

Elektromobilität

Stromversorgung elektrischer Bahnen

Fachinformation Bahn Fachverlag

Beim Thema Elektromobilität sind Eisenbahnen dem Straßenverkehr weit voraus: Schon heute werden mehr als 95 Prozent des Schienengüterverkehrs und etwa 90 Prozent des Eisenbahnpersonenverkehrs mit Elektrotraktion erbracht. Angesichts der Herausforderungen des Klimawandels und des Wettbewerbs mit anderen Verkehrsträgern soll der Eisenbahntransport möglichst weitgehend und durchgängig mit dieser Traktionsart durchgeführt werden. Leider sind derzeit in Deutschland noch zahlreiche Regionen vom elektrischen Eisenbahnnetz abgekoppelt. Bundesregierung und Bahnbranche möchten deshalb die heute noch vorhandene Lücke zu 100 Prozent Elektromobilität schließen, um künftig auf die Nutzung von Dieselantrieben verzichten zu können. Dazu muss die Elektrifizierung von Strecken vorangetrieben werden.



Foto: Siemens AG

Der Schienenverkehr stellt bereits seit über einem Jahrhundert den traditionellen Anwendungsfall für den Einsatz von elektrischer Energie dar. Dabei bietet diese Energieform einige Vorteile: Neben hohen Antriebsleistungen und Höchstgeschwindigkeiten, den im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln geringeren CO₂-Emissionen und der einfachen Nutzbarkeit erneuerbarer Energien können elektrisch angetriebene Fahrzeuge durch Rückspeisung der Bremsenergie in die Fahrleitung einen nicht unerheblichen Teil der Traktionsenergie zurückgewinnen.

Elektrifizierungsgrad

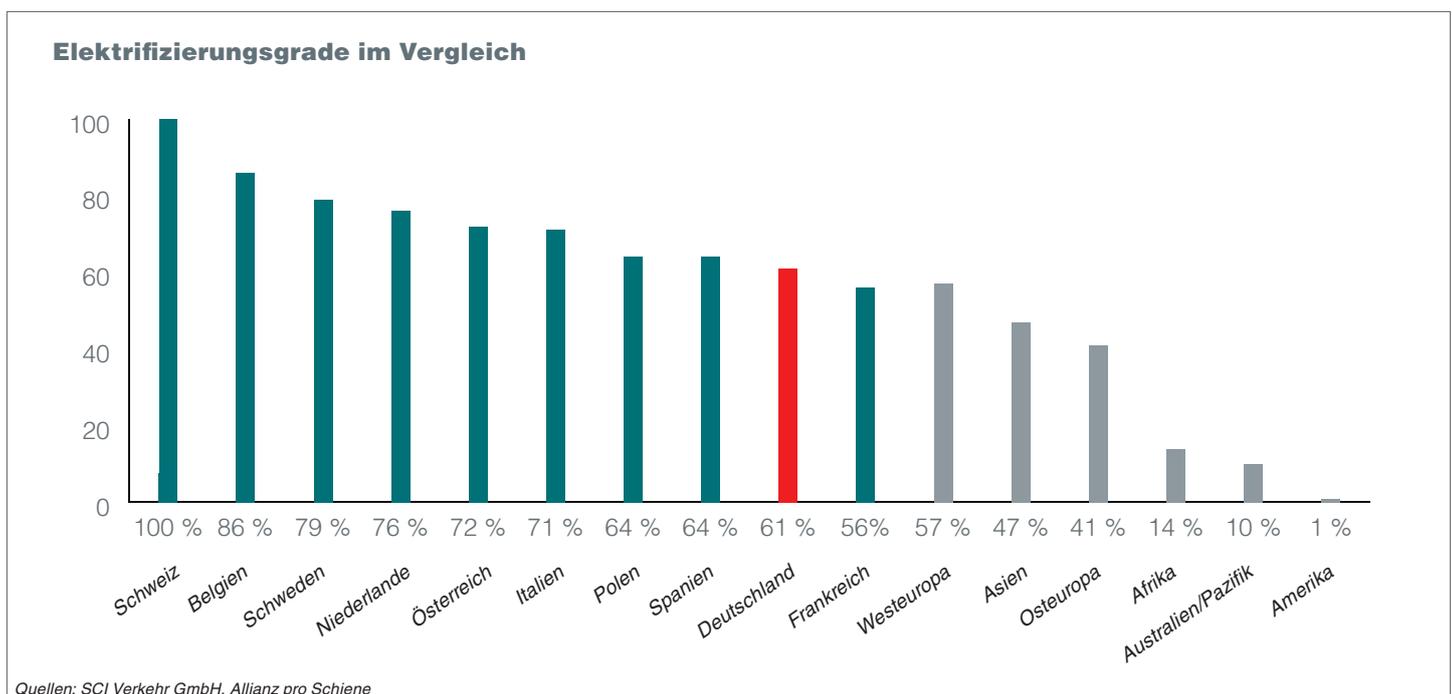
Aktuell hat das elektrifizierte Eisenbahnnetz in Deutschland eine Länge von knapp 21.000 km, was einem Anteil von etwa 61 Prozent am Gesamtstreckennetz entspricht. Damit ist Deutschland in Sachen Elektrifizierung im EU-Vergleich nur mittelmäßig unterwegs. Deutlich besser sind hier Belgien (86 Prozent), die

