



## Verkehrs- und Klimawende

# Elektrifizierung als Baustein der Netzentwicklung

**Dr. Felix Jancke**, Leiter Infrastruktur- und Bundesverkehrswegeplanung, und **Matthias Beermann**, Referent Netzplanung und Modell, beide DB Netz AG, Frankfurt am Main



Für die Klima- und Verkehrswende ist die Elektrifizierung der Eisenbahnstrecken weiterhin ein wichtiger Baustein. Allein mit den aktuell in Planung und Umsetzung befindlichen Projekten werden bei der DB deutlich über 2.000 Streckenkilometer zusätzlich elektrifiziert.

Mobilität gilt als menschliches Grundbedürfnis und als Basis für eine immer enger vernetzte Wirtschafts- und Arbeitswelt. Vor dem Hintergrund der in den letzten Jahren verstärkten Klimadebatte bedarf es heute wohl keiner Diskussion mehr darüber, dass Verkehr in Zukunft klimafreundlicher gestaltet sein muss. Denn der Verkehrssektor ist mit einem Anteil von rund 19 Prozent einer der größten Verursacher von Treibhausgasen in Deutschland und benötigt nahezu 30 Prozent des nationalen Endenergieverbrauchs.<sup>[1]</sup>

Um die Anforderungen des Pariser Klimaschutzabkommens<sup>[2]</sup> zu erfüllen, hat sich Deutschland ehrgeizige Ziele gesetzt: Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um 55 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 sinken, bis 2050 wird eine Senkung um 80 bis 95 Prozent angestrebt.<sup>[3]</sup> Für den Verkehrssektor ist daraus eine Treibhausgaseminderung von rund 40 Prozent bis 2030 abzuleiten. Die aktuelle Debatte auf europäischer Ebene zur Verschärfung der europäischen Klimaschutzziele wird den Anspannungsgrad für Deutschland und den Sektor Verkehr zusätzlich erhöhen.

### Klimaschutz und Verkehrssektor

Ein Blick auf die Zusammensetzung der Verkehrsleistung bezogen auf die verschiedenen Verkehrsmittel zeigt, dass mit rund 79 Prozent der größte Anteil im Personenverkehr auf den motorisierten Individualverkehr entfällt. Züge und S-Bahnen haben einen Anteil von 8 Prozent. Im Güterverkehr ist die Aufteilung nicht grundlegend anders. So hat der Lastkraftwagen (LKW) einen Anteil von rund 72 Prozent an der Verkehrsleistung, während die Bahn auf einen Anteil von knapp über 19 Prozent kommt.<sup>[4]</sup>

Die Diskussion über die Zukunft der Mobilität wird aber auch durch weitere Belastungen des Straßenverkehrs wie Staus, Lärm, Feinstaub- und Stickoxidemissionen weiter angeregt. Zudem wurden

die erreichten Effizienzgewinne der Fahrzeuge in den letzten Jahrzehnten durch gestiegene Fahrleistung, mehr Motorleistung und schwerere Fahrzeuge kompensiert. Dem gegenüber sind Züge effizienter und der Anteil erneuerbarer Energien beim Bahnstrom der Deutschen Bahn liegt aktuell bei über 60 Prozent und soll bis 2038 auf 100 Prozent steigen.<sup>[5]</sup> In Kombination mit dem geringen Rollwiderstand von Rad und Schiene, den niedrigen Energieverbräuchen und der relativ hohen Auslastung verursachen Fernzüge im Ergebnis pro Personenkilometer viermal weniger Treibhausgasemissionen als PKW.<sup>[6]</sup> Berücksichtigt man den Einsatz von Grünstrom im Fernverkehr der Deutschen Bahn ist zu beachten, dass man auf der Schiene im Fernverkehr der Deutschen Bahn heute schon nahezu vollständig CO<sub>2</sub>-frei unterwegs ist.

