



DB-Fachbuch

# Systemwissen Eisenbahn

2. überarbeitete  
und erweiterte Auflage

Jürgen Janicki

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Jürgen Janicki

### **Systemwissen Eisenbahn**

DB-Fachbuch

2. überarbeitete und erweiterte Auflage – Bahn Fachverlag GmbH, Berlin 2016

Herausgeber:

Bahn Fachverlag GmbH in Kooperation mit DB Training, Learning & Consulting

© Bahn Fachverlag GmbH, Berlin 2016

Alle Rechte, auch die der Übersetzung in fremde Sprachen, bleiben dem Verlag vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet und vervielfältigt oder verbreitet werden.

Diejenigen Bezeichnungen von im Buch genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung (®) nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.

Foto auf dem Titel: DB AG/Rainer Schedler

Abbildungen ohne Quellenangabe: Jürgen Janicki

Umschlaggestaltung und Satz: DB AG; CRUFF, Berlin

ISBN 978-3-943214-15-4

# 1 Grundlagen

## 1.1 Überblick über das Gesamtsystem

### 1.1.1 Einführung

Der Begriff Eisenbahn kennzeichnet ein schienengebundenes Verkehrsmittel zur Beförderung von Personen und zum Transport von Gütern. Dabei fahren die eigentlichen Fahrzeuge mit stählernen Rädern auf stählernen Schienen. Die Spurgebundenheit und die geringe Reibung zwischen Rad und Schiene sind die wesentlichen Merkmale dieses Verkehrsmittels. Nicht zuletzt wegen dieser besonderen Eigenschaften wurde die „Eisenbahn“ von Anfang an nach ihrem Fahrweg benannt.



Abb. 1-1: Die Spurbindung des Systems Eisenbahn bietet gegenüber anderen Verkehrssystemen eine hohe Sicherheit. Foto: Siemens

Entscheidend für die weitere Entwicklung der Eisenbahn ist neben der Gebundenheit an den Schienenweg auch das günstige Verhältnis zwischen Energiebedarf und Beförderungsleistung. Wegen des geringen Rollwiderstands auf der Schiene ist der Kraftbedarf für die Erbringung einer Transport- oder Verkehrsleistung deutlich niedriger als auf der Straße. Dieser geringe Rollwiderstand und die bei der Eisenbahn bewegten großen Massen haben natürlich auch eine Erhöhung des Bremswegs zur Folge, was einen wesentlichen Einfluss auf die Ausführung der Bremsanlage hat. Da Züge mit hohen Geschwindigkeiten in dichter Folge sicher gefahren werden müssen, sind auch besondere technische Einrichtungen am Gleis und an den Fahrzeugen sowie umfassende Regelungen für die Betriebsdurchführung erforderlich.

## Struktureller Wandel des Eisenbahnsystems

In der Vergangenheit war das Eisenbahnsystem in Europa weitgehend durch staatliche Eisenbahngesellschaften geprägt. Diese „Staatsbahnen“ betrieben die nationalen Bahnnetze und Eisenbahnverkehrsleistungen als Monopol und übten auch einen starken Einfluss auf die Entwicklungsprozesse der Bahnindustrie aus. Die Eisenbahnsysteme und deren technische Komponenten wurden in der Vergangenheit national entwickelt und sind deshalb oftmals inkompatibel mit den Systemen anderer Länder.

Seitdem vollzog sich im europäischen Eisenbahnsystem ein tief greifender struktureller Wandel. Heute stehen beim Betrieb des Bahnverkehrs zahlreiche Unternehmen in einem zunehmenden Wettbewerb. Damit der europaweite Eisenbahnverkehr in Zukunft nicht durch technische Barrieren ausgebremst wird, arbeiten die Europäische Union (EU), die Mitgliedstaaten und zahlreiche Institutionen an der Harmonisierung der verschiedenen Eisenbahnsysteme. Die Herstellung und das Betreiben eines sicheren und an den Grenzen durchgehenden Zugverkehrs ist der Schlüssel zur Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit des Eisenbahnverkehrs im 21. Jahrhundert.