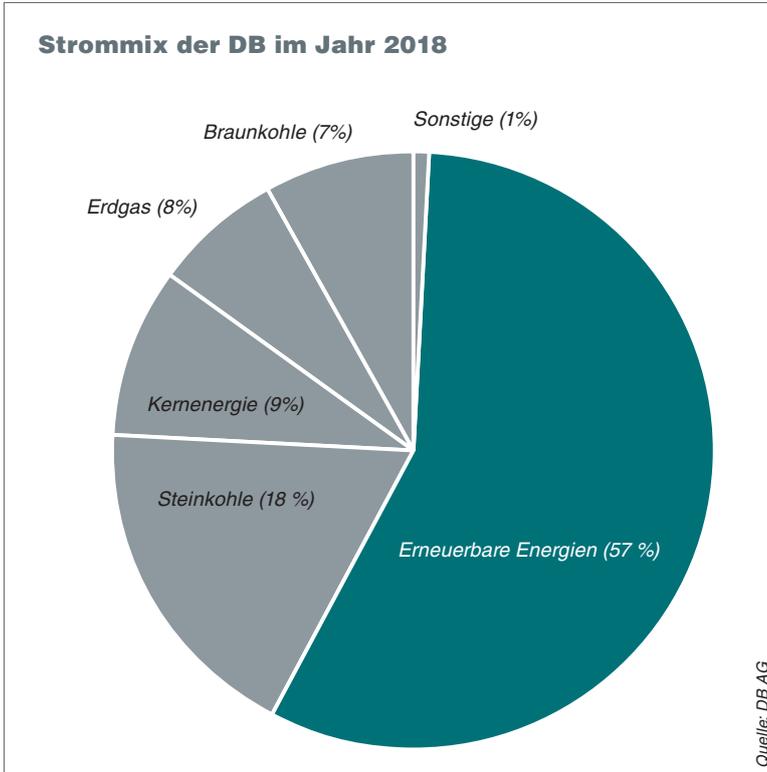
Niederlande (76 Prozent) und Schweden (75 Prozent). Spitzenreiter ist die Schweiz mit einem Elektrifizierungsgrad von annähernd 100 Prozent.

Zum Vergleich: Weltweit waren 2017 rund 343.500 km des Eisenbahnnetzes elektrifiziert. Davon entfielen 134.200 km auf Europa und 122.300 auf Asien. Trotz zunehmender Elektrifizierung von Bestandsstrecken steigt der Elektrifizierungsgrad mit Ausnahme von Asien jedoch nur relativ langsam an, da in vielen Ländern weiterhin auch nicht elektrifizierte Strecken gebaut werden.

Nutzung erneuerbarer Energien

Ende 2018 lag bei der Deutschen Bahn der Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energien im Bahnstrommix bei 57 Prozent; gegenüber dem Vorjahr bedeutete dies eine Steigerung von 13 Prozent. Die Fernverkehrsnetze werden sogar ausschließlich mit Strom





aus erneuerbaren Energien bespeist. Künftig soll die Nutzung regenerativer Energien weiter steigen; 2030 soll ihr Anteil im DB-Bahnstrommix 80 Prozent betragen. Dazu fördert die DB unter anderem die Erforschung der Geothermie, einer regenerativen Energiequelle aus der Erde, deren Nutzung den CO₂-Ausstoß deutlich reduzieren kann. Wichtig sind auch moderne Technologien und Fahrzeuge. Fast alle elektrisch betriebenen Züge wandeln die beim Bremsen freigesetzte Energie in Strom um und speisen diesen in die Oberleitung zurück. Jährlich werden so rund 1.350 Gigawattstunden (GWh) eingespart – das entspricht fast 15 Prozent des kompletten Stromverbrauchs der Bahn (Stand 2018).