Der Verkehrssektor verursacht heute weiterhin so viel Kohlendioxid wie im Jahr 1990 und ohne eine massive Verkehrsverlagerung auf die Schiene ist die Erreichung der Klimaziele nicht möglich. Folgerichtig steht im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung für den Verkehrssektor neben der Verwendung alternativer Kraftstoffe und Antriebe sowie der digitalen Vernetzung vor allem die Verlagerung des Personen- und Güterverkehrs auf klimafreundliche Optionen wie den Schienenverkehr im Fokus.<sup>[7]</sup> In diesem Zusammenhang steht auch der Schienenpakt, den der Bund gemeinsam mit allen Beteiligten des gesamten Schienenverkehrssektors geschlossen hat. Basis ist der im Rahmen des sogenannten Zukunftsbündnis Schiene erarbeitete und im Mai 2020 veröffentlichte Masterplan Schienenverkehr. Als Zielsetzung wird die Verdoppelung der Fahrgastzahlen im Schienenpersonenverkehr und eine Erhöhung des Modal Splits im Schienengüterverkehr auf 25 Prozent angestrebt.<sup>[8]</sup>

Der Deutschlandtakt ist hierbei ein wesentlicher Baustein und die Zielvision für das zukünftige Angebot in Form eines integralen Taktfahrplans. Es geht um einen fahrplanbasierten Ausbau der

*Noch immer ist der Anteil der Schiene an der Verkehrsleistung deutlich geringer als der motorisierte Individualverkehr*



Foto: DB AG/Claus Weber

Schieneninfrastruktur, der in zeitlichen Etappen realisiert wird. Der Deutschlandtakt ist somit die Planungsgrundlage für einen bedarfsgerechten Ausbau und eine optimale Nutzung der Schieneninfrastruktur. Ziel ist ein Ausbau der Bundesverkehrswege für ein deutschlandweit vernetztes, schnelles, zuverlässiges, häufig verkehrendes Angebot mit optimalen Anschlüssen für den Schienenpersonenverkehr und bedarfsgerechten Kapazitäten für einen ausgeweiteten Schienengüterverkehr mit kürzeren Transportzeiten. Der Deutschlandtakt wird so zum Kompass und zur durchgehenden Planungsgrundlage für die infrastrukturelle Weiterentwicklung des deutschen Bahnnetzes.

Als größter Betreiberin des deutschen Bahnnetzes hat sich die Deutsche Bahn (DB) mit ihrer Dachstrategie „Starke Schiene“ zu ihrer gesellschaftlichen Verantwortung bekannt und die Verlagerung von Verkehr auf die Schiene als Leitgedanken verankert. Die Ziele der Starken Schiene lassen sich mit Vergleichen veranschaulichen, die die Größenordnung der Effekte skizzieren. So könnten durch eine Verdoppelung der Reisendenzahl im Fernverkehr sowie zusätzlich eine Million mehr Reisende im Nahverkehr täglich zirka fünf Millionen Pkw-Fahrten und rund 14.000 Flugreisen in Deutschland entfallen. Ein Marktanteil des Schienengüterverkehrs von 25 Prozent ist mit einer Einsparung von rund 13 Mio. Lkw-Fahrten pro Jahr auf deutschen Straßen verbunden. Die mit der Verkehrsverlagerung angestrebte Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Gesamtausstoßes um bis zu 10,5 Mio. t pro Jahr entspricht dem jährlichen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von 1 Mio. Menschen.<sup>[9]</sup>

Im Ergebnis ist die Verkehrs- und Mobilitätswende als Ziel der EU, der Bundesregierung, des Verkehrssektors und der Deutschen Bahn strategisch verankert. In den kommenden 10 Jahren werden mehr als 180 Mrd. Euro in den Erhalt und in den Neu- und Ausbau der Schieneninfrastruktur investiert. Diese Mittel müssen zielgerichtet, schnell und effizient eingesetzt werden sowie auf ein klares Zielbild für die Schieneninfrastruktur einzahlen.

