

Wissenschaftliche Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie

Schlussbericht

„Verlagerungswirkung bei einer Reaktivierung stillgelegter Schienenstrecken“

Berlin, Karlsruhe

14. November 2017

PTV Planung Transport Verkehr AG

Zimmerstr. 67

10117 Berlin, Germany

<http://www.ptvgroup.com>

Inga Luchmann

Phone: +49 (0)30 897187-15

PTV Transport Consult GmbH

Stumpfstr. 1

76131 Karlsruhe, Germany

<http://consult.ptvgroup.com>

Petra Strauß

Phone: +49 (0)721 9651-221

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel der Studie	5
2	Hintergrund	5
3	Ermittlung eines Verlagerungspotenzials	7
3.1	Recherche und Analyse reaktivierter Strecken.....	7
3.2	Ermittlung von Kenngrößen für zwei Gebietskategorien.....	9
3.3	Abschätzung des Nutzerpotenzials	10
3.4	Ermittlung von Investitions-, Unterhaltungs- und Betriebskosten.....	11
3.4.1	Investitions- und Unterhaltungskosten	11
3.4.2	Ermittlung von Betriebskosten	15
3.4.3	Gesamtkosten der Maßnahme	21
3.5	Berechnung der ökologischen Wirkung.....	23
3.6	Abschätzung des deutschlandweiten Reaktivierungspotenzials.....	35
3.7	Einführung eines gesonderten Bundesprogramms	38
4	Zusammenfassung und Empfehlungen	42
5	Literaturverzeichnis.....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Reaktivierte und ausgewertete Strecken je Gebietstyp und Bundesland *bezogen auf die Summe der Strecken in Gebieten der entsprechenden Dichte	8
Tabelle 2:	Jährliches Fahrgastaufkommen der reaktivierbaren Strecken je Gebietstyp	10
Tabelle 3:	Berechnung der Investitions- und Unterhaltungskosten für reaktivierte und elektrifizierte Bahnstrecken-Kilometer	14
Tabelle 4:	Jährliche Investitions- und Unterhaltungskosten je Gebietstyp	15
Tabelle 5:	Berechnungsformel zur Ermittlung der Betriebskosten je Streckenkilometer im SPNV (nach BVWP 2030)	19
Tabelle 6:	Veränderung der Betriebskosten je Kilometer des Busverkehrs	20
Tabelle 7:	Jährliche Betriebskosten je Gebietstyp	21
Tabelle 8:	Jährliche Gesamtkosten je Gebietstyp	21
Tabelle 9:	Veränderung des CO ₂ -Äquivalent-Ausstoßes der Bahn je Streckenkilometer	25
Tabelle 10:	Veränderung der Endenergieverbräuche der Bahn je Streckenkilometer	27
Tabelle 11:	Veränderung des CO ₂ -Äquivalent-Ausstoßes des Busverkehrs je Kilometer	28
Tabelle 12:	Veränderung der Endenergieverbräuche des Busverkehrs je Kilometer	29
Tabelle 13:	Veränderung der CO ₂ -Äquivalent-Ausstoßes der Pkw je Kilometer	31
Tabelle 14:	Veränderung der Endenergieverbräuche der Pkw je Kilometer	33
Tabelle 15:	CO _{2e} -Einsparungen der reaktivierbaren Strecken je Gebietstyp	34
Tabelle 16:	Endenergiereduktion der reaktivierbaren Strecken je Gebietstyp	34
Tabelle 17:	Seit 1994 stillgelegte Strecken je Gebietstyp und Bundesland *bezogen auf die Summe der Strecken in Gebieten der entsprechenden Dichte	36
Tabelle 18:	Berechnung des Reaktivierungspotenzials für seit 1994 bzw. 1950 stillgelegten Strecken in hinreichend dicht besiedelten Gebieten	37
Tabelle 19:	Berechnung eines gesonderten Bundesprogramms	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vorgehensweise zur Ermittlung von Kenngrößen	9
Abbildung 2:	Bsp. Investitionskosten des Bundesprogramms (eigene Berechnung der Reaktivierung seit 1994 stillgelegter Strecken)	40
Abbildung 3:	Bsp. Treibhausgaseinsparungen des Bundesprogramms (eigene Berechnung eigene Berechnung der Reaktivierung seit 1994 stillgelegter Strecken)	41

1 Ziel der Studie

Das EU «Weißbuch zum Verkehr» schreibt erstmals CO₂-Minderungsziele für den Verkehrsbereich fest. Als Emissionsminderungsziele sind minus 20 Prozent bis 2030 und minus 60 Prozent bis 2050 (im Vergleich zum Basisjahr 2008) definiert. Das Weißbuch soll somit die Weichen stellen für einen nachhaltigen Verkehr in Europa. Auch auf nationaler Ebene muss sich der Verkehrssektor an politischen Zielvorgaben messen lassen. In der Bundesrepublik sollen die Treibhausgase bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 um mindestens 80 bis 95 Prozent vermindert werden. Bis 2030 sollten die Treibhausgase daher um 55 Prozent gesenkt werden. Die Strategie zur Dekarbonisierung sollte eng mit einer kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz und Energieeinsparungen verknüpft werden. Daher wird eine Reduktion des Endenergieverbrauchs bis 2020 um rund 10 Prozent, bis 2050 um rund 40 Prozent gegenüber 2005 angestrebt. Angesichts des Anstiegs gegenüber dem Basisjahr 2005 um 1,3 Prozent sind weitere Anstrengungen dringend geboten (vgl. BMWi 2016).

Eine Verkehrsverlagerung im Personenverkehr von der Straße auf die Schiene kann zur Zielerreichung eine Option sein, um diesen Zielen näher zu kommen. Einen möglichen Baustein dazu kann die Reaktivierung stillgelegter Schienenstrecken liefern. Ziel der Studie ist daher eine grobe Abschätzung der Verlagerungswirkung und der daraus resultierenden Treibhausgas- und Endenergieeinsparungen sowie der Investitions- und Betriebskosten durch die Reaktivierung stillgelegter Schienenstrecken und der (Wieder-) Eröffnung von Haltepunkten im SPNV in Deutschland. Dabei sollen neben Schienenstrecken auch die Reaktivierung bzw. Einrichtung von Haltepunkten an diesen Strecken berücksichtigt werden. Zusätzlich kann die Elektrifizierung der reaktivierten Strecken zu weiteren Einsparungen bei Treibhausgasen und Energieverbräuchen führen. Die zusätzlich dafür anfallenden Kosten und möglichen Umweltwirkungen werden ebenfalls berechnet.

2 Hintergrund

Das Schienennetz der Eisenbahnen in Deutschland hat derzeit eine Streckenlänge von rund 38.000 Kilometern. Mit etwa 33.300 Kilometern ist die Deutsche Bahn (DB Netz AG) der größte Netzbetreiber. Die übrigen Strecken gehören zu verschiedenen nicht-bundeseigenen Eisenbahnen (NE-Bahnen) (vgl. Allianz pro Schiene 2016a). Seit der Bahnreform¹ im Jahr 1994 wurden 499 Schienenstrecken in Deutschland stillgelegt (EBA 2016). Diese umfassen gut 5.000 Kilometer, das entspricht etwa 15 Prozent des heutigen DB-Netzes. Auf einigen Strecken wurde nur der Personenzugverkehr eingestellt, der Güterverkehr blieb erhalten. Insbesondere in den neuen Bundesländern wurde das enge Netz der Deutschen Reichsbahn ausgedünnt.

Parallel zu diesen Entwicklungen war jedoch bundesweit auch eine Renaissance des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) zu beobachten. Das Zugangebot wurde

¹ 1994 kam es zu einer gesetzlichen und organisatorischen Neuordnung der bundeseigenen Eisenbahnen in Deutschland. Das Eisenbahnneuordnungsgesetz trat in Kraft, darin wird u.a. die Öffnung der Schienenwege für private Eisenbahnunternehmen und die Übertragung der Zuständigkeit für den Schienenpersonennahverkehr vom Bund auf die Länder geregelt.

ausgeweitet, Strecken, Stationen und Fahrzeuge modernisiert. Auch die Einführung eines Taktverkehrs und attraktive Tarifangebote resultierten in einer deutlich steigenden Nachfrage durch die Fahrgäste. Seit der Bahnreform im Jahr 1994 ist die Verkehrsleistung im Schienenpersonenverkehr (SPV) um über 40 Prozent gewachsen. Von 1996 bis 2013 ist in Deutschland die Zahl der Fahrgäste im regionalen Schienenverkehr um über 60 Prozent gestiegen (Allianz pro Schiene 2016b).

Diese Entwicklungen führten dazu, dass es in jüngerer Vergangenheit zunehmend Versuche der Wiederbelebung von Schienenstrecken gab. Häufig konnte auf den reaktivierten Relationen das vorhergesagte Fahrgastaufkommen mitunter deutlich übertroffen werden (vgl. VDV 2011, Allianz pro Schiene 2015). Die schienengebundene Anbindung von Gebieten ist erneut zum Standortfaktor geworden und wirkt strukturfördernd (vgl. VDV 2011). Denn die Anbindung per Bahn kann auch große regionalwirtschaftliche Effekte haben und der Entleerung des „ländlichen Raumes“ entgegenwirken, dabei gleichzeitig den Ballungsraum entlasten.

Insbesondere in dicht besiedelten Bundesländern wie Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz wie auch in einigen Urlaubsregionen konnten Reaktivierungsmaßnahmen erfolgreich umgesetzt werden. Beispielsweise sind in der Region Aachen fünf reaktivierte Bahnstrecken, eine Nebenbahn-Neubaustrecke, dichter SPNV-Taktverkehr sowie 31 neue Bahnhöfe bzw. Haltepunkte eingerichtet worden. Die Bahnreform und die Regionalisierungsmittel werden neben engagierten Akteuren vor Ort für diese Erfolgsbilanz verantwortlich gemacht (vgl. Bienik 2014). Die Usedomer Bäderbahn konnte ihr Fahrgastaufkommen in den Jahren 1992 - 2011 um den Faktor 11 steigern. 1992 fuhren täglich etwa 700 Personen mit der Usedomer Bäderbahn, durch den Festlandanschluss, die Einführung des Studenttaktes und dank guter Anbindung sowie neuer Fahrzeuge waren es 2011 bereits 8.770 Fahrgäste pro Tag (Allianz pro Schiene 2015: 20f.). Derzeit bemüht sich aber auch die Landesregierung des Flächenlandes Niedersachsen von der Bahn abgehängte Orte wieder anzubinden und hat daraufhin 74 stillgelegte Strecken auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersuchen lassen. Auf drei Strecken lässt sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein Personenzug betreiben.² So bekommt die Stadt Nordhorn mit 53.000 Einwohnern nach 41 Jahren wieder einen Bahnanschluss (Schlak 2015).

Aufgrund der Attraktivität der Schiene, der möglichen positiven Umweltwirkungen von Reaktivierungen und Verlagerungswirkungen – auch durch eine häufig festzustellende Stärkung der Gesamtnachfrage im ÖPNV – prüft derzeit die DB Netz AG und der Deutsche Bahnkundenverband (DBV) das Potenzial für eine Wiederbelebung von stillgelegten Schienenstrecken (vgl. Kamann 2016).

² Das sind die Strecken der Bentheimer Eisenbahn, die Linien Einbeck-Mitte bis Einbeck-Salzderhelden und die Strecke Salzgitter-Lebenstadt bis Salzgitter-Fredenberg. Das Land Niedersachsen wird 75 Prozent der Investitionskosten übernehmen, 25 Prozent der Kosten tragen Kommunen und Landkreise (Schlak 2015).

3 Ermittlung eines Verlagerungspotenzials

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde zur Abschätzung des Verlagerungspotenzials durch Reaktivierungsmaßnahmen in Deutschland ein mehrstufiges Verfahren entwickelt. In einem ersten Schritt wurden bereits reaktivierte oder infolge einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung als rentabel eingestufte Strecken zur Reaktivierung recherchiert. Neben der Zuordnung dieser Strecken zu zwei zuvor definierten Gebietskategorien wurden zu den vorliegenden Strecken Informationen gesammelt und im Folgenden überschlägige Kenngrößen ermittelt, welche die Grundlage für die Berechnung des Fahrgastaufkommens, der Kosten und Emissions- bzw. Endenergieeinsparungen bilden. Auf der Grundlage von zusätzlichen Kenngrößen aus Fachliteratur und plausiblen Annahmen konnte für die Strecken die Verlagerungswirkung abgeschätzt. Zum einen wurde das überschlägige Fahrgastaufkommen ermittelt, zum anderen wurden die Investitionskosten sowie auf der Basis der Mehrfahrleistungen der Bahn und der eingesparten Verkehrsleistung von Bussen die Betriebskosten untersucht. Auch wurde das Delta zwischen Mehrverbrauch der Bahn mit den eingesparten Fahrten von Bussen und Pkw in seinen ökologischen Effekten abgeschätzt. Zusätzlich ist untersucht worden, wie sich eine Elektrifizierung der reaktivierten Strecken auf die Investitionskosten und die ökologischen Effekte auswirkt. Alle Ergebnisse resultieren aus einer Differenzbetrachtung zwischen der Umsetzung einer Reaktivierungsmaßnahme (Planfall) und der weiteren Bedienung der Relation per Bus (Bezugsfall).

