehler, die im besonderen Fokus der beteiligten Akteure stehen, müssen vermieden werden. Andererseits setzen die verkehrspolitischen Zielsetzungen des Landes sowie die technisch-betrieblichen Rahmenbedingungen des Projektes Stuttgart 21 einen neuen Standard. Eine besondere Herausforderung ergibt sich zusätzlich durch das Pilotprojekt Digitaler Knoten Stuttgart [3]. In Kombination führt dies zu einem sehr anspruchsvollen Betriebsprogramm und gestiegenen Anforderungen hinsichtlich Leistung und Qualität. Die Hersteller stehen vor der Herausforderung, möglichst innovative Lösungen für neue Fragestellungen für Regionalverkehrsfahrzeuge (z.B. Bremsen/Beschleunigen, Aerodynamik/Druckkomfort, Prozesszeiten etc.) zu finden. Die gegenständliche Fahrzeugbeschaffung erforderte auch auf Aufgabenträgerseite neue Vorgehensweisen bei der Gestaltung von Anforderungen. Neben dem Einholen externer

STRAIL[®]lastic

SCHALLSCHUTZ 2.0

Ihre Vorteile - die all unsere Systeme bieten.



voller Lärmschutz
ein- und zweiseitige Montage



kurze Sperrzeiten
schnelle & einfache Montage



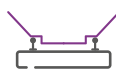
schnelle Baugenehmigung -
Einbau ohne Fundament



hoch absorbierende
Akustikoberfläche



keine Materialermüdung
durch Vibrationen



freie Sicht > an der Grenze
zum Regellichtraum

Schallschutz der nächsten Generation

Die neuen Schallschutzsysteme werden von nun an mit der neuen Generation der hoch absorbierenden Akustikoberfläche ausgestattet.

Darstellung der Anforderungen für Schienenfahrzeuge im LCC-Modell aus Aufgabenträgersicht

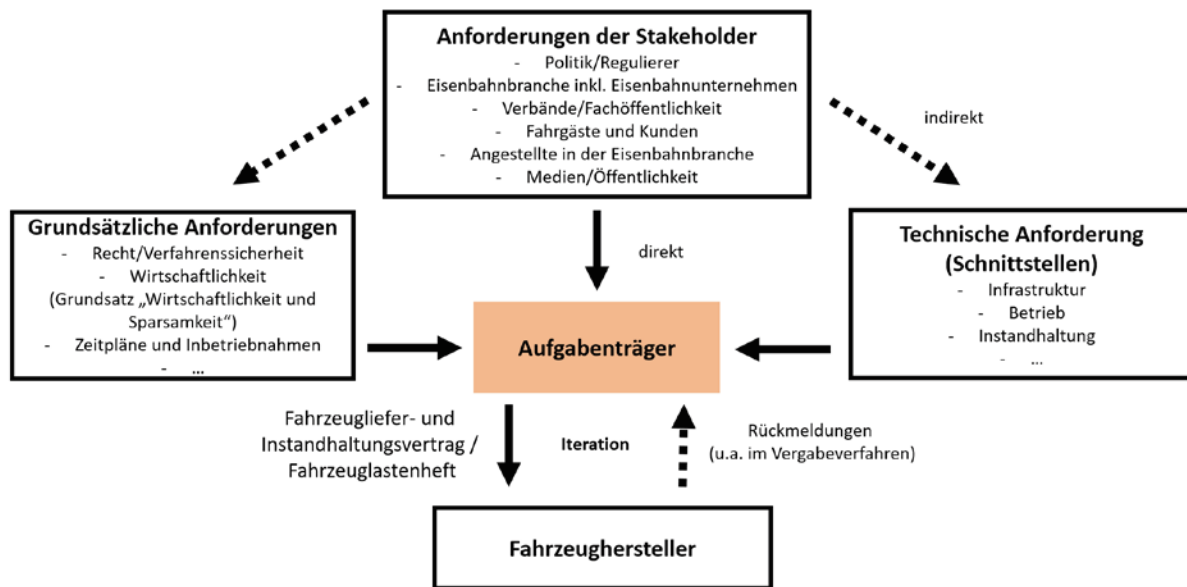


Abb. 3: Darstellung der Anforderungen für Schienenfahrzeuge im LCC-Modell aus Aufgabenträgersicht

Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg unter Einbezug von [9]Baden-Württemberg in Anlehnung an [8]

Fachberatung war und ist der Aufbau eigener Kompetenzen unerlässlich.