Abb. 1-2: Verknüpfung verschiedener Verkehrssysteme im Umschlagbahnhof

Foto: DB AG/Volker Emersleben

Aktuell steht das Eisenbahnsystem vor großen Herausforderungen: Einerseits muss es den wachsenden Bedarf nach Beförderungs- und Transportleistungen decken und andererseits eine Alternative zu anderen Verkehrsträgern bieten, und dies vor dem Hintergrund steigender Energiepreise und der wachsenden Beachtung der Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt. Dabei verfügt das Eisenbahnsystem über zahlreiche Stärken: Im Gegensatz zu anderen Verkehrsträgern ist die Eisenbahn nicht nur ein äußerst umweltfreundliches Verkehrsmittel, sondern gleichzeitig auch ein besonders sicheres. Außerdem bietet sie in vielen Markt Bereichen eine kostengünstige Alternative zum Straßenverkehr. Diese Erkenntnisse haben in vielen Ländern zu einem Umdenkprozess geführt. Galt die fast 200 Jahre alte Eisenbahn noch vor einigen Jahrzehnten in vielen Ländern als Auslaufmodell unter den

Verkehrsträgern, erlebt sie heute eine Renaissance. Zahlreiche Länder haben inzwischen die Vorteile des Schienenverkehrs wiederentdeckt und planen den Bau neuer Eisenbahnstrecken. In den klassischen Bahnländern zählt die Modernisierung der vorhandenen Verkehrs- und Schieneninfrastruktur zu den vorrangigen Aufgaben der Entwicklungsplanung.

Um den anstehenden Herausforderungen im Verkehrsbereich zu begegnen, ist eine effiziente und leistungsfähige Bahn unerlässlich. Das Verkehrsmittel Bahn allein kann dabei seine Fahrgäste systembedingt nicht von Haus zu Haus befördern. Im Personenverkehr gewinnen deshalb sowohl die Schnittstellen zu anderen öffentlichen Verkehrssystemen und zum Individualverkehr wie auch die Bildung von Reiseketten zunehmend an Bedeutung. Im Güterverkehr werden mehrere Verkehrsträger zu einer Transportkette verknüpft, denn nur so kann ein wesentlicher Beitrag zu einer effizienten und ökologischen Beförderung von Gütern erreicht werden.

## **Verkehrssysteme**

Die Ortsveränderung von Personen oder Gütern wird als Transport bezeichnet. In der deutschen Fachsprache wird dazu häufig auch der Begriff „Verkehr“ synonym verwendet. Verkehrssysteme enthalten alle strukturellen Komponenten, die für diese Ortsveränderung erforderlich sind. Damit umfassen sie neben der Infrastruktur (z. B. den Fahrweganlagen) auch die notwendigen Transportmittel (z. B. die Fahrzeuge). Teil eines Verkehrssystems sind auch die Aktivitäten, die den Verkehr verursachen, sowie die Einrichtungen, die den Transportprozess organisieren und steuern.

Bei den Verkehrssystemen existieren verschiedene Ausprägungsformen (Verkehrszweige). Eine erste Abgrenzung findet nach dem Bewegungsraum (Luft, Wasser, Land) statt. Anschließend lassen sich die landgebundenen Verkehrssysteme in Straßenverkehr und spurgeführten Verkehr weiter unterteilen. Die wichtigsten spurgeführten Systeme sind die Schienenbahnen, die das Rad-Schiene-Prinzip nutzen und auch als Schienenverkehrssysteme bezeichnet werden. Neben der Eisenbahn gehören dazu auch vergleichbare Systeme wie beispielsweise die Straßen- oder U-Bahn (U-Bahn) oder auch die Zahnradbahn. Andere spurgeführte Systeme sind beispielsweise Hängebahnen, Magnetschwebbahnen, Spurbussysteme und an Kabeln oder Seilen geleitete Bahnen.