Auf der Grundlage der durchschnittlichen kilometerbezogenen Kenngrößen für beide Gebietskategorien konnten Aussagen zu einem deutschlandweiten Reaktivierungspotenzial abgeleitet werden. Dazu wurden die Kosten und Umweltwirkungen einer Wiederinbetriebnahme der seit 1994 bzw. der seit 1950 stillgelegten Strecken und Haltepunkte in hinreichend dicht besiedelten Gebieten Deutschlands ermittelt.

3.1 Recherche und Analyse reaktivierter Strecken

Nach eingehender Internet- und Literaturrecherche wurden in einem dazu entwickelten Analyseraster Streckenabschnitte zusammengetragen, welche seit der Bahnreform reaktiviert wurden, kurz vor einer Reaktivierung stehen oder denen aufgrund einer Kosten-Nutzen-Untersuchung die Wirtschaftlichkeit bescheinigt wurde.

Eine gute Grundlage dazu bildete eine Liste von Strecken des Fahrgastverbandes PRO BAHN e.V.. Hier sind die Strecken verzeichnet, welche seit 1994 wiedereröffnet wurden und deren Reaktivierung konkret in Vorbereitung ist. Ferner wurden als wirtschaftlich eingestufte Strecken von Kosten-Nutzen-Untersuchungen der PTV Transport Consult GmbH und der VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH in der Auswertung berücksichtigt. Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl der seit 1994 reaktivierten und in Vorbereitung einer Reaktivierung befindlichen 97 Strecken je Bundesland (Pro Bahn 2014; PTV Transport Consult 2015; VCDB 2015).

Bundesland	Anzahl reaktivierter Strecken in Deutschland	Davon ausgewertete Strecken	Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte		Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	
			Davon Anzahl	Anteil*	Davon Anzahl	Anteil*
Baden-Württemberg	23	7	4	16,0 %	3	13,6 %
Bayern	5	4	3	12,0 %	1	4,5 %
Berlin/Brandenburg	12	0	0	0,0 %	0	0,0 %
Hessen	8	4	2	8,0 %	2	9,1 %
Mecklenburg-Vorpommern	6	2	0	0,0 %	2	9,1 %
Bremen/Niedersachsen	6	6	5	20,0 %	1	4,5 %
Nordrhein-Westfalen	19	10	10	40,0 %	0	0,0 %
Rheinland-Pfalz	17	12	0	0,0 %	12	54,5 %
Saarland	0	0	0	0,0 %	0	0,0 %
Sachsen	0	0	0	0,0 %	0	0,0 %
Sachsen-Anhalt	0	0	0	0,0 %	0	0,0 %
Schleswig-Holstein	2	2	1	4,0 %	1	4,5 %
Thüringen	1	0	0	0,0 %	0	0,0 %
SUMME	97	47	25	100,0 %	22	100,0 %

Tabelle 1: Reaktivierte und ausgewertete Strecken je Gebietstyp und Bundesland
*bezogen auf die Summe der Strecken in Gebieten der entsprechenden Dichte

Dieser Auswertung ist zu entnehmen, dass v.a. die Länder Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz mit einer Reaktivierung von 17, 19 bzw. 23 Strecken in ihren Bemühungen erfolgreich waren. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die meisten Reaktivierungen in Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte stattfanden. Auch das Land Berlin hat seither 12 Strecken reaktiviert. Innerhalb der Studie blieben diese 12 Reaktivierungsmaßnahmen jedoch unberücksichtigt, da infolge der Wiedervereinigung in den 1990er Jahren Reaktivierungen mit hohem Nutzerpotenzial erfolgten, deren Kenngrößen nicht auf andere Regionen übertragbar scheinen. Darüber hinaus wurden die Fälle für die weitere Analyse ausgeschlossen, bei denen die reaktivierten Strecken nur maximal zwei Kilometer lang sind. Zu einigen Relationen konnte die Recherche keine aussagekräftigen Daten liefern.

Insgesamt konnten für 47 reaktivierte oder in der Umsetzung befindliche Strecken, im Text als reaktivierte Strecken bezeichnet, Daten gesammelt und anschließend ausgewertet werden. Diese lagen zum überwiegenden Teil in Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte. Sie waren vorwiegend in den Ländern Nordrhein-Westfalen, Bremen/Niedersachsen und Baden-Württemberg zu finden. Unter den Gebieten mit geringer Siedlungsdichte konnten insbesondere reaktivierte Strecken aus dem Bundesland Rheinland-Pfalz ausgewertet werden.

3.2 Ermittlung von Kenngrößen für zwei Gebietskategorien

Um Rückschlüsse auf mögliche Verlagerungspotenziale einzelner Strecken und die dadurch anfallenden Kosten und resultierenden Umweltwirkungen ziehen zu können, wurden grundlegende Kenngrößen wie jährliches Fahrgastaufkommen, jährliche Investitions- und Betriebskosten sowie der jährliche Treibhausgasausstoß und Endenergieverbrauch gebildet.

Die spezifischen Kenngrößen setzen sich zusammen aus den Ergebnissen der Datenrecherche zu den 47 Streckenreaktivierungen, allgemein anerkannten Inputgrößen wie Kostensätzen und Emissionsfaktoren sowie notwendigen plausiblen Annahmen. Auf dieser Basis von Fahrgastaufkommen, Streckenlänge, durchschnittlichen Fahrtweiten, Zugzahl, der Fahrtzeit und Traktion können die jährlichen Betriebsleistungen, Fahrzeiten und Energieverbräuche ermittelt werden, die für die Berechnung der Kosten und Umweltwirkungen die notwendige Grundlage bilden. Die Abbildung 1 zeigt die Vorgehensweise zur Ermittlung der Kenngrößen im Überblick. Detaillierte Beschreibungen der Berechnungsmethodik erfolgen in den nachstehenden Kapiteln.

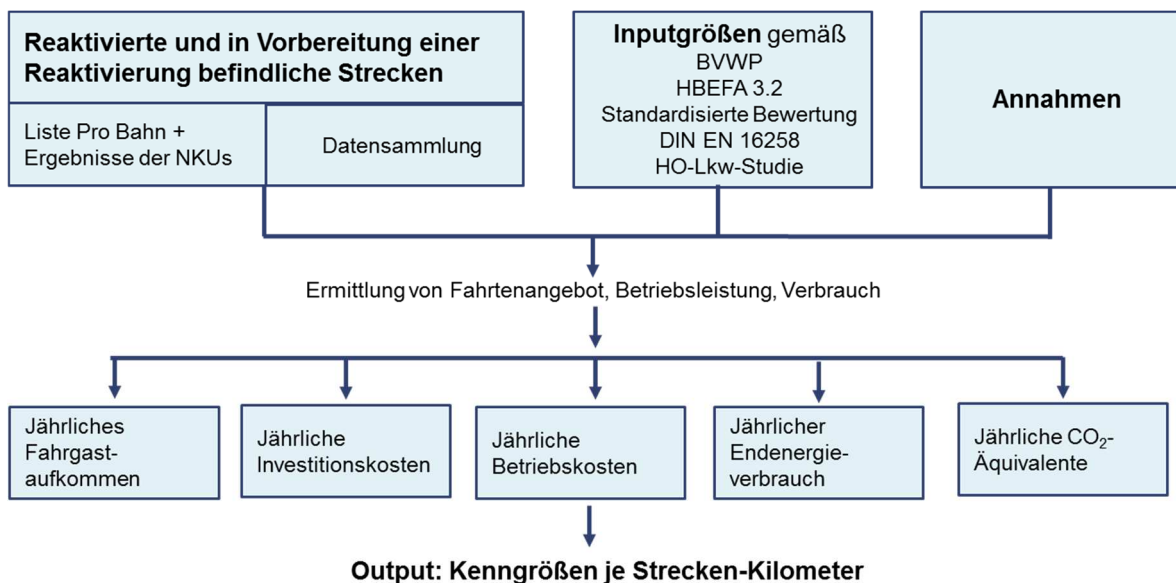


Abbildung 1: Vorgehensweise zur Ermittlung von Kenngrößen

Die Ergebnisse der 47 Einzelstrecken werden in zwei Gebietskategorien zusammengefasst. Alle reaktivierten Strecken wurden auf der Basis der Einwohnerzahlen an einem der beiden Streckenendpunkte den Gebietskategorien „mit hinreichender Siedlungsdichte“ bzw. „mit geringer Siedlungsdichte“ zugeordnet. Als Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte werden im Folgenden die Regionen bezeichnet, wo an einem oder beiden Endhaltepunkten der reaktivierten Strecke mindestens 20.000 Einwohner leben. Dieser Gebietstyp lässt sich insbesondere in den dicht besiedelten Bundesländern wie Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen sowie Bayern und Hessen finden. Als Gebiete mit geringer Siedlungsdichte gelten Relationen zwischen Stationen in Gemeinden und Kommunen mit unter 20.000 Einwohnern. Es handelt sich hierbei um

ländlich geprägte Regionen. Diese sind überwiegend in Flächenländern zu finden.³ Dahinter steht die Annahme, dass Gebiete mit einer hohen Einwohnerzahl ein höheres Nutzerpotenzial und somit ein höheres Einsparungspotenzial an Emissionen und Endenergie aufweisen. Die Ergebnisse der Berechnungen sollen aufzeigen, ob und inwieweit es Unterschiede zwischen den Gebietskategorien gibt.

3.3 Abschätzung des Nutzerpotenzials

Methodik

Zur Abschätzung eines Nutzerpotenzials von möglichen Reaktivierungsmaßnahmen wurden die reaktivierten Strecken hinsichtlich ihres jährlichen Fahrgastaufkommens je Kilometer untersucht. Da das Fahrgastaufkommen infolge einer Reihe abhängiger Variablen sehr einzelfallabhängig ist, wurden die Fahrgastaufkommen der einzelnen Strecken für beide Gebietskategorien gemittelt. Es wird davon ausgegangen, dass eine zusätzliche Elektrifizierung der reaktivierten Strecke nicht dazu führt, dass es zu Änderungen im Nutzungspotenzial kommt.

Ergebnis

Die untenstehende Tabelle 2 zeigt das jährliche Fahrgastaufkommen der Reaktivierungsmaßnahmen bezogen auf die Länge der potenziell zu reaktivierenden Strecke.

Gebietstyp	Jährliches Fahrgastaufkommen [Personen/km]
Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte	89.000
Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	20.000
Streckengewichtete SUMME	60.000

Tabelle 2: Jährliches Fahrgastaufkommen der reaktivierbaren Strecken je Gebietstyp⁴

Das jährliche Nutzeraufkommen je Streckenkilometer der Zugangebote auf den reaktivierten Relationen in Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte sind mehr als viermal so hoch wie im eher ländlich geprägten Raum. Das ist infolge der höheren Einwohnerzahl und -dichte nicht verwunderlich. Das gemittelte Nutzeraufkommen liegt bei 60 Tausend Personen je Streckenkilometer. Betrachtet man die einzelnen reaktivierten Streckenabschnitte, so schwankt das jährliche Fahrgastaufkommen zwischen etwa 1.000 und knapp 300.000 Personen je Kilometer.

³ Als ein weiterer Schritt einer detaillierten Analyse sollten für die in Frage kommenden Relationen die Bevölkerungsdichte und die Homogenität der Verteilung überprüft werden.

⁴ Um eine Scheingenauigkeit zu vermeiden, wurden im gesamten Bericht die Ergebnisse gerundet. Dadurch kann es jedoch vorkommen, dass die Summe der gerundeten Einzelwerte nicht der abschließend gerundeten Summe entspricht.

3.4 Ermittlung von Investitions-, Unterhaltungs- und Betriebskosten

Im Rahmen der Studie werden die jährlichen Kosten auf Basis der Investitionen in die Infrastruktur und die Anlagenteile zur Reaktivierung von Schienenstrecken und Stationen, der Abschreibungsdauer und eines Kalkulationszinssatzes ermittelt. Ferner werden die dadurch entstehenden Betriebskosten für den Bahnbetrieb mit den eingesparten Betriebskosten für den Busverkehr verrechnet. Gemeinsam werden Investitionskosten und die oben genannte Betriebskostendifferenz als Gesamtkostenwert ausgewiesen. Dabei handelt es sich um die Kostendifferenz zwischen Plan- und Bezugsfall. Die Erlöse durch Fahrgeldeinnahmen wurden in die Untersuchung nicht berücksichtigt.

3.4.1 Investitions- und Unterhaltungskosten

Bei den Investitions- und Unterhaltungskosten handelt es sich um Planungs-, Bau- und Sanierungskosten, die infolge der Reaktivierung der Trassen und Stationen, samt aller Anlagenteile und Nebenanlagen, entstehen. Darin ist mitunter auch der im Einzelfall notwendige Neubau von Stationen berücksichtigt. Bei den Investitionskosten handelt es sich um einmalige Kosten, die vor Inbetriebnahme anfallen. Zusätzlich fallen Unterhaltungskosten an. Diese beinhalten unter anderem die Wartung der Gleise und Signaltechnik, Versicherungen, Pflege der umgebenden Bäume, Reinigung der Haltestellen und vieles mehr.