Prozessergebnis war schließlich das Fahrzeuglastenheft als Anlage des Fahrzeugliefervertrags. In den folgenden El-Ausgaben soll auf einzelne Aspekte des Fahrzeuglastenheftes detaillierter eingegangen werden.

Fazit

Der Verkehrsträger Schiene zeichnet sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit aus. Diese ist aber nur nutzbar, wenn Infrastruktur, Fahrzeuge und Betrieb perfekt ineinander verzahnt funktionieren. Die regulatorische Trennung von Betrieb und Infrastruktur hat in den letzten Jahren dieses Zusammenwirken erschwert.

Die Optimierung des „Digitalen Knotens Stuttgart“ hat deutlich gemacht, dass die Trennung überwunden werden kann. Voraussetzung dafür ist, dass alle Beteiligten dasselbe Ziel verfolgen. Dabei sind leistungsfähige Fahrzeuge ein relevanter Hebel, um auf bestehender Infrastruktur und mithilfe der digitalisierten LST das Zugangebot zu erhöhen bei gleichzeitig steigender Qualität.

Die Fahrzeugindustrie ist durchaus in der Lage, leistungsfähigere Fahrzeuge zu liefern, doch dafür muss es einen Markt geben. Damit die Verkehrswende in Ballungsräumen funktionieren kann, sind die Aufgabenträger besonders gefordert, die großen Potenziale im Fahrzeugbau einzufordern. Dabei sind die Erfahrungen aus dem Vergabeverfahren ESB auch auf andere Verkehrsausschreibungen anzuwenden, selbst wenn andere Beschaffungsmodelle gewählt werden. ■

QUELLEN

- [1] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. [Online] Abrufdatum 25.11.2022, 9:38 Uhr. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/zielkonzept-2025-fuer-den-schiennenpersonennahverkehr-spnv-in-baden-wuerttemberg/>
- [2] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. [Online] Abrufdatum 26.11.2022, 20:11 Uhr. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/so-sehen-die-130-neuen-doppelstockzuege-fuers-land-aus>
- [3] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. [Online] Abrufdatum 25.11.2022, 9:42 Uhr. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/so-sehen-die-130-neuen-doppelstockzuege-fuers-land-aus/>
- [4] Westen und Marx. Heuking. [Online] 2019. Abrufdatum 21.11.2022, 12:15 Uhr. https://www.heuking.de/fileadmin/DATA/Dokumente/Veroeffentlichungen/2019/05_El_Marx_Westen.pdf
- [5] SFBW. [Online] 2022. Abrufdatum 25.11.2022, 9:47 Uhr. <https://www.sfbw.info/die-sfbw>
- [6] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. [Online] 11.07.2016. Abrufdatum 21.11.2022, 15:15 Uhr. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/vertraege-fuer-stuttgarter-netze-unterzeichnet/>
- [7] TED. [Online] 2022. Abrufdatum 21.11.2022, 14:22 Uhr. <https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:569436-2022:TEXT:DE:HTML&src=0>
- [8] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. [Online] 2014. Abrufdatum 21.11.2022, 19:33 Uhr. https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/SPNV/Pr%C3%A4sentation_Bieterinformationsveranstaltung_Fahrzeugfinanzierung_140722.pdf
- [9] Deutsche Bahn AG. Integrierter Bericht 2021, Stakeholderdialog 2019. [Online] Abrufdatum 04.11.2022, 19:11 Uhr. <https://ibir.deutschebahn.com/2019/de/an-unsere-stakeholder/nachhaltigkeitsmanagement/gesellschaftliche-akzeptanz-durch-offenen-stakeholderdialog/klare-leitlinien-fuer-den-stakeholderdialog>



Dipl.-Ing. Constantin Druckenbrod
Referent
Fahrzeug- und Angebotsstrategie
constantin.druckenbrod@vm.bwl.de



M.Sc. Martin Klust
Referent
Fahrzeug- und Angebotsstrategie
martin.klust@vm.bwl.de



Thomas Glaß
Referent Vertragsmanagement
thomas.glass@vm.bwl.de

Alle Autoren:
Ministerium für Verkehr
Baden-Württemberg, Stuttgart

MUSTER

Wenn Präzision gefordert wird.



SPENO INTERNATIONAL



www.speno.ch
info@speno.ch