Stromsysteme in Europa

Historisch bedingt kommen zur Versorgung der Fahrzeuge mit elektrischer Energie in Europa verschiedene Einphasen-Wechselstrom- (AC) und Gleichstromsysteme (DC) zum Einsatz. Betrachtet man die Entwicklung der Antriebstechnik von den Anfängen des elektrischen Bahnbetriebs Ende des 19. Jahrhunderts bis in die 1950er-Jahre, so wird die ungewöhnlich große gegenseitige Abhängigkeit von Antriebstechnik und Art der Energieversorgung deutlich. War die Antriebstechnik bei Gleichstrombahnen von Anfang an gut beherrschbar, musste bei den Wechselstrombahnen aus technischen Gründen zunächst auf Wechselstromtechnik mit einer gegenüber dem Landesnetz verminderten Frequenz von 16,7 Hertz (Hz) zurückgegriffen werden. Diese „Sonderfrequenz“ wurde gewählt, um eine funkenfreie Kommutierung des Fahrmotors zu ermöglichen.

Die Vorteile einer einheitlichen Frequenz im Energieversorgungsnetz und bei der Bahnstromversorgung veranlassten bereits in den 1930er-Jahren einzelne Bahnen, ihre Strecken mit der Industriefrequenz 50 Hz zu elektrifizieren. Der weltweite Durchbruch dieser Technik gelang jedoch erst mit der Entwicklung der Silizium-Gleichrichtertechnik in den 1950er-Jahren und der danach aufkommenden Thyristortechnik. Länder, die ihre Strecken später elektrifizierten, legten deshalb ihre Strecken gleich mit 25 Kilovolt (kV) AC 50 Hz an, die direkt dem öffentlichen Netz entnommen werden konnten.

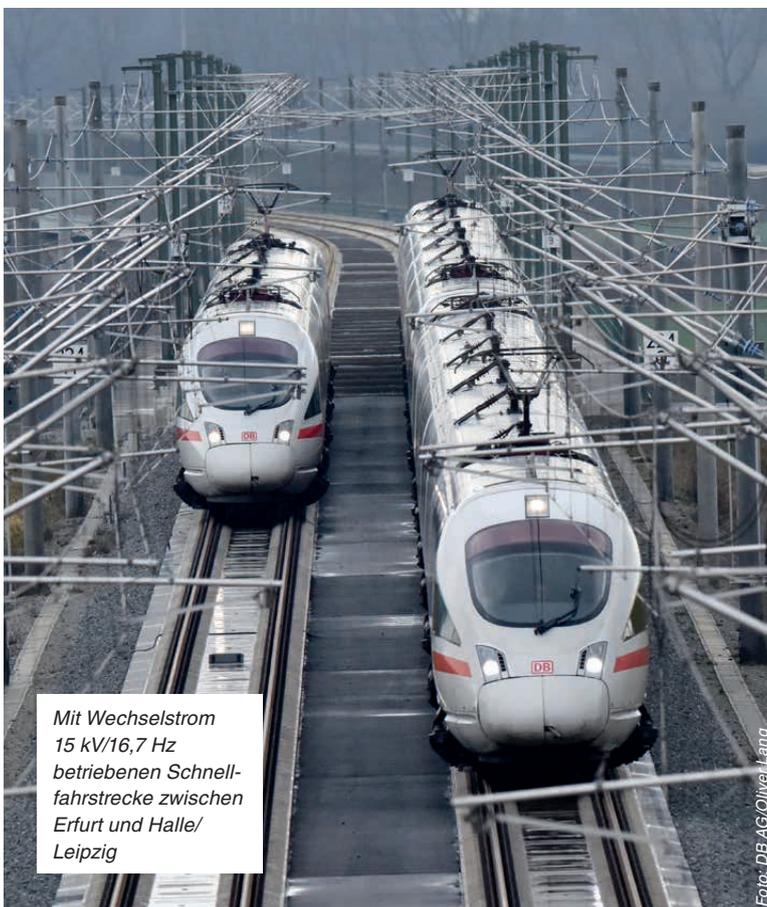




Foto: Siemens AG

*Lokomotive für
den Einsatz in
3 kV-Gleichstromnetzen*

Ergebnis dieser unterschiedlichen Entwicklungen in Europa ist das heutige Bahnenergieversorgungssystem mit seinen verschiedenen Energieversorgungsnetzen und die Notwendigkeit, Fahrzeuge im grenzüberschreitenden Verkehr, aber auch teilweise im Stadt- und Regionalverkehr, mit Mehrsystemtechnik auszustatten.