## Netzkonzeption 2040 als Teil der Starken Schiene

Mit der Starken Schiene definiert die DB ihren konkreten Beitrag zur Erreichung der zentralen verkehrs- und klimapolitischen Ziele des Bundes. Es wurden dabei drei Ausbaufelder identifiziert:

- Robuster durch mehr Trassen, mehr Züge und mehr Mitarbeitende
- Schlagkräftiger durch eine einfache Aufstellung, klare Abläufe und gemeinsames Anpacken
- Moderner durch einen schnelleren Takt, stärkere Vernetzung, verbessertes Angebot im Güterverkehr

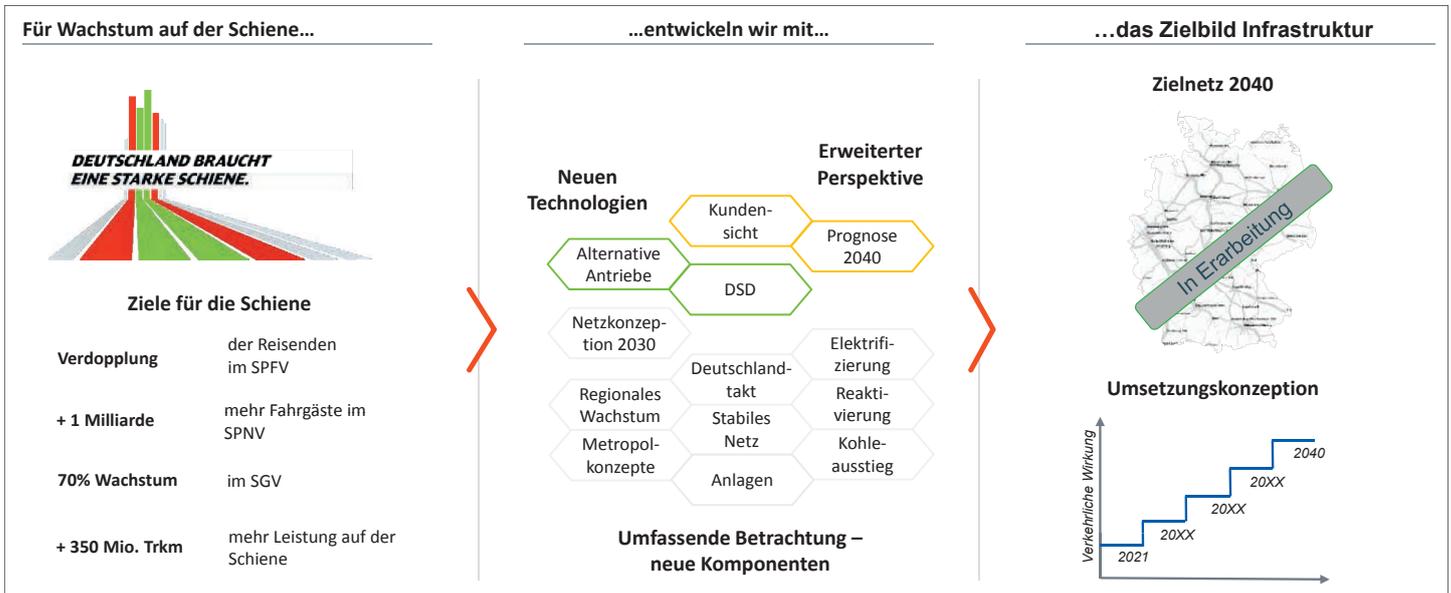
Jedes Ausbaufeld gliedert sich wiederum in jeweils fünf zentrale Themen, den sog. Ausbausteinen.<sup>[9]</sup> Im Fokus des Ausbausteins Infrastruktur steht die Netzkonzeption 2040. Als aktuelle Aus- und Neubaustategie der DB Netz AG ist die Netzkonzeption 2030 bereits erfolgreich etabliert und wurde zum maßgeblichen Input für den im Jahr 2016 veröffentlichten Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 2030. Da sich sämtliche Maßnahmen der Netzkonzeption 2030 jetzt in Planung oder Umsetzung befinden und der Trend des Verkehrswachstums auf der Schiene anhält, ist ein fortgeschriebenes strategisches Konzept für die Netzentwicklung erforderlich. Mit der Netzkonzeption 2040 werden die verkehrlichen Anforderungen aus dem Deutschlandtakt und den Zielen der Starken Schiene aufgegriffen und daraus ein ganzheitlicher Masterplan und ein klares Zielbild für die Schieneninfrastruktur der Zukunft entwickelt.