## **Schienenverkehrssysteme und deren gesetzliche Grundlage**

Die Einteilung und Unterscheidung der Schienenverkehrssysteme orientiert sich am Gültigkeitsbereich entsprechender Gesetze und Verordnungen. Auf der einen Seite steht die Gruppe von Bahnsystemen, die unter das allgemeine Eisenbahngesetz (AEG) fallen und neben den Zügen des Regional- und Fernverkehrs auch regionale Eisenbahnen sonstiger Betreiber umfassen, zum Beispiel, wenn sie aus städtischen Verkehrsnetzen herausfahren. Der Bau der Fahrzeuge sowie die Betriebsführung dieser Systeme sind für Eisenbahnen des öffentlichen Verkehrs in der EBO (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung) bzw. ESBO (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen) geregelt. Eisenbahnen des öffentlichen Verkehrs stehen jedem zur Benutzung offen. Dagegen sind die Eisenbahnen des nichtöffentlichen Verkehrs Teil des innerbetrieblichen Transports von Unternehmen. Hier finden sich entsprechende Regelungen in der BOA (Verordnung über den Bau und Betrieb von Anschlussbahnen) bzw. der EBOA (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Anschlussbahnen).

Demgegenüber stehen die auf Grundlage des Personenbeförderungsgesetzes betriebenen Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen, deren Bau und Betriebsführung der Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab) unterliegen.

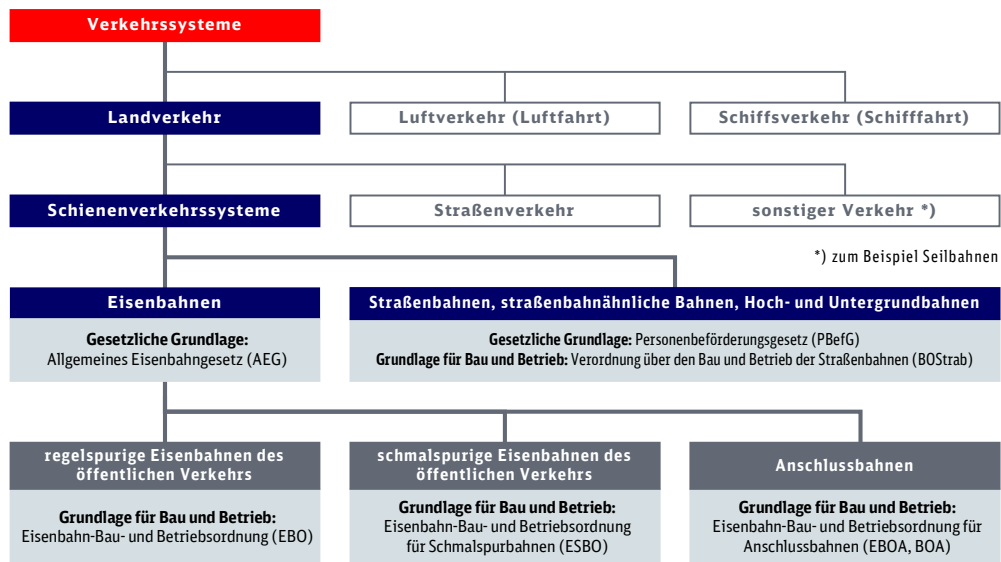


Abb. 1-3: Verkehrssysteme im Überblick (Auszug)

Abbildung: Jürgen Janicki

## Marktanteile der Verkehrsträger

Obwohl die Eisenbahn gegenüber dem Straßenverkehr als das umweltverträglichere Verkehrsmittel gilt, hat ihr Marktanteil in den letzten 100 Jahren ständig abgenommen. Im Gegenzug stiegen die Anteile des Straßenverkehrs an. Im Personenfernverkehr fand zudem noch eine starke Verlagerung zum Luftverkehr statt. Diese Entwicklung hatte zahlreiche strukturelle Ursachen und schien nicht einfach umkehrbar zu sein. In den letzten Jahren war jedoch eine positive Trendwende zu verzeichnen und die Schiene hat ihre Marktanteile im Personenverkehr geringfügig steigern können.