Methodik

Die bewerteten Reaktivierungsmaßnahmen setzen sich in der Regel aus einem Konglomerat verschiedener Einzelmaßnahmen und damit aus einzelnen Kostenposten zusammen. Die mit den Reaktivierungsmaßnahmen verbundenen Investitions- und Unterhaltungskosten werden jedoch als Gesamtwert ausgewiesen.⁵ Die Unterhaltungskosten werden gemäß BVWP über Prozentsätze des Investitionsvolumens berechnet. Die Unterhaltungskostensätze werden mit einem durchschnittlichen Prozentsatz von 1,5 Prozent der Investitionskosten berechnet.

Da die Kostensätze durch Internet- und Literaturanalyse ermittelt wurden, waren Rückschlüsse auf einzelne Kostengruppen nicht möglich, denn mehrheitlich lagen keine detaillierten Daten dazu vor. Entsprechend der vorliegenden Daten wurden die Datensätze in die Bewertung einbezogen, für die Kostenkennwerte ausgewiesen wurden. Aufgrund mangelnder Angaben zu den Preisständen konnte eine Hochrechnung auf den aktuellen Preisstand nicht geleistet werden. Ggf. können die realen Investitionskosten etwas höher liegen als im Bericht angegeben, denn die Daten ließen keine Aussagen über die Preisstände zu. Hinzu kommt, dass die heutigen Anforderungen an technische Vorgaben, zur Barrierefreiheit oder Lärmschutz möglicherweise höher liegen als zu Zeiten der Maßnahmenumsetzung der analysierten Strecken.

Um die Kostenarten sachgerecht zusammenfassen zu können, wurden die Investitionen in jährliche Kosten transformiert. Zur Berechnung wurde entsprechend der Methodik der

⁵ In der Vorgehensweise zum Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 2030 werden Planungskosten in der Regel in Höhe von 18 Prozent der Bau- und Sanierungskosten angesetzt (Dahl et al. 2016: 250).

BVWP der Zinssatz von 1,7 Prozent angenommen (Dahl et al. 2016: 58). Es wird entsprechend ein Annuitätenfaktor von 0,0381 bei Ansatz einer durchschnittlichen Nutzungsdauer aller Anlagenteile von 35 Jahren verwendet.

Neben der Kostenkalkulation der einfachen Reaktivierung werden zusätzlich die Investitionen einer hinzukommenden Elektrifizierung der bislang dieselbetriebenen Bahnstrecken berechnet. Im Rahmen der Analyse handelt es sich um sechs von 49 reaktivierten Strecken, die bereits elektrifiziert sind, die übrigen 43 Strecken werden mit Dieseltriebwagen betrieben. Zu den Investitions- und Unterhaltungskosten der Reaktivierung werden die Kosten für den Ausbau von Oberleitungen und notwendigen Nebenanlagen zur Elektrifizierung der 43 Strecken überschlägig abgeschätzt. Zur Berechnung der Investitionskosten für die Maßnahme Elektrifizierung wird ein Kostensatz von einer Million Euro je Bahnstrecken-Kilometer für die Elektrifizierung verwendet. Dieser geht aus der Bedarfsplanüberprüfung des BVWP 2003 im Jahre 2010 hervor (BVU, Intraplan 2010). Diese Werte wurden auch im Rahmen der MKS-Studie „Ausbau der Elektrifizierung auf Hauptstrecken des Schienengüterverkehrs“ (Walther et al. 2016) verwendet.

Neben einer Vollelektrifizierung ist insbesondere auf sogenannten Zubringerstrecken mit geringen Zugzahlen auch eine Teilelektrifizierung mit Elektrifizierungsinseln denkbar. Dafür werden auf Fahrdrachthybridfahrzeugen (Dual-Mode-Lokomotiven) Energiespeicher benötigt. Diese Speicher werden an den Elektrifizierungsinseln im Betrieb nachgeladen. Dies kann beispielsweise an Bahnhöfen, Haltestellen oder Wendeanlagen erfolgen. Durch den flexiblen Einsatz der Hybridfahrzeuge kann der Dieserverbrauch deutlich gesenkt werden. Es ist daher mit einer Einsparung an Treibhausgasemissionen zu rechnen. Die Ausstattung von Teilnetzen mit Elektrifizierungsinseln und Hybridfahrzeugen lässt daher eine deutliche Reduzierung der Vermeidungskosten gegenüber einer Vollelektrifizierung des Schienennetzes erwarten. Die MKS-Studie „Rahmenbedingungen und Kosten einer Komplettelektrifizierung des deutschen Schienennetzes“ soll die Kosteneffekte der fahrzeugseitigen Kostenanteile und der reduzierten Infrastruktur für eine Teilelektrifizierung näher untersuchen.

Analog zu den Berechnungen der jährlichen Investitionskosten für die Reaktivierung werden die Unterhaltungskosten gemäß BVWP über einen Prozentsatz von 1,5 Prozent des Investitionsvolumens berechnet. Ebenfalls wurde zur Abzinsung entsprechend der Methodik der BVWP der Zinssatz von 1,7 Prozent angenommen (Dahl et al. 2016: 58). Es wird ein Annuitätsfaktor von 0,05940 bei Ansatz einer durchschnittlichen Nutzungsdauer aller Anlagenteile von 20 Jahren verwendet.

Aus den Investitions- und Unterhaltungskosten der Reaktivierung und der zusätzlichen Elektrifizierung ergibt sich ein Gesamtinvestitionskostensatz für die einzelnen Strecken. Da die Investitionskosten sehr stark einzelfallabhängig sind, werden die Kosten für die potenziell zu reaktivierenden Strecken ebenfalls überschlägig auf die jeweilige Streckenlänge bezogen und anschließend als Mittelwerte der entsprechenden Gebietskategorie ausgewiesen.

Jährliche Investitions- und Unterhaltungskosten der Reaktivierung ($luk_{\text{Reakt.Bahn}}$) und der elektrifizierten Reaktivierung ($luk_{\text{Reakt.Bahn, Elektrif.Bahn}}$) je Streckenkilometer

A. Dimensionen/Bezugsgrößen

Dimension: €/km

Bezugsgröße: Reaktivierte Bahnstrecken

B. Bewertungsvorschrift

$$luk_{\text{Reakt.Bahn, Elektrif.Bahn}} = (luk_{\text{Reakt.Bahn}} + luk_{\text{Elektrif.Bahn}})/km$$

mit

$luk_{\text{Reakt.Bahn, Elektrif.Bahn}}$ Investitionskosten der elektrifizierten, reaktivierten Bahnstrecken-Kilometer in €/km

$luk_{\text{Reakt.Bahn}}$ Investitionskosten der reaktivierten Bahnstrecken-Kilometer in €/Jahr

$luk_{\text{Elektrif.Bahn}}$ Investitionskosten zur Elektrifizierung der reaktivierten Bahnstrecken-Kilometer in €/Jahr

km Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern

$$luk_{\text{Reakt.Bahn}} = lk_{\text{Reakt.Bahn}} \times (a_{\text{Reakt.Bahn}} + uk_{\text{Reakt.Bahn}})$$

mit

$lk_{\text{Reakt.Bahn}}$ Spezifischer Investitionskostensatz Reaktivierung in €

$a_{\text{Reakt.Bahn}}$ Annuitätenfaktor für Reaktivierung

$uk_{\text{Reakt.Bahn}}$ Spezifischer Unterhaltungskostensatz für Reaktivierung in €

$$luk_{\text{Elektrif.Bahn}} = (lk_{\text{Elektrif.Bahn}} \times km) \times (a_{\text{Elektrif.Bahn}} + uk_{\text{Elektrif.Bahn}})$$

mit

$lk_{\text{Elektrif.Bahn}}$ Spezifischer Elektrifizierungskostensatz

km Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern

$a_{\text{Elektrif.Bahn}}$ Annuitätenfaktor für Bahnstromversorgung

$uk_{\text{Elektrif.Bahn}}$ Spezifischer Unterhaltungskostensatz für Elektrifizierung in €

C. Datenbedarf

$lk_{\text{Reakt.Bahn}}$ Spezifische Investitionskostensätze zur Reaktivierung der Bahn in € (entspr. Analysedaten)

Annuitätenfaktor für Reaktivierung von Strecken und Stationen von 0,0381

- 1,7 % Zinssatz (entspr. BVWP)
- 35 Jahre Nutzungsdauer

<p>Annuitätenfaktor für Bahnstromversorgung von 0,0594 aus BVWP 2030: 53</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1,7 % Zinssatz (entspr. BVWP) • 20 Jahre Nutzungsdauer <p>$Ik_{\text{Elektrif.Bahn}}$ Kostensatz für Elektrifizierung eines Gleis-Kilometers aus BVU, Intraplan 2010</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Mio. € / Gleis-km <p>$uk_{\text{Reakt.Bahn}} / uk_{\text{Elektrif.Bahn}}$ Unterhaltungskostensatz von 0,15 %</p> <p>Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)</p>
--

Tabelle 3: Berechnung der Investitions- und Unterhaltungskosten für reaktivierte und elektrifizierte Bahnstrecken-Kilometer

Ergebnis

Die Berechnungsergebnisse zu den Investitions- und Unterhaltungskosten der reinen Reaktivierungsmaßnahme sowie der Maßnahmenumsetzung in Form einer zusätzlichen Elektrifizierung sind in Tabelle 4 angegeben.

Für beide Umsetzungsarten liegen die Investitions- und Unterhaltungskosten im eher ländlich geprägten Raum deutlich unter den Kosten von Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte. Eine Begründung dafür geht aus den recherchierten Daten nicht hervor, Erklärungen hierfür sind vermutlich höhere Bodenpreise und komplexere Bauprozesse in städtischen Arealen.

Für die einzelnen Schienenstrecken und Stationen werden für die Investitionskosten der ausschließlichen Reaktivierung Beträge von einigen zehntausend Euro bis zu 30 Millionen Euro je Strecke angegeben. Transformiert man diese in Jahreswerte und berücksichtigt zusätzlich die Unterhaltungskosten, so ergeben sich Mittelwerte für Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte von 828.000 Euro im Jahr, bei schwach besiedelten Gebieten jährliche 236.000 Euro Investitions- und Unterhaltungskosten. Bezogen auf einen Streckenkilometer ergeben sich Durchschnittswerte der Investitions- und Unterhaltungskosten von 71 Tsd. Euro je Kilometer im dichter besiedelten und gut 15 Tsd. Euro im eher schwach besiedelten Gebiet.

Berücksichtigt man neben der Reaktivierung auch eine Elektrifizierung der bislang nicht elektrifizierten Strecken, so sind in den Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte Kosten von 129 Tsd. Euro je Kilometer anzusetzen, während in weniger dicht besiedelten Regionen 84 Tsd. Euro zu kalkulieren sind. Hier gleichen sich die Differenzen zwischen den Gebietstypen aufgrund der gleichbleibenden Kostensätze für die Elektrifizierung etwas aus. Alternativ zur Vollelektrifizierung könnte eine Teilelektrifizierung mit Elektrifizierunginseln und die Anwendung von Fahrdrahthybridfahrzeugen die Investitionskosten verringern.

Gebietstyp	Jährliche Investitions- und Unterhaltungskosten für die Reaktivierung [€/km]	Jährliche Investitions- und Unterhaltungskosten für die elektrifizierte Reaktivierung [€/km]
Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte	71.000	129.000
Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	15.000	84.000
Streckengewichtete SUMME	45.000	108.000

Tabelle 4: Jährliche Investitions- und Unterhaltungskosten je Gebietstyp

3.4.2 Ermittlung von Betriebskosten

Die Reaktivierungs- und Elektrifizierungsmaßnahmen von Schienenstrecken und Stationen haben veränderte Betriebskosten für den öffentlichen Verkehr zur Folge. Mit der Reaktivierung der Bahnstrecken wird davon ausgegangen, dass Personen, die zuvor für die Relation das Auto oder den Bus genutzt haben, auf die Bahn umsteigen. Durch den neu hinzukommenden Bahnbetrieb entstehen an dieser Stelle jährliche Betriebskosten. Das Fahrtenangebot im Busverkehr, insbesondere der Parallelverkehr, kann nach Umsetzung der Maßnahmen ausgedünnt werden und spart daher Betriebskosten.⁶ In der Untersuchung wurden jeweils für Bahn und Bus die jährlichen Betriebskosten für Reaktivierungsmaßnahmen separat gerechnet und dann als Delta der jährlichen Betriebskosten, d.h. Bahnbetriebskosten abzüglich der eingesparten Busbetriebskosten, ausgewiesen. Im Rahmen der Untersuchung wurde ein gesamtwirtschaftlicher Ansatz verfolgt, daher wurden Erlöse aus Fahrgeldeinnahmen in der Berechnung der Betriebskosten nicht berücksichtigt.

Analog zur Berechnung des jährlichen Betriebskostendeltas für die reine Reaktivierung der Strecken wurde alternativ auch das Betriebskostendelta für die Reaktivierung mit samt einer Elektrifizierung der Bahnstrecken ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass alle bislang nicht elektrifizierten Strecken im Rahmen der Reaktivierung elektrifiziert werden. Demnach werden die einzelnen Kostenkomponenten der bisher mit Diesel betriebenen Strecken als elektrifizierte Strecken gerechnet.