Für eine signifikante Verlagerung von Verkehr auf die Schiene ist der Ausbau der Netzkapazität eine wesentliche Voraussetzung. Die heute bereits überlasteten Strecken liegen in den Metropolregionen und deren Verbindungen sowie auf den Hauptrouten des Güterverkehrs. Das zukünftige Verkehrswachstum wird absehbar vor allem auf diesen Schienenwegen stattfinden, sodass im ersten Schritt die Auflösung der Engpässe von besonderer Bedeutung ist. Die im BVWP 2030 definierten und in den Bedarfsplänen verankerten Aus- und Neubauprojekte sind daher genau auf diese Zielsetzung ausgerichtet. Die Realisierung dieser Großprojekte bleibt daher weiterhin zwingende Voraussetzung für die Zunahme des Verkehrs auf der Schiene und bildet die Basis zur Umsetzung des Deutschlandtakts.

Neben den langfristigen Engpassauflösungen dienen kleine und mittlere Maßnahmen als kurzfristige Entlastung beziehungsweise zur Überbrückung der Zeit bis zur Inbetriebnahme der Großprojekte. Im Zuge des Klimaschutzprogramms des Bundes wurde mit den Eisenbahninfrastrukturunternehmen daher erstmals eine verstärkende Finanzierungsgrundlage auch für diese Infrastrukturmaßnahmen geschaffen.

Neben dem klassischen Aus- und Neubau ergeben sich durch ein aktives Kapazitätsmanagement und durch die Digitalisierung von Infrastruktur und Betrieb weitere Möglichkeiten zur Kapazitätserhöhung. Mit der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) werden beispielsweise alle Elemente der Infrastruktur wie Gleise, Weichen, Stellwerke und Signale untereinander und mit den darauf rollenden Fahrzeugen vernetzt. Durch diese intelligente Verknüpfung aller Daten wird eine neue Organisation des Bahnbetriebs ermöglicht. Die Kapazität des bestehenden Schienennetzes kann dadurch auch ohne Neubau von Gleisen auf verschiedenen Strecken um bis zu 20 Prozent erhöht werden.

Im Rahmen der Starken Schiene wird im Personen- und Güterverkehr eine Steigerung der Betriebsleistung



*Ziele und Umfang der Netzkonzeption 2040*

*Quelle: DB Netz AG – Netzkonzeption 2040*

im Netz um mehr als 30 Prozent beziehungsweise um 350 Mio. Trassenkilometer (Trkm) angestrebt. Die zusätzliche Leistung soll sowohl durch Neu- und Ausbauvorhaben (zirka 250 Mio. Trkm) als auch durch DSD (zirka 100 Mio. Trkm) erzielt werden.

Zusätzlich zur Kapazitätserhöhung sind zur Erreichung der klimapolitischen Ziele aber auch weitere Aspekte zu berücksichtigen. Dazu zählen unter anderem das Zusammenspiel von Streckenelektrifizierung und die Nutzung alternativer Antriebe sowie der bis 2038 erfolgende schrittweise Ausstieg aus der Kohleverstromung, verbunden mit regionalen Strukturstärkungsmaßnahmen. Die Zusammenführung dieser Themen mit den verschiedenen Strängen aus BVWP, Deutschlandtakt, DSD und den weiteren Programmen erfolgt im Rahmen der Netzkonzeption 2040.