Wechselstromsysteme

Wechselstrom mit einer Spannung von 15 kV beziehungsweise 15.000 Volt (V) ist bei Eisenbahnen in der Schweiz, in Deutschland, Österreich, Schweden und Norwegen weitgehend flächendeckend im Einsatz. Abweichend vom öffentlichen Netz, das mit der üblichen Industriefrequenz von 50 Hz betrieben wird, beträgt hier die Frequenz im Bahnstromnetz 16,7 Hz.

Wechselstrom mit einer Spannung von 25 kV (25.000 V) und einer Frequenz von 50 Hz wird beispielsweise in Dänemark und Portugal verwendet. Auch bei den Neubau-Hochgeschwindigkeitsstrecken in Spanien und Frankreich kommt dieses Stromsystem zum Einsatz. Da Wechselstrom mit 50

Hz direkt dem öffentlichen Netz entnommen werden kann, wurde dieses Stromsystem als Zielsystem für das europäische Eisenbahnnetz festgelegt.

Darüber kommen hinaus bei verschiedenen Bahnen weitere 16,7-Hz- und 50-Hz-Wechselstromsysteme mit geringeren Betriebsspannungen zum Einsatz.

Gleichstromsysteme

Gleichstromsysteme werden bei verschiedenen Eisenbahnen mit unterschiedlichen Spannungen betrieben. In Italien, Polen, auf den spanischen Breitspurstrecken sowie in vielen osteuropäischen Ländern wird Gleichstrom mit einer Spannung von 3 kV verwendet. Hingegen haben sich in den südlichen Landesteilen Frankreichs und den Niederlanden das Gleichstromsystem mit 1,5 kV durchgesetzt. Daneben existieren in vielen Ländern Netze, die mit 750-Volt-Gleichstrom betrieben werden.

Die Bahnen des Stadtverkehrs (Straßenbahnen, U-Bahnen) wurden schon immer als Gleichstrombahnen ausgeführt, da hier der relativ schwere

NEU
Jetzt vormerken!

DB-Fachbuch

BFV
BAHN
FACHVERLAG



Jürgen Janicki/Horst Reinhard/Michael Rüffer

Schienenfahrzeugtechnik

4. überarbeitete Auflage, vsl. 3. Quartal 2020
ca. 600 Seiten, Softcover, Format: 17 x 24 cm, Preis: vsl. EUR 64,90
ISBN 978-3-943214-26-0

Das DB-Fachbuch „Schienenfahrzeugtechnik“ ist ein etabliertes Standardwerk in der Aus- und Weiterbildung. Es erklärt die Funktionsweise aller Bauteile und Komponenten der in Europa eingesetzten Eisenbahn- und Stadtverkehrsfahrzeuge. In der 4. überarbeiteten Auflage sind die aktuellen Themen der Schienenfahrzeugtechnik berücksichtigt. Dazu gehören die Entwicklungen zur Harmonisierung der verschiedenen Bahnsysteme, die zunehmende Automatisierung von Fahrzeugfunktionen und die Digitalisierung von Fahrzeugkomponenten. Moderne Antriebssysteme werden ebenso thematisiert wie der Einsatz von Energiespeichersystemen. Ferner wird auf neue Transportsysteme im Güterverkehr eingegangen. Zahlreiche aktualisierte Abbildungen veranschaulichen die komplexen Sachverhalte.

- Zielgruppen:**
- Fach- und Führungskräfte aus den Bereichen Fahrzeugtechnik und -instandhaltung
 - Auszubildende bahnspezifischer Berufe
 - Mitarbeiter in Werkstätten
 - Studenten und Dozenten an Universitäten (Fachbereich Bahntechnik und Verkehrswesen)
 - Triebfahrzeugführer
 - Berufsanfänger
 - Fahrdienstleiter
 - Eisenbahninteressierte
 - Trainer

Vormerkungen unter www.bahn-fachverlag.de/shop

Alle Rechte vorbehalten • Bahn-Fachverlag GmbH



Quelle: www.jungfraubahn.ch

Mit Drehstrom betriebene Schweizerische Jungfraubahn mit zweipoliger Fahrleitung

Transformator auf den Fahrzeugen eingespart werden konnte. Verbreitet sind Systemen mit 600 bis 750 V Gleichspannung, neue U-Bahn-Systeme arbeiten weltweit meist mit 1.500 V.

