



**Fahrgastverband
PRO BAHN**

Arbeitsgruppe Alternative Antriebe

Positionspapier

Alternative Antriebe im Schienenverkehr



**Beschlossen durch
den Bundesausschuss
am 12.02.2022**

1 Management Summary

Für den Umstieg auf einen lokal emissionsfreien Eisenbahnbetrieb sieht der Fahrgastverband PRO BAHN die Vollelektrifizierung weiterhin als das beste Mittel zum Zweck. Der Finanzierungs- und Genehmigungsprozess muss dabei vereinfacht werden. Auf den (noch) nicht elektrifizierten Strecken sind batterieelektrische Triebzüge der beste Weg. Nur dort, wo deren Reichweite nicht genügt, sind Brennstoffzellen der richtige Weg. E-Fuels machen nur in wenigen Situationen als Lückenfüller Sinn und sollten primär für andere Anwendungszwecke eingesetzt werden.

2 Einleitung

Der Klimawandel hat dem Verbrennungsmotor den Kampf angesagt. Einfahrverbote für Fahrzeuge, die bestimmte Abgasnormen nicht einhalten, sind bereits heute Standard und werden in Zukunft weiter ausgeweitet. Auch die Eisenbahn kann sich diesem Trend nicht entziehen. Wenn zunehmend LKW und PKW lokal emissionsfrei verkehren, sinkt auch die Akzeptanz für Dieselzüge. Daher fordert der Fahrgastverband PRO BAHN, bis 2035 den gesamten Schienenpersonenverkehr lokal emissionsfrei abzuwickeln.

Weiterhin bringen insbesondere Formen der elektrischen Traktion weitere Vorteile. Elektrische Züge sind komfortabler (weniger Lärm und Vibrationen), beschleunigen schneller und erreichen höhere Geschwindigkeiten.

Wo eine Vollelektrifizierung nicht möglich ist, gilt es auf alternative Konzepte umzusteigen. Da auch in Zukunft jeder Euro nur einmal ausgegeben werden kann, ist es wichtig, langfristig wirtschaftliche Lösungen zu wählen. Hierzu gibt es zahlreiche Studien, die in diese Arbeit eingeflossen sind [1–5].

3 Vollelektrifizierung, wo immer möglich

Wo immer möglich und sinnvoll, ist eine vollständige Elektrifizierung vorzusehen. Diese ermöglicht als einzige einen vollständig flexiblen Fahrzeugeinsatz. Elektrische Fahrzeuge mit dem in Deutschland üblichen System 15 kV~ sind bis auf ganz wenige Ausnahmen im ganzen Land einsetzbar. Weiterhin besteht nur minimaler Wartungsaufwand, da die Leistungselektronik in den Fahrzeugen verschleißarm ist und weder Batterieblöcke noch Brennstoffzellen getauscht werden müssen.

Für Strecken mit regelmäßigem Güterverkehr ist die Elektrifizierung die bisher einzige Möglichkeit, lokal emissionsfrei zu werden. Akku- oder Wasserstofflokomotiven sind bisher noch nicht auf dem Markt verfügbar und eine Einführung ist derzeit nicht abzusehen.

Für die zügige Umsetzung der Elektrifizierung braucht es — wie z. B. bei der Ausstattung von Wohngebäuden mit Ladestationen für Elektroautos — pauschale Regelungen statt der bisherigen aufwändigen Nutzen-Kosten-Untersuchungen, die oft nur eine unnötige Arbeitsbeschaffungsmaßnahme für Beratungsbüros darstellen.

Der Fahrgastverband PRO BAHN fordert, für Strecken mit keinem oder geringem Tunnelanteil daher eine Elektrifizierung automatisch als gerechtfertigt zu betrachten,

wenn entweder (1) ein Halbstundentakt gefahren wird, (2) mehr als zwei Zugpaare täglich mit Gefäßen gefahren werden, die eine Kapazität von 140 Sitzplätzen überschreiten oder (3) regelmäßiger Güterverkehr stattfindet. Für diese Strecken ist die Elektrifizierung in der Regel auch betriebswirtschaftlich sinnvoll.

Zusätzlich sind die Prozesse für Elektrifizierungsprojekte zu vereinfachen und grundsätzlich das Instrument der Plangenehmigung statt der umständlicheren Planfeststellung anzuwenden. Für Problemstellen, wie zu niedrige Brücken, sind technische Lösungen zu erarbeiten. Diese können z. B. das automatische Senken der Stromabnehmer beim Durchfahren enthalten. Kurze Abschnitte können somit als Schwungfahrt passiert werden.