**Elektrifizierung als Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung**

Einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der angestrebten Marktanteils- und Verkehrssteigerungen des Eisenbahnsektors leistet die Elektrifizierung, da sie die Basis für deren klimafreundliche und CO<sub>2</sub>-neutrale Realisierung bildet. Der elektrische Bahnbetrieb gilt als Voraussetzung, um die Klimaziele des Bundes realisieren zu können. Neben den ökologischen Aspekten stellt die Elektrifizierung bereits bestehender Strecken auch betrieblich-ökonomisch einen wichtigen Faktor für die Infrastrukturbetreiber und Verkehrsunternehmen dar. Dies spiegelt sich einerseits in einer Reduzierung der Störanfälligkeit des Netzes (Verbesserung der Resilienz) und andererseits in der Schaffung durchgehender elektrischer Fahrmöglichkeiten (Schließung von Oberleitungslücken zur Angebotsverbesserung) wider.

Mit Blick auf das europäische Ausland, insbesondere auf die Nachbarländer Schweiz, Österreich, Belgien und die Niederlande, wird gerne auf deren hohe Elektrifizierungsquoten zwischen 71 und 100 Prozent verwiesen und ein zwingender Handlungsbedarf für Deutschland mit seiner vergleichsweise geringen Elektrifizierungsquote von 61 Prozent<sup>[10]</sup> abgeleitet. Eine deutliche Steigerung des Elektrifizierungsanteils des gut 33.000 Kilometer<sup>[11]</sup> langen Streckennetzes wird im gleichen Zuge gefordert.

Unter Berücksichtigung der Verkehrsleistung<sup>[12]</sup> wird aber deutlich, dass in Deutschland schon jetzt mehr als 90 Prozent<sup>[13]</sup> im Personen- und Güterverkehr auf den rund 20.000 elektrifizierten Streckenkilometern erbracht werden und somit der ganz überwiegende Teil an Gütern und Personen bereits heute elektrisch befördert wird.

**Streckenseitige und fahrzeugseitige Elektrifizierung**

Dies bedeutet nun aber nicht, dass die gesamte Diskussion um einen Ausbau des elektrischen Eisenbahnverkehrs obsolet wäre und der oft skizzierte Handlungsbedarf nicht bestehen würde. Es wird jedoch deutlich, dass eine klassische Vollelektrifizierung des deutschen Streckennetzes aufgrund seiner Größe und weiten Verzweigung in den ländlichen Raum kaum zu wirtschaftlich effizienten Kosten realisierbar ist. Darüber hinaus ist für das Gelingen der Verkehrswende ein erheblicher Infrastrukturausbau entlang der Hauptverkehrsachsen zwingend erforderlich.

Die Betrachtung muss folglich darauf ausgerichtet werden, dass die Elektrifizierung von Bestandsstrecken sowie der Aus- und Neubau von Strecken nicht konkurrieren, sondern sich zielgerichtet ergänzen. In der

Konsequenz ist die Elektrifizierung als bahnbetriebsübergreifend zu betrachten und dort, wo eine klassische Streckenelektrifizierung nicht realisiert werden kann, eine fahrzeugseitige Elektrifizierung durch den Einsatz alternativer Antriebstechniken vorzunehmen. Insbesondere für den Schienenpersonennahverkehr, aber auch für die sogenannte „letzte Meile“ im Schienengüterverkehr stellen alternative Antriebe eine in die Zukunft weisende Richtung dar. Mit der elektrischen Betriebsleistung lässt sich ablesen, wie viel Prozent der gefahrenen Zugkilometer insgesamt elektrisch zurückgelegt werden. Im Fahrplanjahr 2019 lag dieser Wert bei 74 Prozent.<sup>[14]</sup> In Zukunft sollte dieser Wert auch durch die Betriebsleistungen von neuen Zügen mit alternativen Antrieben wie Wasserstoff- und batterieelektrische Antriebe steigen.