Der verlagerte Verkehr resultiert aus einer Änderung der Fahrtzeiten und -kosten auf den von den Reaktivierungsmaßnahmen betroffenen Relationen. Die mit einer Reaktivierung verbundenen Fahrtzeitänderungen und Änderungen der Verkehrsleistung von Bahn und Bus führen zu Änderungen bei den verkehrsmittelbezogenen Betriebskosten. Diese fallen in jedem Jahr des Betriebs nach der Reaktivierung an. Die Betriebskosten zwischen dem Maßnahmentyp Reaktivierung und Reaktivierung mit Elektrifizierung unterschieden sich geringfügig durch die unterschiedlichen Kostenkomponenten für Kapitaldienst, Unterhaltung und Energie. Die Veränderungen der Betriebskosten werden bezogen auf ein Durchschnittsjahr und die Streckenlänge ermittelt.

⁶ Es ist jedoch zu bedenken, dass es durchaus zu Interessenskonflikten zwischen kommunalem ÖPNV-Betreiber und dem Bahnbetreiber kommen kann.

Betriebskosten für den eingesparten Pkw-Verkehr und ein monetarisierte volkswirtschaftlicher Nutzen durch Reisezeitgewinne oder geringere Unfallkosten wurden bei den Gesamtkosten nicht gegengerechnet.

Methodik Betriebskosten Bahn

Die Veränderung der Betriebskosten wird auf der Basis der Methodik der BVWP 2030 ermittelt. Die Verfahrensweise wird nachfolgend unter Angabe der Berechnungsformeln und Kostensätze detailliert beschrieben. Die zur Berechnung erforderlichen verkehrlichen Daten basieren auf Durchschnittswerten in Deutschland und auf dem Erfahrungswissen der Bearbeiter. Für die Berechnung der Verlagerungspotenziale wurde der Einsatz der Modellfahrzeugtypen NV 180D für Dieseltriebwagen und NV 180E SD für Elektrotraktion angenommen (vgl. Dahl et al. 2016: 189). Die Auswahl der Modellfahrzeugtypen wurde mit der Auswahl des MKS-Projekts «Rahmenbedingungen und Kosten einer Komplettelektrifizierung des deutschen Schienennetzes» abgestimmt (Walther; Forkert 2017).

Hinsichtlich des Schienenpersonennahverkehrs werden Veränderungen folgender Komponenten des Bahnbetriebs betrachtet:

- ▶ Kapitaldienst der Fahrzeuge in €/Jahr
- ▶ Zugsinsatzzeiten in Std./Jahr
- ▶ Betriebsleistungen in Zug-km/Jahr
- ▶ Energieverbräuche der Dieseltriebwagen in l/Jahr
- ▶ Energieverbräuche der elektrisch betriebenen Triebwagen in kWh/Jahr
- ▶ Personalkosten (Zugführer und Begleitpersonal) in €/Jahr

Die Zugsinsatzzeiten der Bahn werden über die Anzahl der Züge und die Fahrtzeit ermittelt. Die Betriebsleistungen ergeben sich als Produkt aus Zugzahlen pro Strecke und der Streckenlänge. Darüber hinaus sind zur Ermittlung der Betriebskosten die Energieverbräuche der Dieseltriebwagen und der elektrisch betriebenen Triebwagen abzuschätzen. Zur Berechnung dienen die untenstehenden Berechnungsvorschriften gemäß BVWP 2030 (vgl. Dahl et al. 2016).

Veränderung der jährlichen Betriebskosten des SPNV je Streckenkilometer (B_{SPNV})	
A. Dimensionen/Bezugsgrößen	
Dimension:	€/km
Bezugsgröße:	Reaktivierte Bahnstrecken
B. Bewertungsvorschrift	
$B_{\text{SPNV}} = (KD_{\text{SPNV}} + UK_{\text{SPNV}} + PK_{\text{SPNV}} + EK_{\text{SPNV}})/\text{km}$	
mit	
B_{SPNV}	Veränderung der Betriebskosten des SPNV
KD_{SPNV}	Veränderung des Kapitaldienstes für die SPNV-Fahrzeuge in €/Jahr
UK_{SPNV}	Veränderung der Unterhaltungskosten für die SPNV-Fahrzeuge in €/Jahr
PK_{SPNV}	Veränderung der Personalkosten für die SPNV-Fahrzeuge in €/Jahr
EK_{SPNV}	Veränderung der Energiekosten für die SPNV-Fahrzeuge in €/Jahr
km	Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern
jeweils Planfall - Bezugsfall	
$KD_{\text{SPNV}} = \sum_t \Delta \text{FEZ}_{\text{SPNV},t} \times kd_{\text{SPNV},t}$	
mit	
$\Delta \text{FEZ}_{\text{SPNV},t}$	Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten des Modellfahrzeugtyps t (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-Std./Jahr
$kd_{\text{SPNV},t}$	Spezifischer Kapitaldienst für den Modellfahrzeugtyp t in €/Fz.-Std.
$UK_{\text{SPNV}} = \sum_t \Delta \text{FBL}_t \times uk_{\text{SPNV},t}$	
mit	
ΔFBL_t	Veränderung der Betriebsleistungen des Modellfahrzeugtyps t (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-km/Jahr
$uk_{\text{SPNV},t}$	Spezifische Unterhaltungskosten für den Modellfahrzeugtyp t in €/Fz.-km
$PK_{\text{SPNV}} = \Delta \text{ZEE}_{\text{SPNV}} \times pkt_{\text{SPNV}}$	
mit	
$\Delta \text{ZEE}_{\text{SPNV}}$	Veränderung der Zugeinsatzzeiten des SPNV (Planfall - Bezugsfall) in Zug-Std/Jahr
pkt_{SPNV}	Spezifische Personalkosten beim SPNV in €/Zug-Std
$EK_{\text{SPNV}} = EK_{\text{SPNV},E} + EK_{\text{SPNV},D}$	
mit	

$EK_{SPNV,E}$	Veränderung der Energiekosten für die SPNV-Fahrzeuge mit Elektrotraktion in €/Jahr
$EK_{SPNV,D}$	Veränderung der Energiekosten für die SPNV-Fahrzeuge mit Dieseltraktion in €/Jahr
$EK_{SPNV,E} = \Delta EV_{SPNV,E} \times e_{kE}$	
mit	
$EV_{SPNV,E}$	Veränderung des Energieverbrauchs von SPNV-Fahrzeugen mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in MWh/Jahr
e_{kE}	Spezifische Energiekosten in €/kWh
$\Delta EV_{SPNV,E} = \sum_t (\Delta FBL_{t,E} \times ev_{t,E} + \Delta FEZ_{t,E} \times evz_{t,E})$	
mit	
$\Delta FBL_{t,E}$	Veränderung der Betriebsleistungen des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-km/Jahr
$ev_{t,E}$	Spezifischer leistungsabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion in kWh/Fz.-km
$\Delta FEZ_{t,E}$	Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in Tsd. Fz.-Std./Jahr
$evz_{t,E}$	Spezifischer zeitabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion in kWh/Fz.-Std.
$EK_{SPNV,D} = \Delta EV_{SPNV,D} \times e_{kD}$	
mit	
$\Delta EV_{SPNV,D}$	Veränderung des Energieverbrauchs von SPNV-Fahrzeugen mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in l Diesel/Jahr
e_{kD}	Spezifische Energiekosten in €/l Diesel
$\Delta EV_{SPNV,D} = \sum_t (\Delta FBL_{t,D} \times ev_{t,D} + \Delta FEZ_{t,D} \times evz_{t,D})$	
mit	
$\Delta FBL_{t,D}$	Veränderung der Betriebsleistungen des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-km/Jahr
$ev_{t,D}$	Spezifischer leistungsabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion in l Diesel/Fz.-km
$\Delta FEZ_{t,D}$	Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-Std./Jahr
$evz_{t,D}$	Spezifischer zeitabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion in l Diesel/Fz.-Std.
C. Datenbedarf	

<p>Betriebsleistungen der Bahn (eigene Berechnungen)</p> <p>Einsatzzeiten der Bahn (eigene Berechnungen)</p> <p>Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)</p> <p>Für angenommenen Modellfahrzeugtyp NV 180D Dieseltriebwagen (aus BVWP 2030: 189)</p> <p>Kostensätze aus BVWP 2030: 102, 187f.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 44,5 €/Fz.-Std. Kapitalsdienst • 1,05 €/Fz.-km Unterhaltungskostensatz • 81 €/Std. Fahrpersonal, bestehend aus Triebwagenführer und Zugbetreuer • 0,74 €/l Diesel Energiekosten <p>Energieverbrauchsmengengerüst aus BVWP 2030: 189⁷</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0,8 l Diesel/Fz.-km • 15 l Diesel/Fz.-Std. <p>Für angenommenen Modellfahrzeugtyp NV 180E SD Elektrotriebwagen (aus BVWP 2030: 189)</p> <p>Kostensätze aus BVWP 2030: 102, 187f.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 52,9 €/Fz.-Std. Kapitalsdienst • 0,6 €/Fz.-km Unterhaltungskostensatz • 81 €/Std. Fahrpersonal, bestehend aus Triebwagenführer und Zugbetreuer • 0,152 €/kWh Energiekosten <p>Energieverbrauchsmengengerüst aus BVWP 2030: 189⁸</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3,0 kWh/Fz.-km • 55 kWh/Fz.-Std.
--

Tabelle 5: Berechnungsformel zur Ermittlung der Betriebskosten je Streckenkilometer im SPNV (nach BVWP 2030)

Methodik Betriebskosten Bus

Parallel zu den Mehrbetriebskosten der Bahn wurden die Minderbetriebskosten des eingesparten Busverkehrs überschlägig abgeschätzt. Dahinter steht die Annahme, dass die reaktivierte Verbindung zuvor mit Bussen (und gleicher Fahrleistung der jeweiligen Fahrzeuge) bedient wurde. Es wird unterstellt, dass die eingesparte Busleistung 60 Prozent der Betriebsleistung der neu eingesetzten Bahnen entspricht. Ein Teil des Busverkehrs bleibt erfahrungsgemäß aus Erschließungsgründen notwendig bzw. wird als Zubringerverkehr zur Bahn neu konzipiert. Dieser Anteil entspricht dem Erfahrungswert

⁷ Eine Erhöhung der Energieeffizienz bei Triebwagen mit Elektrotraktion bis zum Jahr 2030 wurde mit fünf Prozent, bei Dieseltraktion mit zehn Prozent berücksichtigt (Dahl et al. 2016: 189).

⁸ Siehe Fußnote 6.

vergangener Projekte. Die Betriebskosten wurden pauschal mit drei Euro pro Fahrzeugkilometer als langjähriger Erfahrungswert angenommen.

Veränderung der jährlichen Betriebskosten der Busse je Kilometer (B_{Bus})	
A. Dimensionen/Bezugsgrößen	
Dimension:	€/km
Bezugsgröße:	Eingesparter Busverkehr
B. Bewertungsvorschrift	
$B_{\text{Bus}} = (\Delta FL_{\text{Bus}} \times bk_{\text{Bus}}) / \text{km} \times (-1)$	
mit	
B_{Bus}	Veränderung der Betriebskosten von Bussen in €/Jahr
ΔFL_{Bus}	Veränderung der Fahrleistungen von Bussen (Planfall – Bezugsfall) in Bus-km/Jahr
Bk_{Bus}	Spezifische Bus-Betriebskosten je Kilometer
km	Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern
C. Datenbedarf	
Annahmen	
<ul style="list-style-type: none"> • 60 % der Busfahrleistung wird eingespart 	
Betriebsleistung Bus (eigene Berechnungen)	
Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)	
Betriebskostensatz Regionalbus in Höhe von 3 €/Bus-km	

Tabelle 6: Veränderung der Betriebskosten je Kilometer des Busverkehrs

Ergebnis

Bei reinen Reaktivierungsmaßnahmen überwiegen die Mehrausgaben des Bahnbetriebs gegenüber den Einsparungen durch den verminderten Busbetrieb (siehe Tabelle 7). In Gebieten mit hinreichenden Siedlungsdichten sind die jährlichen Zugfahrtzeiten und die jährliche Betriebsleistung im Bahnverkehr deutlich höher als in weniger dicht besiedelten Gebieten, dies spiegelt sich in den Betriebskosten der Gebietskategorien wider. In hinreichend dicht besiedelten Räumen ergeben sich durchschnittliche jährliche Betriebskosten von 41 Tsd. Euro je Streckenkilometer, wohingegen die Betriebskosten in gering besiedelten Gebieten bei 28 Tsd. Euro liegen. Das liegt zum einen an der eingesetzten jährlichen Zuganzahl, zum anderen an den geringeren Haltestellenabständen. Dadurch ergeben sich geringere Geschwindigkeiten und höhere zeitabhängige Kosten (z.B. für das Fahrpersonal). Es kann davon ausgegangen werden,

dass das häufigere Bremsen und Anfahren zu höheren Energieverbräuchen und entsprechenden Energiekosten führt.