4 Batterieelektrische Triebzüge als Lückenschließer

Ist keine Elektrifizierung möglich oder sinnvoll oder ist die Zeit bis zu einer vollständigen Elektrifizierung zu überbrücken, bieten sich batterieelektrische Triebzüge (Battery-Electric Multiple Unit — BEMU) an. Diese verkehren unter Oberleitung wie normale Elektrotriebzüge, laden dabei Akkumulatoren auf, die dann im oberleitungsfreien Abschnitt die notwendige Energie bereitstellen. Für typische Streckenprofile mit nicht allzu großen Höhenunterschieden werden bei bisher angebotenen Fahrzeugen in der Regel 80–100 km als Reichweite angegeben, wobei längere dreiteilige Fahrzeuge bis zu 50 % mehr Reichweite erreichen als zweiteilige Fahrzeuge. Generell ist festzustellen, dass in den letzten Jahren die Reichweiten deutlich gesteigert wurden. Weitere Verbesserungen sind aufgrund von Fortschritten in der Batterieforschung zu erwarten. Die Beschleunigung von BEMUs entspricht der von Elektrotriebwagen oder ist jedenfalls der von Dieselfahrzeugen überlegen.

Zum vollständigen Laden von BEMU werden im Stand oder während der Fahrt rund 10–15 Minuten benötigt. Ladestellen an Endpunkten sind vor allem dann sinnvoll, wenn die Wendezeit 10–15 Minuten Laden erlaubt. Ansonsten sind Oberleitungs-Insulanlagen zur Unterwegs-Nachladung denkbar, die während 10 Minuten Fahrzeit unter Oberleitung das Nachladen erlauben.

Die Akkus sind relativ wartungsarm; ihre Lebensdauer beträgt etwa 8–15 Jahre, damit wird während der Lebensdauer der Fahrzeuge ein- oder zweimal ein Wechsel der Akkus notwendig. Im Fall einer späteren Elektrifizierung weiterer Streckenabschnitte können die Akkus auch aus den Fahrzeugen ausgebaut werden oder geringer dimensionierte Akkus eingesetzt werden. Weiterhin ist auch eine Verlegung auf dann immer noch nicht elektrifizierte Strecken möglich.

Akku-Züge erlauben es, Stichstrecken, bei denen aufgrund eines geringen Verkehrsaufkommens eine Elektrifizierung nicht absehbar ist, elektrisch zu betreiben oder Lücken zwischen Elektrifizierungsabschnitten zu schließen. Auch ist es dadurch möglich, Strecken, die z. B. Tunnel und Brücken aufweisen, deren Elektrifizierung besonders kostenaufwändig ist oder zeitaufwändig planfestgestellt werden muss, in einer ersten Stufe außerhalb dieser Abschnitte zu elektrifizieren. In solchen Fällen können Fahrzeuge mit geringer dimensionierten Akkus eingesetzt werden, was das Gewicht reduziert und die