Die Netzkonzeption zielt bei Ableitung von reinen Elektrifizierungsmaßnahmen daher darauf ab, relevante Einflussfaktoren gegeneinander abzuwägen und diejenigen Elektrifizierungsmaßnahmen mit dem größten Nutzen für das Gesamtsystem abzuleiten. Die hierbei relevanten Einflussfaktoren werden in der untenstehenden Abbildung erläutert.

### Effekte von Elektrifizierungsmaßnahmen

Bei den **verkehrlichen Effekten** werden einerseits erwartete Verkehrsmehrungen, zum Beispiel durch Realisierung neuer Verkehrskonzepte oder durch Taktverdichtungen berücksichtigt. Andererseits fließen auch verbesserte Dispositions- und Planungsmöglichkeiten im Störungs- und Baubetrieb ein. Diese wirken zwar jeweils nur temporär, aber erhöhen insgesamt die Resilienz des Gesamtsystems, da Zugausfälle oder Verspätungen reduziert beziehungsweise vermieden werden können.

Die **ökologischen Effekte** lassen sich insbesondere durch CO<sub>2</sub>-Einsparungen und durch Vermeidung von Schadstoffen ausdrücken, die sich gegenüber dem aktuellen Dieselbetrieb einer Strecke einstellen.<sup>[15]</sup> Auch die Lärmreduktion durch einen leiseren Bahnbetrieb wird entsprechend berücksichtigt.

Weiterhin sollte die Elektrifizierung einer Strecke einen möglichst hohen **Kundennutzen** stiften. Besonders positiv ist es, wenn beispielsweise im Güterverkehr Triebfahrzeugwechsel entfallen und durchgehende Transporte ermöglicht werden oder wenn sich im Personenverkehr Fahrzeitgewinne für neue Halte oder Anschlussbeziehungen verwirklichen lassen.

Darüber hinaus sind auch die **Streckeneigenschaften** zu berücksichtigen. So ist nicht jede Strecke in gleicher Weise für eine Elektrifizierung geeignet, zum Beispiel weil zu geringe Tunnelprofile die Aufhängung eines Fahrdrabes nicht zulassen oder weil einige Zugarten, wie zum Beispiel Züge des Kombinierten Verkehrs (KV), nicht über die betrachtete Strecke verkehren können. Gleiches gilt für Streckeneigenschaften wie geringe Streckenklassen

beziehungsweise niedrige Grenzlaster. Solche Fälle wirken dem Nutzen der Netzresilienz wieder entgegen.

Des Weiteren müssen auch die **Kosten** einer Elektrifizierung Eingang in die Betrachtung finden, indem die grob erwarteten Baukosten sowie die späteren Instandhaltungsaufwendungen berücksichtigt werden. Oftmals lassen die topographischen Gegebenheiten erkennen, dass eine klassische Elektrifizierung baulich sehr aufwendig und folglich auch sehr teuer wird.