Im Gegensatz zu reinen Reaktivierungsmaßnahmen kommt es bei den jährlichen Betriebskosten für die elektrifizierte Reaktivierung von Strecken aufgrund der veränderten Kosten für Kapaldienst und Unterhaltung der Fahrzeuge sowie Energie zu geringeren Betriebskostensteigerungen. Die geringeren Kosten zum Unterhalt der Anlagenteile und Energiekosten führen trotz höherer Kosten für Kapaldienst zu dieser Differenz.⁹

Gebietstyp	Jährliches Betriebskostendelta für die Reaktivierung [€/km]	Jährliches Betriebskostendelta für die Reaktivierung mit Elektrifizierung [€/km]
Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte	41.000	36.000
Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	28.000	24.000
Streckengewichtete SUMME	35.000	31.000

Tabelle 7: Jährliche Betriebskosten je Gebietstyp

3.4.3 Gesamtkosten der Maßnahme

Mit den oben beschriebenen Kostensätzen für die Investition, die Unterhaltung und den Betrieb können die jährlichen Gesamtkosten für die Reaktivierungsmaßnahmen mit und ohne Elektrifizierung je Gebietstyp abgeleitet werden. Die Gesamtkosten bestehen dabei aus der Summe der jährlichen Investitions- und Unterhaltungskosten sowie der ermittelten Betriebskostendifferenz von Bahn- und Busverkehr.

Gebietstyp	Jährliches Gesamtkostendelta für die Reaktivierung [€/km]	Jährliches Gesamtkostendelta für die Reaktivierung mit Elektrifizierung [€/km]
Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte	112.000	165.000
Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	44.000	107.000
Streckengewichtete SUMME	80.000	139.000

Tabelle 8: Jährliche Gesamtkosten je Gebietstyp

⁹ Die Energiekosten je Kilometer unterscheiden sich zwischen den beiden Traktionsarten nur geringfügig und belaufen sich bei Dieselfahrzeugen auf 0,592 €/km, bei Elektrofahrzeugen auf 0,5624 €/km.

Sowohl die Gesamtkosten der reinen Reaktivierungsmaßnahmen als auch die Kosten für die Maßnahmen, in denen zusätzlich Elektrifizierungen stattgefunden haben, liegen in den dichter besiedelten Gegenden deutlich über den Gesamtkosten in gering besiedelten Regionen. Auch hier liegt die Diskrepanz zwischen dichter und weniger dicht besiedelten Gebieten bei einfachen Reaktivierungsmaßnahmen höher als bei den Maßnahmen einschließlich der Elektrifizierung der Strecke. Bei der einfachen Reaktivierungsmaßnahme liegt der maximale ermittelte Kostensatz eines Streckenkilometers bei jährlichen 205 Tsd. Euro. Der geringste jährliche Gesamtkostensatz der untersuchten Strecken beläuft sich auf knapp 8 Tsd. Euro je Kilometer. Berücksichtigt man die zusätzliche Elektrifizierung der analysierten Strecken so ergeben sich maximale jährliche Gesamtkosten je Streckenkilometer von 272 Tsd. Euro und minimale Gesamtkosten von gut 69 Tsd. Euro im Jahr.

3.5 Berechnung der ökologischen Wirkung

Auf Basis der veränderten Betriebsleistungen für Bahn, Bus und Pkw durch die Reaktivierungsmaßnahmen werden die Treibhausgas- und Endenergieeinsparungen berechnet. Im Verkehrsbereich tragen Kohlendioxid, Methan und Stickstoffmonoxid zum globalen Treibhauseffekt bei. Diese Treibhausgase entstehen am Fahrzeug durch den Betrieb, aber auch bei der Strom- und Kraftstoffherstellung und der Energieverteilung. Im Rahmen der Studie werden die Treibhausgase einer Well-to-Wheel-Betrachtung unterzogen, d.h. sowohl die direkten Treibhausgasemissionen vom Fahrzeugbetrieb (Tank-to-Wheel) als auch die indirekten Emissionen, die bei der Energieerzeugung, der Umwandlung und dem Transport (Well-to-Tank) freigesetzt werden, wurden betrachtet. Die Treibhausgasreduktion wird in CO₂-Äquivalenten (CO_{2e}) dargestellt. Diese wird unter Nutzung von Emissionsfaktoren der DIN EN 16258¹⁰ (3,24 kg CO_{2e} je Liter Diesel und 2,88 kg CO_{2e} je Liter Ottokraftstoff) und der im Projekt „Machbarkeitsstudie zur Ermittlung der Potentiale des Hybrid-Oberleitungs-LKWs“ ermittelten Emissionsfaktoren (192 g CO_{2e} je Kilowattstunde Strom)¹¹ über die gesamte Prozesskette (Well-to-Wheel) ermittelt (Wietschel et al. 2016).

Infolge der nationalen Ziele im Klimaschutz ist daneben auch die Betrachtung des Endenergieverbrauchs relevant. Bei der Abschätzung des Endenergieverbrauchs wird im Gegensatz zu den Treibhausgasen der reine Energieträgereinsatz für den Fahrbetrieb, nicht aber der Bau der Anlage, die Förderung, die Verstromung bzw. die Raffinierung sowie der Transport der Brennstoffe bzw. die Stromübertragung, berücksichtigt. Dabei handelt es sich um eine Tank-to-Wheel-Betrachtung.

Abschließend wurden von den durch die Maßnahmen aufkommenden jährlichen Tonnen CO_{2e}-Emissionen des Bahnbetriebs die einsparten Emissionen durch die reduzierten Fahrleistungen im Bus- und Pkw-Verkehr abgezogen. Gleichmaßen wurde mit dem Endenergieverbrauch in Megajoule pro Jahr verfahren. Entsprechend den oben genannten Festlegungen wurden die Treibhausgas- und Endenergieverbräuche für den Schienenpersonennahverkehr, den Bus- und Pkw-Verkehr über einen Durchschnittsverbrauch an Kraftstoff bzw. Strom abgeschätzt.

Analog zu den Investitionskosten werden auch die Umweltwirkungen der Reaktivierung einschließlich einer Elektrifizierung der bisher dieselbetriebenen Strecken ausgewiesen. Dazu werden alle zuvor als dieselbetriebene Reaktivierungsstrecken ebenfalls als elektrifizierte Strecken angenommen und entsprechend der untenstehenden Formel berechnet.

¹⁰ Diese Europäische Norm legt eine einheitliche Methode (allgemeine Regeln) zur Berechnung und zur Deklaration von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen fest.

¹¹ Die zugrundeliegenden THG-Emissionen der Strombereitstellung entsprechen einem potentiellen Strommix, der sich aus den Annahmen zum Klimaschutzszenario 95 der Studie „Klimaschutzszenario 2050“ des Öko-Instituts (Repenning et al. 2015) ableitet.

Methodik ökologische Wirkung Bahn

Die Berechnung des Treibhausgasausstoßes bei der Bahn wird mithilfe des Energieverbrauchs der diesel- und elektrisch angetriebenen Bahnen berechnet. Die Berechnung erfolgt analog zur Ermittlung des Energieverbrauchs im Rahmen der Betriebskosten-Abschätzung. Über Emissionsfaktoren können die Treibhausgasauswirkungen ermittelt werden (siehe Tabelle 9).

Veränderung des jährlichen CO₂-Äquivalent-Ausstoßes der Bahn je Streckenkilometer (CO_{2e}-SPNV)

A. Dimensionen/Bezugsgrößen

Dimension:	t CO _{2e} / km
Bezugsgröße:	Reaktivierte Bahnstrecken

B. Bewertungsvorschrift

$$\text{CO}_{2e\text{-SPNV}} = ((\Delta \text{EV}_{\text{SPNV,E}} \times \text{Emf}_{\text{Strom}}/1.000) + (\Delta \text{EV}_{\text{SPNV,D}} \times \text{Emf}_{\text{Diesel}}/1.000.000)) / \text{km}$$

mit

CO_{2e}-SPNV Veränderung des CO₂-Äquivalentausstoßes von SPNV-Fahrzeugen (Planfall - Bezugsfall) in t CO_{2e}/Jahr

Δ EV_{SPNV,E} Veränderung des Energieverbrauchs von SPNV-Fahrzeugen mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in MWh/Jahr

Emf_{Strom} Treibhausgas-Emissionsfaktor für Strom in g/kWh

Δ EV_{SPNV,D} Veränderung des Energieverbrauchs von SPNV-Fahrzeugen mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in l Diesel/Jahr

Emf_{Diesel} Treibhausgas-Emissionsfaktor für Dieselkraftstoff in kg/l

km Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern

$$\Delta \text{EV}_{\text{SPNV,E}} = \sum_t (\Delta \text{FBL}_{t,E} \times \text{ev}_{t,E} + \Delta \text{FEZ}_{t,E} \times \text{evz}_{t,E})$$

mit

Δ FBL_{t,E} Veränderung der Betriebsleistungen des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-km/Jahr

ev_{t,E} Spezifischer leistungsabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion in kWh/Fz.-km

Δ FEZ_{t,E} Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-Std./Jahr

evz_{t,E} Spezifischer zeitabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion in kWh/Fz.-Std.

$\Delta EV_{SPNV,D} = \sum_t (\Delta FBL_{t,D} \times ev_{t,D} + \Delta FEZ_{t,D} \times evz_{t,D})$	
mit	
$\Delta FBL_{t,D}$	Veränderung der Betriebsleistungen des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-km/Jahr
$ev_{t,D}$	Spezifischer leistungsabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion in l Diesel/Fz.-km
$\Delta FEZ_{t,D}$	Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-Std./Jahr
$evz_{t,D}$	Spezifischer zeitabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion in l Diesel/Fz.-Std.
C. Datenbedarf	
Betriebsleistungen der Bahn (eigene Berechnungen)	
Einsatzzeiten der Bahn (eigene Berechnungen)	
Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)	
Für angenommenen Modellfahrzeugtyp NV 180D Dieseltriebwagen (aus BVWP 2030: 189)	
Energieverbrauchsmengengerüst aus BVWP 2030: 189 ¹²	
<ul style="list-style-type: none"> • 0,8 l Diesel/Fz.-km • 15 l Diesel/Fz.-Std. 	
Treibhausgas-Emissionsfaktor für Dieselkraftstoff gemäß DIN EN 16258	
<ul style="list-style-type: none"> • 3,24 kg CO_{2e}/l Diesel (Well-to-Wheel) 	
Für angenommenen Modellfahrzeugtyp NV 180E SD Elektrotriebwagen (aus BVWP 2030: 189)	
Energieverbrauchsmengengerüst aus BVWP 2030: 189 ¹³	
<ul style="list-style-type: none"> • 3,0 kWh/Fz.-km • 55 kWh/Fz.-Std. 	
Treibhausgas-Emissionsfaktor für Strom gemäß MKS-Studie HO-Lkw	
<ul style="list-style-type: none"> • 192 g CO_{2e}/kWh Strom (Well-to-Wheel) 	

Tabelle 9: Veränderung des CO₂-Äquivalent-Ausstoßes der Bahn je Streckenkilometer

Gleichermaßen wird der Endenergieverbrauch über einen Energiefaktor der DIN EN 16258 für Dieseltriebwagen berechnet (siehe Tabelle 10). Diese sind für Dieselkraftstoff mit 35,9 Megajoule je Liter angegeben. Hinzu kommen die zusätzlichen Endenergieverbräuche der elektrisch betriebenen Bahnen. Dazu werden die ermittelten Kilowattstunden mit dem Faktor 3,6 in Megajoule umgerechnet. Parallel zu den

¹² Eine Erhöhung der Energieeffizienz bei Triebwagen mit Elektrotraktion bis zum Jahr 2030 wurde mit fünf Prozent, bei Dieseltraktion mit zehn Prozent berücksichtigt (Dahl et al. 2016: 189).

¹³ Siehe Fußnote 6.

Treibhausgasen werden auch für den Endenergieverbrauch die Ergebnisse für die Umsetzung einer zusätzlichen Elektrifizierung der reaktivierten Strecken berechnet.