Anders sieht die Entwicklung im europäischen Schienengüterverkehr aus. Hier hat sich der Nachfragerückgang der Jahre 2014 und 2015 aufgrund nachlassender Impulse aus den für die Bahnen relevanten Branchen in 2015 verlangsamt fortgesetzt. Wesentliche Ursachen dieser Entwicklung waren die konjunkturelle Abkühlung innerhalb Europas sowie der harte intermodale Wettbewerb mit zum Teil ruinös agierenden Straßenverkehrsunternehmen. In Deutschland war die Entwicklung noch dramatischer. Hier wurden in den ersten drei Quartalen 2015 insgesamt 271 Millionen Tonnen Güter auf der Schiene befördert. Das entspricht einer Abnahme von etwa zwei Prozent im Vergleich zum entsprechenden Vorjahreszeitraum.

In den nächsten Jahren wird mit einem nochmaligen Verkehrswachstum gerechnet. Es ist absehbar, dass die einzelnen Verkehrssysteme künftig immer häufiger an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen werden. Staus im Straßenverkehr sind schon heute die Regel. Auch im Eisenbahnverkehr sind aufseiten des Schienennetzes Schwachstellen erkennbar, die eine weitere Kapazitätserhöhung behindern könnten. Hier müssen in den nächsten Jahren Investitions-

mittel für den Ausbau der Bahninfrastruktur und die Beseitigung von Engpässen eingeplant werden, um die erforderlichen Anpassungen an das Verkehrswachstum vollziehen zu können.

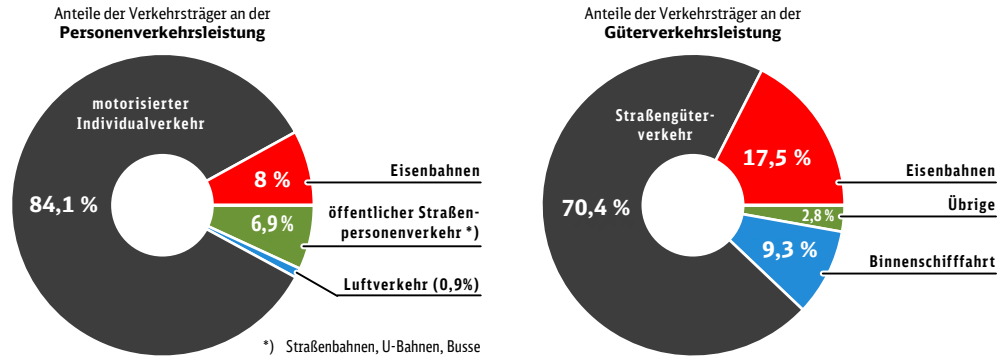


Abb. 1-4: Anteile der Verkehrsträger an den Verkehrsleistungen (Stand: 2013)

Quelle: Wettbewerbsbericht DB AG 2014

### 1.1.2 Umweltaspekte

Grundsätzlich ist der Transport von Gütern wie von Menschen mit motorisierten Verkehrsmitteln mit einer Belastung der Umwelt verbunden. Mit der Wahl des Verkehrsmittels können Energie eingespart und Schadstoffe vermieden werden. Wer Bahn fährt, ist energieeffizient und umweltfreundlich unterwegs. Hinsichtlich der Umweltauswirkungen scheidet das spurgeführte System Eisenbahn im Vergleich der Verkehrsträger deutlich besser ab als das Auto, der Lkw oder das Flugzeug. In Teilbereichen konnte die Eisenbahn ihren Umweltvorsprung in den letzten Jahren sogar noch weiter ausbauen, beispielsweise durch Umstellung von Linien auf elektrischen Betrieb. Auch die Möglichkeit zur Rückgewinnung von Bremsenergie, die seit Jahren beim elektrischen Zugbetrieb Standard ist, wirkt sich positiv auf den Energieverbrauch aus.