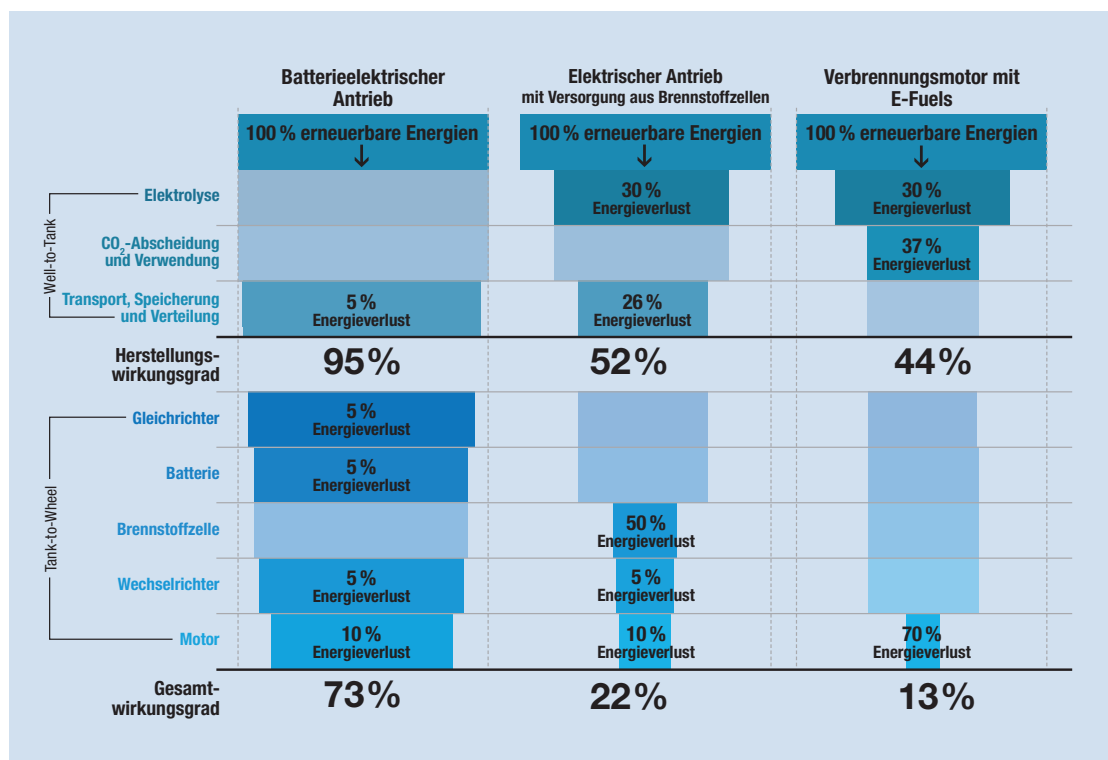


Abbildung 1: Energieeffizienz unterschiedliche Antriebsarten.

Fahrzeugleistung weiter verbessert. Des Weiteren besteht durch BEMUs auch die Möglichkeit, kurze Auslandsabschnitte mit Batteriestrom zu überbrücken, anstatt Mehrsystemfahrzeuge einzusetzen. Gerade kurze Strecken, bei denen nur in einen ausländischen Grenzbahnhof eingefahren wird, lassen sich so günstig auf elektrischen Betrieb umstellen.

5 Brennstoffzellentriebzüge als Sonderlösung

Wenn die BEMU an ihre Grenzen kommen, bieten sich brennstoffzellenelektrische Triebzüge (Hydrogen Electric Multiple Unit — HEMU) an. Darunter versteht man Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb aus Batterien, die mit Brennstoffzellen geladen werden. Ein Betrieb mit Energie aus der Oberleitung ist nicht möglich, die bisher vorgestellten Fahrzeuge sind damit nicht aufwärtskompatibel für eine langfristig angestrebte Elektrifizierung. Die Fahrzeuge erreichen mit einer Tankfüllung Reichweiten bis ca. 1000km, müssen bei üblichem Einsatz also einmal täglich betankt werden. Tanken dauert bei HEMU bis 20–30 Minuten, für eine größere HEMU-Flotte ist an der Tankstelle während der Nachtstunden durchgehender Rangierbetrieb nötig, um alle Fahrzeuge nach und nach aufzutanken.

Gegenüber den BEMU sinkt die Gesamt-Effizienz von der Gewinnung der elektri-

schen Energie bis zum Rad deutlich um mehr als zwei Drittel von 73 % auf 22 % (vgl. Abbildung 1) . Bis dato lassen die heute angebotenen HEMU-Fahrzeuge im Punkt Beschleunigung stark zu wünschen übrig und kommen oft nicht mal auf das Niveau ihrer Dieselmotoren. Zudem ist grüner Wasserstoff (grün: aus nachhaltiger Energie hergestellt) in der Herstellung vergleichsweise teuer, die bisherigen Anwendungen setzen daher primär auf grauen oder blauen Wasserstoff (grau: aus fossiler Energie, blau: aus fossiler Energie, aber mit Auffangen des dabei entstehenden CO₂, das gespeichert und z. B. in Gesteinsformationen verpresst werden soll).

Grüner Wasserstoff wird auf absehbare Zeit knapp sein und vorrangig für andere Anwendungen benötigt, für die er bisher weitgehend alternativlos bei der Dekarbonisierung ist, insbesondere für die Stahlproduktion, die Chemieindustrie, die Luftfahrt und die Seeschifffahrt. Außerdem bedeutet der Einsatz von HEMU den Aufbau komplexer Wasserstoff-Tank- und Zulieferinfrastrukturen, deutlich aufwändiger als bei Diesel und Benzin.

Bei HEMU müssen die Akkumulatoren ähnlich wie beim BEMU zwei- bis drei Mal in deren Lebensdauer ausgetauscht werden. Weiterhin müssen die Brennstoffzellen bei rund 30 Jahren angenommener Lebensdauer mindestens fünf Mal [1] ersetzt werden.