Veränderung des jährlichen Endenergieverbrauchs der Bahn je Streckenkilometer (EEV_{Bahn})	
A. Dimensionen/Bezugsgrößen	
Dimension:	MJ/km
Bezugsgröße:	Reaktivierte Bahnstrecken
B. Bewertungsvorschrift	
$EEV_{SPNV} = ((\Delta EV_{SPNV,E} \times 3,6) + (\Delta EV_{SPNV,D} \times \text{Energief}_{\text{Diesel}})) / \text{km}$	
mit	
EEV_{SPNV}	Veränderung des Endenergieverbrauchs von SPNV-Fahrzeugen (Planfall - Bezugsfall) in MJ/Jahr
$\Delta EV_{SPNV,E}$	Veränderung des Energieverbrauchs von SPNV-Fahrzeugen mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in MWh/Jahr
$\Delta EV_{SPNV,D}$	Veränderung des Energieverbrauchs von SPNV-Fahrzeugen mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in l Diesel/Jahr
$\text{Energief}_{\text{Diesel}}$	Energiefaktor für Dieselkraftstoff in MJ/l
km	Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern
$\Delta EV_{SPNV,E} = \sum_t (\Delta FBL_{t,E} \times ev_{t,E} + \Delta FEZ_{t,E} \times evZ_{t,E})$	
mit	
$\Delta FBL_{t,E}$	Veränderung der Betriebsleistungen des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-km/Jahr
$ev_{t,E}$	Spezifischer leistungsabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion in kWh/Fz.-km
$\Delta FEZ_{t,E}$	Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-Std./Jahr
$evZ_{t,E}$	Spezifischer zeitabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Elektrotraktion in kWh/Fz.-Std.
$\Delta EV_{SPNV,D} = \sum_t (\Delta FBL_{t,D} \times ev_{t,D} + \Delta FEZ_{t,D} \times evZ_{t,D})$	
mit	
$\Delta FBL_{t,D}$	Veränderung der Betriebsleistungen des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-km/Jahr
$ev_{t,D}$	Spezifischer leistungsabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion in l Diesel/Fz.-km

$\Delta FEZ_{t,D}$	Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion (Planfall - Bezugsfall) in Fz.-Std./Jahr
$evz_{t,D}$	Spezifischer zeitabhängiger Energieverbrauch des Modellfahrzeugtyps t mit Dieseltraktion in l Diesel/Fz.-Std.
C. Datenbedarf	
Betriebsleistungen der Bahn (eigene Berechnungen)	
Einsatzzeiten der Bahn (eigene Berechnungen)	
Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)	
Für angenommenen Modellfahrzeugtyp NV 180D Dieseltriebwagen (aus BVWP 2030: 189)	
Energieverbrauchsmengengerüst aus BVWP 2030: 189 ¹⁴	
<ul style="list-style-type: none"> • 0,8 l Diesel/Fz.-km • 15 l Diesel/Fz.-Std. 	
Energiefaktor für Dieselkraftstoff gemäß DIN EN 16258	
<ul style="list-style-type: none"> • 35,9 MJ/l Diesel (Tank-to-Wheel) 	
Für angenommenen Modellfahrzeugtyp NV 180E SD Elektrotriebwagen (aus BVWP 2030: 189)	
Energieverbrauchsmengengerüst aus BVWP 2030: 189 ¹⁵	
<ul style="list-style-type: none"> • 3,0 kWh/Fz.-km • 55 kWh/Fz.-Std. 	

Tabelle 10: Veränderung der Endenergieverbräuche der Bahn je Streckenkilometer

¹⁴ Eine Erhöhung der Energieeffizienz bei Triebwagen mit Elektrotraktion bis zum Jahr 2030 wurde mit fünf Prozent, bei Dieseltraktion mit zehn Prozent berücksichtigt (Dahl et al. 2016: 189).

¹⁵ Siehe Fußnote 6.

Methodik ökologische Wirkung Bus

Analog zur Berechnung der Treibhausgase und des Endenergieverbrauchs der Bahn werden auch die Einsparungen durch den eingestellten Busbetrieb in seinen Umweltwirkungen ermittelt. Wie oben bereits beschrieben, wird davon ausgegangen, dass Busse nach der Reaktivierungsmaßnahme 60 Prozent der Fahrleistung der Bahn einsparen können. Untenstehend wird die Berechnungsformel in der Tabelle 11 angezeigt.

Veränderung des jährlichen CO₂-Äquivalent-Ausstoßes der Busse je Kilometer (CO_{2e-Bus})	
A. Dimensionen/Bezugsgrößen	
Dimension:	t CO _{2e} / km
Bezugsgröße:	Eingesparter Busverkehr
B. Bewertungsvorschrift	
$\text{CO}_{2e\text{-Bus}} = ((\Delta \text{FL}_{\text{Bus}} \times \Delta \text{EV}_{\text{Bus}} \times \text{Emf}_{\text{Diesel}}) / 1.000) / \text{km} \times (-1)$	
mit	
CO _{2e-Bus}	Veränderung des CO ₂ -Äquivalentausstoßes von Bussen (Planfall - Bezugsfall)
Δ FL _{Bus}	Veränderung der Fahrleistungen von Bussen (Planfall – Bezugsfall) in Bus-km/Jahr
Δ EV _{Bus}	Veränderung des Energieverbrauchs von Bussen (Planfall - Bezugsfall) in l/km
Emf _{Diesel}	Treibhausgas-Emissionsfaktor für Dieseldieselkraftstoff in kg/l
km	Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern
C. Datenbedarf	
Eingesparte Betriebsleistungen der Busse (eigene Berechnung)	
Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)	
Energieverbrauchsmengengerüst abgeleitet aus Standardisierte Bewertung 2006 ¹⁶	
<ul style="list-style-type: none"> • 38 l Diesel/100 Fz.-km 	
Treibhausgas-Emissionsfaktor für Dieseldieselkraftstoff gemäß DIN EN 16258	
<ul style="list-style-type: none"> • 3,24 kg CO_{2e}/l Diesel (Well-to-Wheel) 	

Tabelle 11: Veränderung des CO₂-Äquivalent-Ausstoßes des Busverkehrs je Kilometer

¹⁶ Nach Angaben der Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung (BMVBS 2006: Anhang 1 Datenvorgaben) wird der Kraftstoffverbrauch eines Regionalbusses mit 38 Liter je 100 Kilometer angenommen.

Gleichermaßen wird auch für die Einsparungen im Endenergieverbrauch vorgegangen:

Veränderung des jährlichen Endenergieverbrauchs der Busse je Kilometer (EEV_{Bus})	
A. Dimensionen/Bezugsgrößen	
Dimension:	MJ/km
Bezugsgröße:	Eingesparter Busverkehr
B. Bewertungsvorschrift	
$EEV_{\text{Bus}} = ((\Delta FL_{\text{Bus}} \times \Delta EV_{\text{Bus}} \times \text{Energief}_{\text{Diesel}}) / 1.000) / \text{km} \times (-1)$	
mit	
EEV_{Bus}	Veränderung des Endenergieverbrauchs von Bussen (Planfall - Bezugsfall)
ΔFL_{Bus}	Veränderung der Fahrleistungen von Bussen (Planfall – Bezugsfall) in Bus-km/Jahr
ΔEV_{Bus}	Veränderung des Energieverbrauchs von Bussen (Planfall - Bezugsfall) in l Diesel/km
$\text{Energief}_{\text{Diesel}}$	Energiefaktor für Dieselkraftstoff in MJ/l
km	Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern
C. Datenbedarf	
Eingesparte Betriebsleistungen der Busse (eigene Berechnung)	
Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)	
Energieverbrauchsmengengerüst abgeleitet aus Standardisierte Bewertung 2006 ¹⁷	
<ul style="list-style-type: none"> • 38 l Diesel/100 Fz.-km 	
Energiefaktor für Dieselkraftstoff gemäß DIN EN 16258	
<ul style="list-style-type: none"> • 35,9 MJ/l Diesel (Tank-to-Wheel) 	

Tabelle 12: Veränderung der Endenergieverbräuche des Busverkehrs je Kilometer

¹⁷ Nach Angaben der Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung (BMVBS 2006: Anhang 1 Datenvorgaben) wird der Kraftstoffverbrauch eines Regionalbusses mit 38 Liter je 100 Kilometer angenommen.

Methodik ökologische Wirkung Pkw

Die jährlichen Einsparungen an Treibhausgasemissionen durch die verlagerten Pkw-Fahrten werden über den fahrleistungsbedingten Kraftstoffverbrauch mit Emissionsfaktoren ermittelt. Über Energiefaktoren wird selbiges zur Ermittlung der Endenergieverbräuche getan. Für die Pkw-Verkehrsleistung wird die Annahme getroffen, dass ein Drittel der nach Umsetzung der Maßnahme mit der Bahn fahrenden Personen zuvor einen Pkw zum Absolvieren der Strecke als Fahrer oder Mitfahrer genutzt hat. Die übrigen zwei Drittel der Nutzer sind zuvor entweder mit dem ÖPNV (Bus) gefahren oder sind erst seit der schienengebundenen Anbindung der entsprechenden Orte auf dieser Verbindung mobil (induzierter Verkehr).

Veränderung des jährlichen CO₂-Äquivalent-Ausstoßes der Pkw je Kilometer (CO_{2e}-Pkw)

A. Dimensionen/Bezugsgrößen

Dimension:	t CO _{2e} / km
Bezugsgröße:	Eingesparte Pkw-Fahrten

B. Bewertungsvorschrift

$$\text{CO}_{2e\text{-Pkw}} = ((\Delta \text{EV}_{\text{Pkw,D}} \times \text{Emf}_{\text{Diesel}}) + (\Delta \text{EV}_{\text{Pkw,Otto}} \times \text{Emf}_{\text{Otto}}) / 1.000) / \text{km} \times (-1)$$

mit

CO _{2e} -Pkw	Veränderung des CO ₂ -Äquivalentausstoßes von Pkw (Planfall - Bezugsfall)
Δ EV _{Pkw,D}	Veränderung des Energieverbrauchs von Pkw (Planfall - Bezugsfall) in l Diesel/km
Emf _{Diesel}	Treibhausgas-Emissionsfaktor für Dieseldieselkraftstoff in kg/l
Δ EV _{Pkw,Otto}	Veränderung des Energieverbrauchs von Pkw (Planfall - Bezugsfall) in l Ottokraftstoff/km
Emf _{Otto}	Treibhausgas-Emissionsfaktor für Ottokraftstoff in kg/l
km	Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern

$$\Delta \text{EV}_{\text{Pkw,D}} = \Delta \text{FL}_{\text{Pkw,D}} \times \text{evl}_D$$

mit

Δ FL _{Pkw,D}	Veränderung der Fahrleistungen von Diesel-Pkw (Planfall – Bezugsfall) in Pkw-km/Jahr
evl _D	spezifischer leistungsabhängiger Dieserverbrauch in l/km

$$\Delta \text{EV}_{\text{Pkw,Otto}} = \Delta \text{FL}_{\text{Pkw,Otto}} \times \text{evl}_{\text{Otto}}$$

mit

Δ FL _{Pkw,Otto}	Veränderung der Fahrleistungen von Pkw mit Ottokraftstoff (Planfall – Bezugsfall) in Pkw-km/Jahr
--------------------------	--

<p>ev_{Otto} spezifischer leistungsabhängiger Ottokraftstoffverbrauch in l/km</p> <p>$\Delta FL_{\text{Pkw,D}} = 0,4 \times 0,33 F_{\text{gstSPNV}} \times 0,9 \text{ Strecke}_{\text{SPNV}} / \text{Bsg}_{\text{Pkw}}$</p> <p>mit</p> <p>$F_{\text{gstSPNV}}$ Fahrgastaufkommen der Bahn in Personen/Jahr</p> <p>$\text{Strecke}_{\text{SPNV}}$ Streckenlänge der Bahn in km</p> <p>Bsg_{Pkw} Besetzungsgrad in Personen</p> <p>$FL_{\text{Pkw,Otto}} = 0,6 \times 0,33 F_{\text{gstSPNV}} \times 0,9 \text{ Strecke}_{\text{SPNV}} / \text{Bsg}_{\text{Pkw}}$</p> <p>mit</p> <p>$F_{\text{gstSPNV}}$ Fahrgastaufkommen der Bahn in Personen/Jahr</p> <p>$\text{Strecke}_{\text{SPNV}}$ Streckenlänge der Bahn in km</p> <p>Bsg_{Pkw} Besetzungsgrad in Personen</p>
C. Datenbedarf und Annahmen
<p>Annahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> • 33 % des Nutzeraufkommens der Bahn hat zuvor Pkw genutzt • 1,2 gemittelter Pkw-Besetzungsgrad • 25 km gemittelte SPNV-Fahrtweite • 10 % eingesparter Umwegfaktor der Bahn • In 2030 sind Anteile diesel- zu ottokraftstoff-betriebenen Pkw 2:3 <p>Betriebsleistungen der Pkw (eigene Berechnung)</p> <p>Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)</p> <p>Energieverbrauchsmengengerüst abgeleitet aus HBEFA 3.2¹⁸</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4,5 l Dieselkraftstoff/100 Fz.-km • 5,9 l Ottokraftstoff/100 Fz.-km <p>Treibhausgas-Emissionsfaktor für gemäß DIN EN 16258</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3,24 kg CO_{2e}/l Diesel (Well-to-Wheel) • 2,88 kg CO_{2e}/l Ottokraftstoff (Well-to-Wheel)

Tabelle 13: Veränderung der CO₂-Äquivalent-Ausstoßes der Pkw je Kilometer

¹⁸ Ermittlung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs für das Jahr 2030 gemäß Handbuch für Emissionsfaktoren 3.2 (INFRAS 2014).