#### Energieverbrauch

Der Schienenverkehr weist ein besonders günstiges Verhältnis von Energieeinsatz und Transportleistung auf. Im Vergleich mit dem Pkw verbraucht die Bahn im Personenverkehr bei gleicher Verkehrsleistung nur gut die Hälfte der Energie. Dabei profitiert die Schiene von einem geringen Rollwiderstand (Stahl auf Stahl statt Gummireifen auf Asphalt). Gegenüber dem Flugverkehr ist die Fahrt im Fernzug sogar fast dreimal energieeffizienter. Im Güterverkehr ist die Energieeffizienz der Schiene noch besser: Lkw benötigen für dieselbe Verkehrsleistung knapp viermal mehr Energie als die Bahnen.

Durch umsichtige und energieeffiziente Fahrweise kann viel Energie gespart und gleichzeitig das Klima geschützt werden. Dabei hilft auch die Physik: Hat ein Zug seine angestrebte Höchstgeschwindigkeit erreicht, kann er über weite Strecken rollen und verliert dabei nur geringfügig an Geschwindigkeit. Energieverbrauchsanzeigen helfen dem Triebfahrzeugführer zu erkennen, wie effizient seine Fahrweise ist.

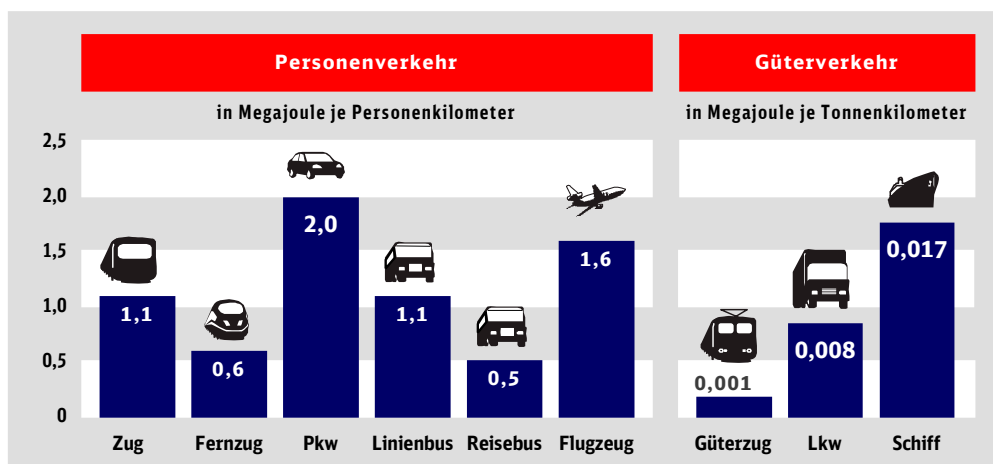


Abb. 1-5: Spezifischer Energieverbrauch im Vergleich

Quelle: Umweltbundesamt, Daten und Rechenmodell TREMOD, Version 11/2014

## Emissionen

Verkehrsträger emittieren aufgrund ihrer Antriebsarten und Kraftstoffe sowie Auslastung unterschiedliche Emissionen. Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen Luftschadstoffe wie Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Stickoxid ( $\text{NO}_x$ ), Feinstaub- und Rußpartikel, Ozonvorläufersubstanzen oder Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ); der Verkehrssektor spielt auch hier eine entscheidende Rolle. Im Vergleich mit anderen Verkehrsträgern ist die Bahn im Personen- und Güterverkehr um ein Vielfaches schadstoffärmer. Beispielsweise weist der Schienengüterverkehr bei den Stickoxiden und bei den Partikelemissionen aus Verbrennung eine rund zehnfach bessere Bilanz als der Lkw auf. Im Vergleich mit Flugzeug und Auto unterbietet die Bahn im Reiseverkehr den Ausstoß des Treibhausgases Kohlendioxid um bis zu 80 Prozent.