Daher sollten Wasserstofftriebzüge nur bei sehr langen oberleitungslosen Abschnitten in Frage kommen, die es nicht erlauben, BEMU einzusetzen oder wenn eine Elektrifizierung während der Fahrzeuglebenszeit ausgeschlossen ist.

6 E-Fuels für Übergangslösungen

Die einfachste, aber auch ineffizienteste Lösung (vgl. Abbildung 1) ist der Einsatz von E-Fuels. Dabei wird aus synthetisierten Wasserstoff und Kohlendioxid aus der Luft künstliches Benzin oder Diesel hergestellt. Durch den umständlichen Prozess in Kombination mit dem niedrigen Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors wird die Effizienz gegenüber dem HEMU nochmals fast halbiert (von 22 % auf 13 %). BEMUs sind sogar um einen Faktor 5,6 effizienter. Der Vorteil ist, dass viele Fahrzeuge mit dem neuen "sauberen" Sprit weiter betrieben werden können. Leider geht aber auch die lokale Emissionsfreiheit vollständig verloren. Zwar sind die Fahrzeuge in Summe CO₂-neutral, geben aber trotzdem lokal ihre Abgase ab und erzeugen Motorenlärm.

Da es auf der Schiene bessere Alternativen gibt, bieten sich die E-Fuels mittelfristig bestenfalls an, um Diesellokomotiven im Güterverkehr weiter nutzen zu können. Ansonsten sind BEMUs und HEMUs die klar bessere Wahl. Kurzfristig erlauben E-Fuels Verkehrsleitungen vor der Beschaffung von Neufahrzeugen CO₂-neutral anzubieten, können also als Übergangslösung geeignet sein.

Auch hier gilt, dass es aufgrund der zu erwartenden Nachfrage Bereiche gibt, in denen keine ausreichenden Alternativen bestehen und die gewonnenen Treibstoffe dringender gebraucht werden (vor allem in der Luftfahrt), um die Klimaziele zu erreichen.

Impressum

Fahrgastverband PRO BAHN e. V.
Agnes-Bernauer-Platz 8
80687 München

Verantwortlich im Sinne des Presserechts: Dr. Lukas Iffländer

Bildquellen

- Titelbild (links): Siemens AG
- Titelbild (rechts): Alstom AG

Literatur

- [1] Wolfgang Klebsch, Patrick Heiningen und Jonas Martin. *Alternativen zu Dieseltriebzügen im SPNV—Einschätzung der systemischen Potenziale*. Techn. Ber. VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V., 24. Mai 2019. URL: <https://www.vde.com/resource/blob/1885872/5f42b90859412b8590d0c7539604b0bc/studie-alternativen-zu-dieseltriebzuegen-im-schiennenpersonahverkehr-data.pdf>.
- [2] André Müller. *Wissenschaftliche Bewertung von alternativen, emissions-armen Antriebskonzepten für den bayerischen SPNV. Technische und wirtschaftliche Bewertung alternativer Antriebskonzepte*. Techn. Ber. Technische Universität Dresden, 3. Nov. 2017. URL: https://beg.bahnland-bayern.de/files/media/corporate-portal/aktuelles/2018/01_bewertung-alternativer-antriebe_gutachten-tu-dresden.pdf.
- [3] Roland Schmetz und Alexander Struck. *Auslegung der Energiespeicherung für einen (batterie-) elektrischen Nahverkehrstriebwagen*. Techn. Ber. Hochschule Rhein-Waal, Klewe, 2018. URL: https://web.archive.org/web/20210323235537id_/https://publications.rwth-aachen.de/record/720688/files/720688.pdf.
- [4] Arnd Stephan, Nyascha Thomas Wittmann und Tobias Bregulla. *Entscheidungspapier zum Einsatz einer alternativen Antriebsform im VVO-Dieselnetz und Handlungsempfehlung für das Ostsachsendnetz*. Techn. Ber. Technische Universität Dresden, 30. Aug. 2021. URL: <https://www.vvo-online.de/doc/VVO-Broschuere-Alternative-Antriebe.pdf>.

- [5] Arnd Stephan, Nyascha Thomas Wittemann und Tobias Bregulla. *Wissenschaftliche Bewertung von alternativen, emissionsarmen Antriebskonzepten für den bayerischen SPNV(Phase 2)*. Techn. Ber. Technische Universität Dresden, 9. Dez. 2020. URL: https://beg.bahnland-bayern.de/files/media/corporate-portal/aktuelles/2021/02_bewertung-alternativer-antriebe_gutachten-tu-dresden_fortschreibung.pdf.