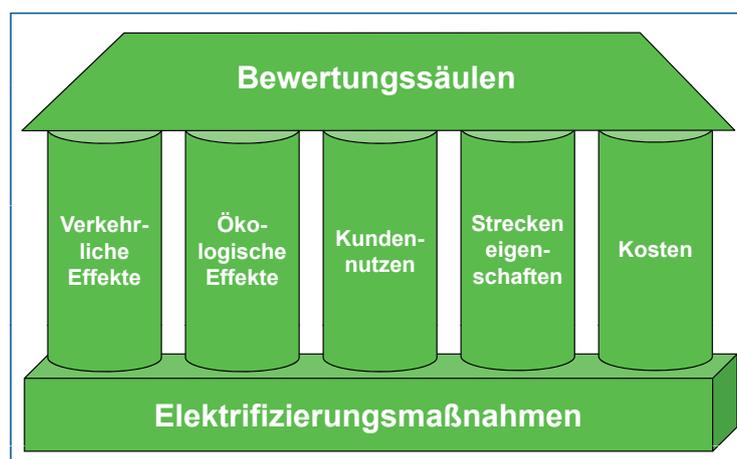
Für diejenigen Strecken, für die sich eine vollständige Elektrifizierung als nicht zielführend erweist, müssen gemeinsam mit den Branchenpartnern wie Verkehrsunternehmen und Aufgabenträgern sowie den zuständigen Länder- und Bundesministerien fahrzeugseitige Lösungen auf Basis alternativer Antriebe abgeleitet werden. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur weist in seinem Programm „Bund für Elektrifizierung“ mit der Förderung von alternativen Antrieben eine eigenständige Säule neben den klassischen Elektrifizierungen aus dem Bedarfsplan, dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz und den Sonderprogrammen auf.<sup>[16]</sup> Aber auch in vielen Konzeptpapieren von Branchenverbänden wie dem Verband der Verkehrsunternehmen<sup>[17]</sup> oder der Allianz pro Schiene sowie in Ausbaustrategien für die Eisenbahn einzelner Bundesländer (zum Beispiel Schleswig-Holstein<sup>[18]</sup> oder Baden-Württemberg<sup>[19]</sup>) findet sich die parallele Betrachtung von Streckenelektrifizierungen und alternativen Antrieben als Bausteinen zur Elektrifizierung des Bahnbetriebes wieder.

### Laufende und geplante Projekte

Unabhängig von den konzeptionellen Überlegungen schreitet die Umsetzung von Streckenelektrifizierungen weiter voran. In 2020 wurden mit der Ausbaustrecke (ABS) München–Lindau–Grenze D/A und einem Abschnitt der Breisacher Bahn weitere 166 km elektrifizierte Streckenkilometer in Betrieb

*Wichtige Effektgrößen bei der Auswahl von Elektrifizierungsmaßnahmen*

*Quelle: DB Netz AG – Netzkonzeption 2040*



genommen. In 2021 steht die Inbetriebnahme der zirka 125 km langen ABS Ulm–Friedrichshafen–Lindau (Südbahn) im Fokus. Im Bau befinden sich darüber hinaus noch zirka 70 km Strecke beim Vorhaben ABS Oldenburg–Wilhelmshaven.

Eine Reihe weiterer großer Vorhaben befindet sich in Planung. Dazu gehören die beiden noch nicht elektrifizierten Abschnitte zwischen Basel und Ulm, die Hochrhein-Strecke Basel–Schaffhausen und die Bodensee-gürtelbahn Radolfzell–Friedrichshafen. Als wichtiger Lückenschluss ist weiterhin die Strecke Hof–Regensburg mit fast 200 km Länge in Planung. Einen zusätzlichen Schub für Elektrifizierungsmaßnahmen dürfte das „Investitionsgesetz Kohleregionen“<sup>[20]</sup> sowohl durch seine finanzielle Ausstattung als auch durch die vorgesehenen Planungsbeschleunigungen mit sich bringen. Schwerpunktmäßig profitieren werden demnach die Bereiche Cottbus/Dresden–Görlitz/Zittau sowie der Raum Köln.

Die aus Sicht der DB dringendsten Elektrifizierungsvorhaben sind in der Netzkonzeption 2030 verankert und werden bereits beplant:

- Ostkorridor Süd (zu elektrifizierender Abschnitt Hof–Marktredwitz-Regensburg)
- Südliche Verlängerung des Ostkorridors (zu elektrifizierender Abschnitt: Landshut–Mühdorf)
- ABS München–Mühdorf–Freilassing (inklusive Tüßling–Burghausen)
- ABS Lübeck–Bad Kleinen

- ABS Angermünde–Stettin (zu elektrifizierender Abschnitt Passow–Grenze D/PL)