## Klimaschutz

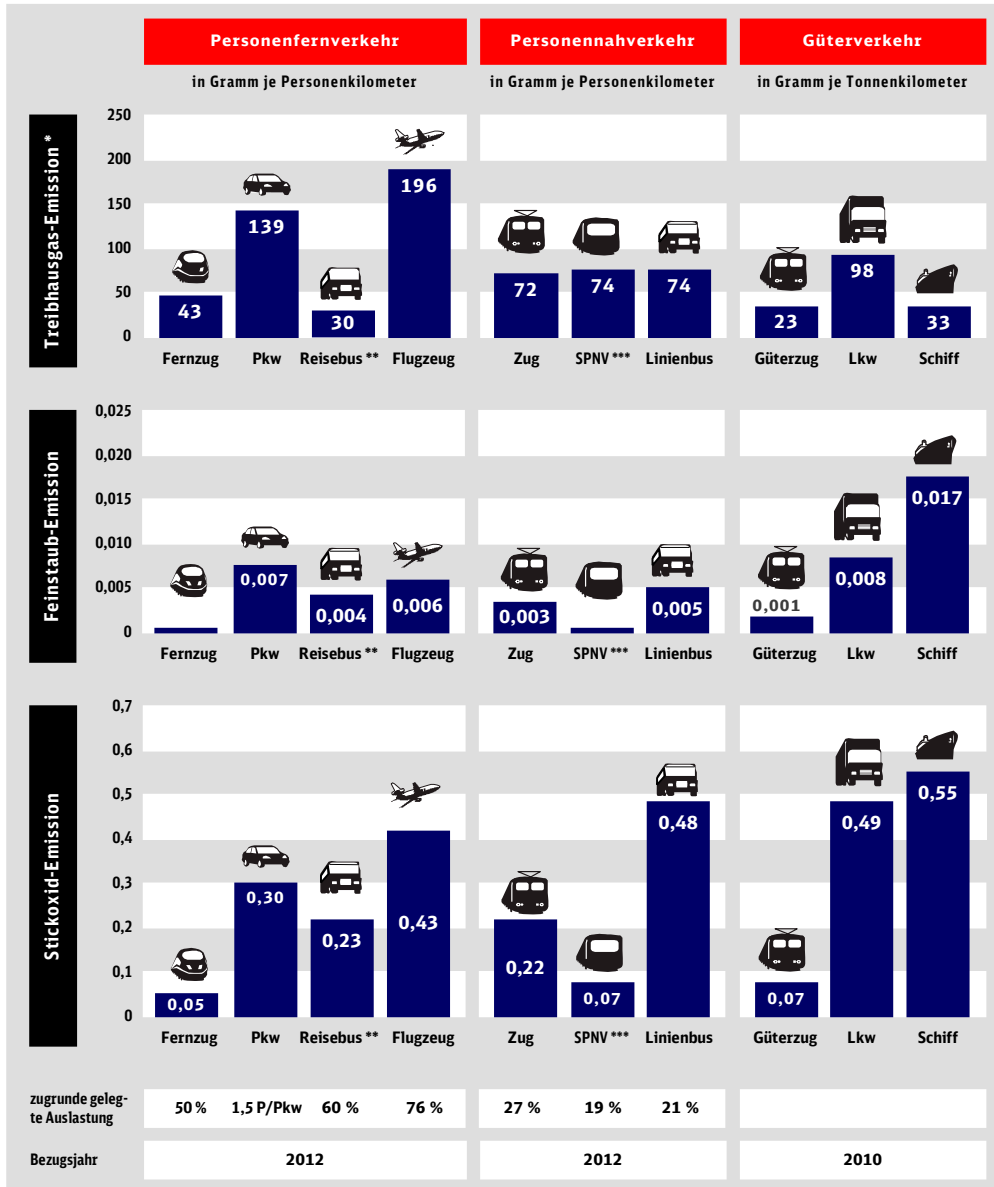
Die Deutsche Bahn AG hat schon bei ihrer Gründung ein Energiesparprogramm beschlossen und umgesetzt. Zwischen 1990 und 2012 hat das Unternehmen seine spezifischen Kohlendioxid-Emissionen im Schienenverkehr in Deutschland um 45 Prozent senken können. Im gleichen Zeitraum wurden der Stickoxid-Ausstoß um 73 Prozent und die Partikelemissionen um 89 Prozent reduziert.