Veränderung der jährlichen Endenergieverbräuche der Pkw je Kilometer (EEV_{Pkw})

A. Dimensionen/Bezugsgrößen

Dimension:	MJ/km
Bezugsgröße:	Eingesparte Pkw-Fahrten

B. Bewertungsvorschrift

$$EEV_{Pkw} = ((\Delta EV_{Pkw,D} \times \text{Energief}_D) + (\Delta EV_{Pkw,Otto} \times \text{Energief}_{Otto})) / \text{km} \times (-1)$$

mit

EEV_{Pkw}	Veränderung des Endenergieverbrauchs von Pkw (Planfall - Bezugsfall)
$\Delta EV_{Pkw,D}$	Veränderung des Energieverbrauchs von Pkw (Planfall - Bezugsfall) in l Diesel/km
Energief_D	Energiefaktor für Dieselkraftstoff in MJ/l
$\Delta EV_{Pkw,Otto}$	Veränderung des Energieverbrauchs von Pkw (Planfall - Bezugsfall) in l Ottokraftstoff/km
Energief_{Otto}	Energiefaktor für Ottokraftstoff in MJ/l
km	Länge der reaktivierten Strecke in Kilometern

$$\Delta EV_{Pkw,D} = \Delta FL_{Pkw,D} \times evl_D$$

mit

$\Delta FL_{Pkw,D}$	Veränderung der Fahrleistungen von Diesel-Pkw (Planfall – Bezugsfall) in Pkw-km/Jahr
evl_D	spezifischer leistungsabhängiger Dieserverbrauch in l/km

$$\Delta EV_{Pkw,Otto} = \Delta FL_{Pkw,Otto} \times evl_{Otto}$$

mit

$\Delta FL_{Pkw,Otto}$	Veränderung der Fahrleistungen von Pkw mit Ottokraftstoff (Planfall – Bezugsfall) in Pkw-km/Jahr
evl_{Otto}	spezifischer leistungsabhängiger Ottokraftstoffverbrauch in l/km

C. Datenbedarf

- Betriebsleistungen der Pkw (eigene Berechnung)
- Reaktivierte Strecken-km (entspr. Analysedaten)
- Energieverbrauchsmengengerüst abgeleitet aus HBEFA 3.2¹⁹
- 4,5 l Dieselkraftstoff/100 Fz.-km

¹⁹ Ermittlung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs für das Jahr 2030 gemäß Handbuch für Emissionsfaktoren 3.2 (INFRAS 2014).

<ul style="list-style-type: none"> • 5,9 l Ottokraftstoff/100 Fz.-km <p>Energiefaktoren gemäß DIN EN 16258</p> <ul style="list-style-type: none"> • 35,9 MJ/l Diesellokraftstoff (Tank-to-Wheel) • 32,2 MJ/l Ottokraftstoff (Tank-to-Wheel)
--

Tabelle 14: Veränderung der Endenergieverbräuche der Pkw je Kilometer

Ergebnis

Bei einer Betrachtung der einzelnen reaktivierten Strecken zeigen sich große Spreizungen bei den Emissionswirkungen und dem Energieverbrauch. Die Ergebnisse machen deutlich, dass hinsichtlich der Umweltwirkungen nicht alle der 47 untersuchten Streckenreaktivierungen positive Wirkungen zeigen. Insbesondere bei den Reaktivierungen in Gebieten mit geringer Siedlungsdichte konnten teils keine Einsparungen in den Treibhausgasen und Endenergieverbräuchen festgestellt werden. Unter den seit 1994 reaktivierten Strecken geht die Spanne von knapp 30 Tonnen zusätzlichen CO_{2e}-Emissionen je reaktiviertem Kilometer bis hin zu Einsparungen von über 280 Tonnen, die für eine bereits elektrifizierte Strecke ermittelt werden konnten. Man kann davon ausgehen, dass die Reaktivierungen, die einen zusätzlichen Ausstoß an Treibhausgasen zeigen, nicht aus dem Aspekt Klimawirkung, sondern aufgrund anderer als der hier bewerteten Parameter vorgenommen wurden (wie bspw. Reisezeitersparnis). Die Veränderung des Treibhausgasausstoßes im Rahmen der zusätzlichen Elektrifizierung ist durchweg positiv, d.h. alle betrachteten Strecken zeigen mit der Maßnahmenumsetzung eine Reduktion der Treibhausgase.

Durch die Bildung von Mittelwerten und basierend auf den getroffenen Annahmen wird ersichtlich, dass kaum pauschale Aussagen zu Treibhausgas- und Endenergieeinsparungen bei der Reaktivierung von stillgelegten Schienenstrecken möglich sind, sondern es detaillierter Betrachtungen der einzelnen Strecken bedarf. Dieses Ergebnis wird durch die Untersuchungen und Ergebnisse im Land Niedersachsen untermauert.

Was jedoch die Veränderungen im Ausstoß von Treibhausgasemissionen und im Endenergiebedarf durch das Umsetzen einer einfachen Reaktivierungsmaßnahme bzw. der zusätzlichen Elektrifizierung der Strecke und Umstellung des Bahnbetriebs auf Elektrotraktion in Tabelle 15 und Tabelle 16 grundsätzlich zeigen, ist eine deutlich positivere Umweltwirkung der Maßnahmen in Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte und ein weiteres Reduktionspotenzial durch die Elektrifizierung der reaktivierten Strecken.

Gebietstyp	Jährliches Delta der CO _{2e} -Emissionen der Reaktivierung [t CO _{2e} /km]	Jährliches Delta der CO _{2e} -Emissionen der Reaktivierung mit Elektrifizierung [t CO _{2e} /km]
Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte	-57	-87
Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	8	-20
Streckengewichtete SUMME	-29	-59

Tabelle 15: CO_{2e}-Einsparungen der reaktivierbaren Strecken je Gebietstyp

Die Einsparungen an Treibhausgasemissionen durch die Umsetzung der Reaktivierungsmaßnahmen, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten, liegen bei durchschnittlich 29 Tonnen pro Jahr und Kilometer. Die Veränderungen des Treibhausgasausstoßes unterscheiden sich infolge der unterschiedlichen Betriebsleistungen und Fahrzeiten. In Gebieten mit geringer Siedlungsdichte ergeben sich durch die einfachen Reaktivierungsmaßnahmen zusätzliche Treibhausgasausstöße von jährlichen acht Tonnen je Kilometer. D.h. die Einsparungen bei Bus- und Pkw-Verkehren können den zusätzlichen Ausstoß des wieder eingeführten Bahnbetriebs nicht aufwiegen, da das Verlagerungspotenzial zu gering ist. Im Gegensatz dazu ist in hinreichend dicht besiedelten Gebieten eine Einsparung von jährlich 57 Tonnen CO₂-Äquivalenten je Kilometer berechnet worden.

Bei einer Reaktivierung und gleichzeitigen Elektrifizierung der bislang nicht elektrifizierten Bahnstrecken sind die Reduktionspotenziale bei den Treibhausgasen deutlich höher. Im Durchschnitt aller Gebiete liegen sie bei jährlich 59 eingesparten Tonnen je Kilometer. Damit liegen die Einsparungen der untersuchten Strecken im Vergleich zur reinen Reaktivierung der Bahnstrecke etwa doppelt so hoch.

Gebietstyp	Jährliches Delta der Endenergie der Reaktivierung [MJ/km]	Jährliches Delta der Endenergie der Reaktivierung mit Elektrifizierung [MJ/km]
Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte	-596.000	-827.000
Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	93.000	-121.000
Streckengewichtete SUMME	-306.000	-530.000

Tabelle 16: Endenergiereduktion der reaktivierbaren Strecken je Gebietstyp

Betrachtet man die Veränderungen in den Endenergieverbräuchen, so sind diese entsprechend der Treibhausgase zwischen Gebieten mit hinreichender und geringer Siedlungsdichte zu differenzieren. Bei der einfachen Reaktivierungsmaßnahme zeigen sich deutliche Reduktionspotenziale bei den hinreichend dicht besiedelten Gebieten mit jährlich knapp 600 Tsd. Megajoule je Kilometer. In Gebieten mit geringer Siedlungsdichte erhöht sich jedoch der Endenergieverbrauch um 93 Tsd. Megajoule je Kilometer und Jahr.

Entsprechend der Veränderungen bei den Treibhausgasen übertreffen die jährlichen Reduktionspotenziale bei Maßnahmenumsetzung mit gleichzeitiger Elektrifizierung die Potenziale der einfachen Reaktivierung bei Weitem.

Will man künftig die im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie analysierten Maßnahmen miteinander vergleichen, so bietet sich der Kostensatz einer vermiedenen Tonne CO_{2e} an. Dieser Vermeidungskostensatz basiert auf den Berechnungsergebnissen zu den Treibhausgaseinsparungen und den Gesamtkosten der ausgewerteten reaktivierten Strecken. Es zeigt sich, dass bei einer Reaktivierung einschließlich Elektrifizierung von stillgelegten Bahnstrecken die durchschnittlichen Vermeidungskosten im gering verdichteten Raum über denen der Gebiete mit hinreichenden Siedlungsdichten liegen. In hinreichend dicht besiedelten Gebieten liegen die Vermeidungskosten für die reine Reaktivierung bei unter 1.900 Euro, bei zusätzlicher Elektrifizierung werden knapp 3.700 Euro Vermeidungskosten erreicht. Der Vermeidungskostensatz variiert jedoch stark je nach örtlichen Rahmenbedingungen und Verlagerungspotenzial auf der Relation. Der Vermeidungskostensatz einer Vollelektrifizierung ließe sich durch eine alternative Ausstattung von Teilnetzen mit Elektrifizierungsinselfen und Hybridfahrzeugen vermutlich deutlich senken (vgl. Kapitel 3.4.1).

3.6 Abschätzung des deutschlandweiten Reaktivierungspotenzials

Im Rahmen der Studie wurde eine Potenzialabschätzung vorgenommen, die mögliche Investitions- und Betriebskosten, aber auch ökologischen Folgewirkungen durch die Reaktivierung und Elektrifizierung von Schienenstrecken in Deutschland aufzeigt. Es wurde eine Spanne an Kosten und Klimawirkungen für hinreichend dicht besiedelten Gebiete ermittelt. Diese Bandbreite an Folgewirkungen ergibt sich aus der Betrachtung der Reaktivierung und Elektrifizierung der seit 1994 stillgelegten Strecken einerseits und andererseits der Wiederinbetriebnahme von Strecken, die bereits seit den 1950er Jahren stillgelegt wurden.

Für erstgenannte Berechnung konnte auf eine Liste der seit 1994 stillgelegten, bundeseigenen Strecken in Deutschland des Eisenbahnbundesamtes zurückgegriffen werden (vgl. EBA 2016). Diese Liste enthält 499 stillgelegte Bahnstrecken deutschlandweit. Den Angaben zufolge wurde seither eine Strecke entwidmet, eine weitere wurde bereits reaktiviert. Im Rahmen der Studie wird vereinfacht davon ausgegangen, dass abzüglich dieser beiden Strecken, die verbleibenden 497 Strecken noch nicht abgetragen, umgewidmet oder beispielsweise in Radwege umgewandelt wurden.

Erwartungsgemäß liegt der Großteil der stillgelegten Strecken in Gebieten mit geringer Siedlungsdichte (56 Prozent bzw. 277 stillgelegte Strecken). Mit über 30 stillgelegten Strecken dominieren die Bundesländern Bayern, Brandenburg sowie Sachsen. Bei den verbleibenden 44 Prozent aller stillgelegten Strecken in Deutschland handelt es sich um Relationen in hinreichend dicht besiedelten Gebieten. Dabei handelt es sich um knapp 2.000 der insgesamt gut 5.000 stillgelegten Streckenkilometern. Unter den stillgelegten Strecken in hinreichend dicht besiedelten Gebieten wurden etliche Strecken in Nordrhein-Westfalen stillgelegt (57 Strecken), aber auch Sachsen und Niedersachsen legten seit 1994 mehr als 20 Strecken still (siehe Tabelle 17).

Bundesländer	Anzahl stillgelegter Strecken	Gebiete mit hinreichender Siedlungsdichte			Gebiete mit geringer Siedlungsdichte	
		Anzahl	Anteil*	Kilometer	Anzahl	Anteil*
Baden-Württemberg	28	17	7,7 %	95	11	4,0 %
Bayern	58	15	6,8 %	93	43	15,5 %
Berlin	1	1	0,5 %	2	0	0,0 %
Brandenburg	47	14	6,4 %	154	33	11,9 %
Hessen	29	10	4,5 %	109	19	6,9 %
Mecklenburg-Vorpommern	19	6	2,7 %	83	13	4,7 %
Bremen/Niedersachsen	40	22	10,0 %	213	18	6,5 %
Nordrhein-Westfalen	74	57	25,9 %	469	17	6,1 %
Rheinland-Pfalz	33	7	3,2 %	54	26	9,4 %
Saarland	14	10	4,5 %	87	4	1,4 %
Sachsen	60	24	10,9 %	174	36	13,0 %
Sachsen-Anhalt	45	18	8,2 %	228	27	9,7 %
Schleswig-Holstein	8	4	1,8 %	68	4	1,4 %
Thüringen	41	15	6,8 %	171	26	9,4 %
SUMME	497	220	100,0 %	1.998	277	100,0 %

Tabelle 17: Seit 1994 stillgelegte Strecken je Gebietstyp und Bundesland

*bezogen auf die Summe der Strecken in Gebieten der entsprechenden Dichte

Obgleich in Gebieten mit geringer Siedlungsdichte die Anzahl der stillgelegten Strecken höher ist, kann angenommen werden, dass die Nachfrage aufgrund der geringen Einwohner- und Beschäftigtenzahlen, in vielen Fällen nicht ausreicht, um eine Strecke betriebs- wie gesamtwirtschaftlich rentabel zu betreiben. Selbst wenn die Investitionen für diese potenzialärmeren Strecken voll gefördert würden, ist es unwahrscheinlich, überhaupt Betreiber für diese Strecken zu finden, die sich langfristig binden, wenn absehbar ist, dass der Betrieb überdurchschnittlich defizitär ist.