## Fazit

Um die Klimaziele des Bundes erreichen zu können, muss der schon heute umweltfreundliche Bahnsektor nachhaltig gestärkt und weiterentwickelt werden. Neben der erfolgreichen Verlagerung von mehr Verkehr auf die Schiene sind darüber hinaus die Elektrifizierung von Strecken und die consequente Nutzung alternativer Antriebstechnologien hierfür wichtige Bausteine. Deutschland braucht eine starke Schiene – für das Klima, für die Menschen, für die Wirtschaft und für Europa. ■

### Lesen Sie auch

#### **Beschleunigter Infrastrukturausbau für eine Starke Schiene**

Deine Bahn 4/2020

#### **Ausgedieselt: Direkte versus indirekte Elektrifizierung von Nebenstrecken**

Deine Bahn 1/2020

#### **Klimaschutz als Chance für die Bahn**

Deine Bahn 12/2018

#### **Elektrifizierung: Elementarer Bestandteil der strategischen Netzplanung**

Deine Bahn 11/2018

## Quellen und Anmerkungen

- [1] Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.
- [2] Mit dem im Jahr 2015 geschlossenen Abkommen haben sich 197 Staaten verpflichtet, den Anstieg der Erderwärmung deutlich unter 2°C und möglichst auf 1,5°C zu begrenzen sowie spätestens in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts weltweit Treibhausgasneutralität zu erreichen.
- [3] Klimaschutz in Zahlen: Klimaschutzziele Deutschland und EU.
- [4] Verkehr in Zahlen 2019/2020.
- [5] DB Energie – Kennzeichnung der Stromlieferungen 2019.
- [6] Umweltbundesamt – Abschlussbericht: Ökologische Bewertung von Verkehrsarten 2020.
- [7] Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.
- [8] BMVI – Masterplan Schienenverkehr 2020.
- [9] Deutsche Bahn – Geschäftsbericht 2019.
- [10] Vgl. Allianz pro Schiene – Daten und Fakten; <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/infrastruktur/daten-fakten/>
- [11] DB Netz AG – Bilanz 2019.
- [12] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/921525/umfrage/anteil-der-elektromobilitaet-im-schienenverkehr-in-deutschland/>

- [13] Verkehrsleistung ist das Produkt aus zurückgelegten Trassenkilometern und der Anzahl der beförderten Personen (Personenkilometer) beziehungsweise dem Gewicht der beförderten Güter (Tonnenkilometer).
- [14] DB Netz AG – Netzkonzeption 2040
- [15] Unterstellt wird hierbei, dass die Traktionsenergie klimaneutral gewonnen wird.
- [16] Bericht des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur zur Verkehrsministerkonferenz (04./05.04.2019) – [https://www.verkehrsministerkonferenz.de/VMK/DE/termine/sitzungen/20-03-26-27-vmk/20-03-26-27\\_punkt\\_5-3\\_bericht-bmvi.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.verkehrsministerkonferenz.de/VMK/DE/termine/sitzungen/20-03-26-27-vmk/20-03-26-27_punkt_5-3_bericht-bmvi.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- [17] Konzeptpapier des VDV – „Voll elektrisch!“ – [https://www.vdv.de/positionensuche.aspx?id=304eb028-4148-4b16-8681-9d3b3bab9516&mode=detail&coriander=V3\\_95feee5d-8fd5-8898-abda-87dd95ca5270](https://www.vdv.de/positionensuche.aspx?id=304eb028-4148-4b16-8681-9d3b3bab9516&mode=detail&coriander=V3_95feee5d-8fd5-8898-abda-87dd95ca5270)
- [18] Landtag Schleswig-Holstein – [https://www.landtag.lth.de/nachrichten/19\\_06\\_elektrifizierung\\_bahn/](https://www.landtag.lth.de/nachrichten/19_06_elektrifizierung_bahn/)
- [19] Verkehrsministerium Baden-Württemberg – <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/verkehrsministerium-stellt-schienen-elektrifizierungskonzept-vor-1/>
- [20] <https://www.gesetze-im-internet.de/invkg/BJNR179510020.html>