Erreicht wurde dies mit unterschiedlichen Maßnahmen: Neue Fahrzeuge oder aber neue Motoren in älteren Fahrzeugen haben den Dieselbetrieb deutlich sauberer gemacht, neue Grenzwerte für den dieselbetriebenen Schienenverkehr haben eine weitere Reduktion unterstützt. Im elektrischen Betrieb haben Verbesserungen in der Kraftwerkstechnik jene Emissionen reduziert, die indirekt bei der Stromproduktion anfallen. Weitere Maßnahmen liegen in der Vermeidung unnötiger Leerfahrten und der stärkeren Auslastung der Züge. Auch die zunehmende Elektrifizierung und der Einsatz erneuerbarer Energien sind wichtige Stellhebel.

Die Bahnen ruhen sich jedoch nicht auf ihrem Umweltbonus aus, sondern nutzen ihren Systemvorteil, um den ökologischen Vorsprung weiter auszubauen. So wird die DB auch in den nächsten Jahren weitere Anstrengungen für den Klimaschutz unternehmen. Beispielsweise



sollen nach einer Festlegung des Jahres 2006 die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 um 20 Prozent reduziert werden. Bis 2050 möchte das Unternehmen sogar den CO<sub>2</sub>-freien Schienenverkehr umsetzen.



\* Treibhausgase, angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

\*\* Werte sind nicht auf Fernlinienbusse übertragbar; Reisebusse verkehren im Gelegenheitsverkehr und sind deshalb gut ausgelastet.

\*\*\* Schienenpersonennahverkehr (Straßenbahn, Stadtbahn und U-Bahn)

Abb. 1-6: Spezifische Emissionen verschiedener Verkehrsträger im Vergleich

Quelle: Umweltbundesamt

Das Fachbuch beschreibt das Eisenbahnsystem in seiner Gesamtheit und stellt die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Teilbereichen dar. Dabei wird die Funktionsweise der wesentlichen Systemkomponenten Eisenbahnbetrieb, Eisenbahnfahrzeuge und Eisenbahninfrastruktur erläutert sowie auf die verschiedenen Verkehrsarten eingegangen.

Die 2., überarbeitete und erweiterte Auflage enthält zahlreiche aktualisierte Abbildungen sowie die neuen Kapitel Instandhaltung, Eisenbahnbremstechnik und Straßenbahnen. Sie berücksichtigt außerdem die Änderungen innerhalb der Europäischen Eisenbahngesetzgebung und im betrieblich-technischen Regelwerk.

Systemwissen Eisenbahn ist ein unentbehrliches Nachschlagewerk für jeden Eisenbahner und ein praktischer Helfer für Berufsanfänger und Quereinsteiger in die Bahnbranche.

**LESEPROBE!**

---

**Bahn Fachverlag**

[www.bahn-fachverlag.de](http://www.bahn-fachverlag.de)

**ISBN 978-3-943214-15-4**