Zahnradbahnen (Bergbahnen) sowie Bahnen im Industriebereich (Werkbahnen) verwenden eine Vielzahl verschiedener Gleichstromsysteme mit Spannungen zwischen 450 und 1.500 V.

Drehstromsysteme

Einige Bergbahnen verwenden Drehstromsysteme. Die Fahrleitung besitzt dann zwei nebeneinanderliegende Fahrdrähte und die Fahrzeuge sind mit zwei nebeneinanderliegenden Stromabnehmern ausgerüstet. Zusammen mit den Fahrschienen als drittem Pol wird so eine dreipolige Stromversorgung für Drehstrommotoren erreicht.

Technische Details

Elektrische Triebfahrzeuge sind so ausgelegt, dass sie bei einer bestimmten Nennspannung und Nennfrequenz bestimmungsgemäß arbeiten. Die Bandbreiten und Grenzwerte dieser Parameter sind in den Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) definiert. Dadurch ist gewährleistet, dass ein Triebfahrzeug seine vorgesehene Betriebsleistung erreicht. Die übertragene Leistung ist das Produkt aus Stromstärke und Spannung. Verluste bei der

Übertragung von Energie über lange Leitungen sind dann besonders hoch, wenn infolge zu hoher Stromstärken thermische Energie verloren geht. Transportiert man Strom über größere Wegstrecken, dann muss die Spannung hoch genug sein, um die Übertragungsverluste in Grenzen zu halten. Zudem gestattet eine hohe Fahrdradhtspannung bei vergleichsweise moderaten Stromstärken auch den Betrieb leistungsstarker Fahrzeuge. Wechselspannung kann im Gegensatz zur Gleichspannung auf einfache Weise transformiert werden.

Stromzuführung

Elektrische Triebfahrzeuge werden in der Regel über einpolige Fahrleitungsanlagen mit elektrischer Energie versorgt. Die Rückleitung des Stromes erfolgt dann über die metallenen Räder und die Schienen. Es lassen sich folgende Fahrleitungsarten unterscheiden:

- Die Oberleitung ist eine oberhalb des Fahrwegs angebrachte Fahrleitung, die Fahrzeuge über Stromabnehmer mit elektrischer Energie versorgt. Diese Oberleitungsart kommt im elektrifizierten Streckennetz fast ausschließlich vor.
- Die Seitenoberleitung ist seitlich oberhalb des Fahrweges angebracht und kommt bei einigen Industriebahnen beispielsweise in Verladeanlagen zum Einsatz.



Triebzüge der Hamburger S-Bahn für den Betrieb mit Gleichstrom und Stromschiene

- Die Stromschiene oberhalb ist ein starres Metallprofil, in welchem der Fahrdrabt geführt wird und das mit Isolatoren an einem Bauwerk montiert ist. Diese Fahrleitungsart wird teilweise in Tunneln und innerhalb von Werkanlagen angewendet.
- Die Stromschiene ist eine Fahrleitung, die als Schleifleiter meist seitlich unten außerhalb des Lichtraumprofils angeordnet ist.

Bis 2025 soll der Elektrifizierungsgrad auf 70 Prozent erhöht werden. Damit soll der Umweltvorteil der Schiene gegenüber anderen Verkehrsträgern weiter ausgebaut werden. ■

Gleichstrombahnen mit Stromschieneanlagen

Die S-Bahnen in Hamburg und Berlin, das südenglische Vorort- und Fernverkehrsnetz sowie ein Großteil der U-Bahnen werden mit Nennspannungen zwischen 750 und 1.500 V DC betrieben. Der Strom wird den Fahrzeugen aus Stromschiene zugeführt, Stromschieneanlagen benötigen im Gegensatz zum Fahrdrabt keine Erweiterung des Lichtraumprofils nach oben und eignen sich deshalb besonders gut für S- und U-Bahn-Strecken, die in der Regel viele Brücken, Überführungsbauwerke und Tunnel aufweisen. Die Stromschiene liegt auf Stützisolatoren, die mit Isolatorböcken auf den Schwellen befestigt sind.

Elektrifizierungsprogramm

In Deutschland soll ein Milliarden-Programm des Bundes die Streckenelektrifizierung vorantreiben.

Lesen Sie auch
Ausgedieselt:
Direkte versus indirekte
Elektrifizierung von Nebenstrecken

Deine Bahn 1/2020

Elektrifizierung:
Elementarer Bestandteil der
strategischen Netzplanung

Deine Bahn 11/2018