Die größere Verlagerungswirkung und somit Treibhausgasreduktion zeigt sich da, wo der Einzugsbereich der SPNV-Haltestellen eine möglichst hohe Anzahl an Bewohnern, Beschäftigten und Besuchern umfasst. Das ist insbesondere im urbanen Raum sowie mitunter auch in touristisch attraktiven Gebieten wie bspw. an der Nord- und Ostsee der Fall. Die Potenzialabschätzung für Deutschland wurde deshalb auf die potenzialträchtigen 220 Strecken samt ihrer 1.998 Kilometer in Gebieten mit hinreichend dichter Besiedlung beschränkt.

Würden alle seit 1994 in hinreichend dicht besiedelten Gebieten stillgelegten Strecken reaktiviert und zusätzlich elektrifiziert²⁰, so ergäben sich jährliche Kosten von 330 Mio. Euro bei einer Treibhausgasreduktion um 174.000 t und einer Einsparung von 1,761 PJ je Jahr (siehe Tabelle 18).

²⁰ Unter der Annahme, dass die stillgelegten Strecken bislang nicht elektrifiziert waren.

Eine Ermittlung von exakten Streckenkilometern, der seit 1950 stillgelegten Strecken, war wegen fehlender konsistenter Datengrundlagen nicht möglich. Nichtsdestotrotz konnte neben der Potenzialabschätzung für seit 1994 stillgelegten Strecken, ein Reaktivierungspotenzial von seit 1950 stillgelegten Strecken überschlägig abgeleitet werden. Für die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Sachsen lagen Daten zu stillgelegten Streckenkilometern vor. Diese vier Bundesländer verfügten Ende 2010 über 40 Prozent der in Deutschland betriebenen Streckenkilometer (vgl. Destatis 2017). Unter der Annahme, dass die Anteile der stillgelegten Bahnstrecken den Anteilen der betriebenen Strecken entsprechen, konnte ein Reaktivierungspotenzial von 7.215 Kilometern reaktivierbarer Bahngleise in Gebieten mit hinreichend dichter Besiedlung ausgemacht werden.

Da davon auszugehen ist, dass diese Strecken sich teilweise in einem desolaten Zustand befinden und ein Teil der Strecken entweder abgetragen oder überbaut sein wird, wird dieses theoretische Potenzial als ein Maximalpotenzial angesehen. In vielen Fällen wird eine Reaktivierung kostenseitig einem Neubau gleichkommen, sodass Neuplanungen unter Berücksichtigung der heutigen Siedlungs- und Nutzungsstrukturen ggf. die bessere Alternative darstellen.

Unter der Annahme, dass auf allen Bahnstrecken, die seit den 1950er Jahren in hinreichend dicht besiedelten Gebieten stillgelegt wurden, der Betrieb des Personenverkehrs wiederaufgenommen und Elektrifizierungsmaßnahmen realisiert würden, ergäben sich jährliche Gesamtkosten von 1,193 Mrd. Euro. Gleichmaßen würde sich jedoch auch die positiven Umweltwirkungen mehr als verdreifachen (Faktor 3,6). Die jährlichen Treibhausgaseinsparungen lägen demnach bei 630.000 t (siehe Tabelle 18).

Maßnahme	Investitions- u. Unterhaltungskosten [Tsd. €/a]	Betriebskosten [Tsd. €/a]	Gesamtkosten [Tsd. €/a]	CO _{2e} -Reduktion [t CO _{2e} /a]	Endenergieeinsparung [PJ/a]
Reaktivierung	141.000-509.000	83.000-298.000	224.000-807.000	114.000-411.000	1,222-4,412
Reaktivierung inkl. Elektrifizierung	258.000-931.000	73.000-262.000	330.000-1.193.000	174.000-630.000	1,761-6,360

Tabelle 18: Berechnung des Reaktivierungspotenzials für seit 1994 bzw. 1950 stillgelegten Strecken in hinreichend dicht besiedelten Gebieten

Das Beispiel der Untersuchungen von Reaktivierungspotenzialen im Land Niedersachsen zeigt, dass unter derzeitigen Voraussetzungen nur ein kleiner Anteil an Reaktivierungen stillgelegter Strecken als gesamtwirtschaftlich sinnvoll erachtet werden kann. Für das Land Niedersachsen sind 74 Streckenvorschläge untersucht worden. Davon wurden nur 28 als für Reaktivierungsbemühungen interessant eingestuft und einer vertieften Prüfung unterzogen. Für acht einer Nutzwert-Analyse unterzogenen Strecken wurden dann lediglich drei Strecken als gesamtwirtschaftlich sinnvoll erachtet. Das ist ein Anteil von lediglich fünf Prozent (vgl. PTV Transport Consult 2015; VCDB 2015). Dieser Anteil ergibt sich infolge derzeit gängiger Bewertungsmaßstäbe, eines Nutzen-Kosten-Verhältnisses >1 im Rahmen der Standardisierten Bewertung. Nicht allein die Bewertungsmaßstäbe,

sondern auch die Auslastung der Strecken durch Konkurrenzen mit dem Güterverkehr kann zu Hindernissen führen, so dass fahrplantechnisch von einer Reaktivierung abgesehen werden muss. Demnach ist anzunehmen, dass nicht alle Strecken in hinreichend dicht besiedelten Gebieten für eine Reaktivierung ökonomisch wie ökologisch sinnvoll sind.

Käme es jedoch zu einer Anpassung der Bewertungskriterien bzw. der Gewichtungsfaktoren der Bewertungsmaßstäbe oder zu einer über die heutige Förderung von Reaktivierungsbemühungen hinausgehende finanzielle Förderung von Umsetzungsmaßnahmen, so ist davon auszugehen, dass im Vergleich zu den vergangenen Jahren ein deutlich höherer Anteil an Strecken reaktiviert würde. Eine der Voraussetzungen zur Förderung von Investitionen im Rahmen des GFVG ist, dass die Standardisierte Bewertung für das Vorhaben ein gesamtwirtschaftliches Nutzen-Kosten-Verhältnis größer als 1 errechnet (§ 2 Abs. 1 Nr. 2, § 11 GFVG). Eine Maßnahme ist dann gesamtwirtschaftlich sinnvoll, wenn die Summe aus der Änderung der Nutzen für die Allgemeinheit und für die Fahrgäste, der Entwicklung der Betriebskosten sowie die Summe vermeidbarer Investitionen größer sind als der Kapitaldienst für die Infrastruktur der Maßnahme. Die sogenannte volkswirtschaftliche Vorteilhaftigkeit wird auf der Grundlage der Kriterien Reisezeiten im ÖPNV, Pkw-Betriebskosten, (zusätzliche) Mobilitätsmöglichkeiten, ÖPNV-Betriebskosten, Unfallschäden, CO₂-Emissionen, Schadstoffemissionskosten weitere Schadstoffe und Geräuschbelastung beurteilt (vgl. Intraplan 2016).

Um Einzelstrecken mit hohem Verlagerungspotenzial zu identifizieren, sind weitergehende detaillierte Untersuchungen, dem Beispiel Niedersachsens folgend, durchzuführen. Dabei kann auf die derzeit laufende Untersuchung des Deutschen Bahnkundenverbandes und der DB Netz AG zur Prüfung von reaktivierbaren Strecken aufgesetzt werden. Der bauliche und technische Zustand sowie das derzeitige und prognostizierte Nachfragepotenzial sind zu analysieren. Vor diesem Hintergrund sollten vorhandene Trassen nicht entwidmet werden, eine mittelfristige Überbauung der Gleise als Rad- und Wanderweg muss dem nicht widersprechen. Bei der Auswahl von relevanten Strecken und Stationen sind mögliche Synergieeffekte zu beachten (bspw. Lückenschlüsse im Bahnnetz, Anbindung an intermodale Verbindungspunkte oder mögliche Ausweich- und Entlastungsverkehre, um hoch belastete Streckenabschnitte zu umgehen).

3.7 Einführung eines gesonderten Bundesprogramms

Ein enormer Treiber für eine erfolgreiche Umsetzung von Reaktivierungsbemühungen ist eine stärkere finanzielle Förderung der Vorhabensträger. Dies sollte wegen der akut erforderlichen CO₂-Minderung mittels eines gesonderten Bundesprogrammes erfolgen. Dieses Bundesprogramm sollte die Reaktivierungs- und Elektrifizierungsmaßnahmen nicht wie derzeit nach GFVG mit maximal 60 Prozent finanziell fördern, sondern zu 100 Prozent. Um den Bahnverkehr deutlich zu stärken, sollten durch den Bund die gesamten Investitionskosten einer Maßnahme übernommen werden. Lediglich die Planungskosten sollten beim Vorhabensträger verbleiben. Im Methodenband der BVWP für die Verkehrsträger Straße und Schiene werden generell Planungskosten in Höhe von 18 Prozent der Baukosten angesetzt (vgl. Dahl et al. 2016: 252). Für die Streckenreaktivierung erscheint dieser Wert realistisch. Es ist davon auszugehen, dass diese Fördermaßnahme den

Anreiz für die Reaktivierung der Strecken bei entsprechend hoher Nachfrage enorm steigern würde.

Überschlägig wurden daher auf der Grundlage der in Kapitel 3.6 errechneten Potenziale die Investitionskosten und die Umweltwirkungen für ein solches Bundesprogramm ermittelt. Für die Berechnung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Bei den Investitionskosten und der Treibhausgas- bzw. Endenergiewirkung wurde grundsätzlich unterstellt, dass neben der reinen Reaktivierung der Schienenstrecken zusätzlich eine Elektrifizierung vorgenommen wird.
- Erste Strecken, für die Untersuchungen und Planungen schon vorliegen, können bereits in den kommenden Jahren reaktiviert und elektrifiziert werden und bereits im Jahr 2020 den Betrieb aufnehmen. In den ersten Jahren der Förderung werden die Maßnahmen umgesetzt, bei denen die Wiederinbetriebnahme schnell und leicht zu realisieren ist. Für etliche Strecken ist mit einer längeren Planungs- und Umbauphase zu rechnen, hier erfolgen die Elektrifizierung und Reaktivierung der Strecke und Haltestellen in den Folgejahren. Bis zum Jahr 2030 können alle Maßnahmen umgesetzt werden, ausreichende Planungs- und Ingenieurskapazitäten vorausgesetzt. Da heute bereits hierfür geeignete Ingenieursleistungen knapp sind, sind Anstrengungen zur Erhöhung dieser Kapazitäten dringend nötig.²¹
- Da eine gleichzeitige Umsetzung aller Maßnahmen unrealistisch erscheint, wurde die Umsetzung der reaktivierbaren Gesamtstrecke gleichmäßig auf die Jahre im Zeitraum 2020 bis 2030 verteilt. Bei Reaktivierung der 1.998 Streckenkilometer, die seit 1994 in dichter besiedelten Räumen stillgelegt wurden, ergibt sich eine jährlich konstante Maßnahmenumsetzung von etwa 182 Streckenkilometern. Bei Reaktivierung der 7.215 Streckenkilometer, die seit 1950 in dichter besiedelten Räumen stillgelegt wurden, würden jährlich 656 Kilometer reaktiviert. Im Folgenden ist die Spanne der berechneten Reaktivierungspotenziale angegeben.

Jahr	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Reakt. Strecken [km]	182-656	182-656	182-656	182-656	182-656	182-656	182-656	182-656	182-656	182-656	182-656
Investitionskosten [Mio. €]	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252	347-1.252
CO _{2e} -Einsparung [Tsd. t CO _{2e}]	16-57	32-115	48-172	63-229	79-286	95-344	111-401	127-458	143-515	159-573	174-630
Endenergieeinsparung [PJ]	0,16-0,58	0,32-1,16	0,48-1,73	0,64-2,31	0,80-2,89	0,96-3,47	1,12-4,05	1,28-4,63	1,44-5,20	1,60-5,78	1,76-6,36

Tabelle 19: Berechnung eines gesonderten Bundesprogramms

²¹ Die Umsetzung der Reaktivierungs- und Elektrifizierungsmaßnahmen bis zum Jahr 2030 ist sicherlich ambitioniert, vor dem Hintergrund der bundespolitischen Zielsetzungen zum Klimaschutz aber erforderlich, auch wenn die Praxis lehrt, dass es mitunter länger dauern kann.

Die Investitionskosten, die dem Bund bei einem solchen elf Jahre laufenden Programm anfallen, liegen jährlich zwischen 0,35 bis maximal 1,25 Mrd. Euro. Dieser Wert ergibt sich aus den durchschnittlichen Investitionskosten der Reaktivierung und Elektrifizierung in Euro je Kilometer in Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte.²² Über den gesamten Umsetzungszeitraum ergeben sich Kosten zwischen 3,8 bis maximal 13,8 Mrd. Euro (siehe Tabelle 19 und Abbildung 2).

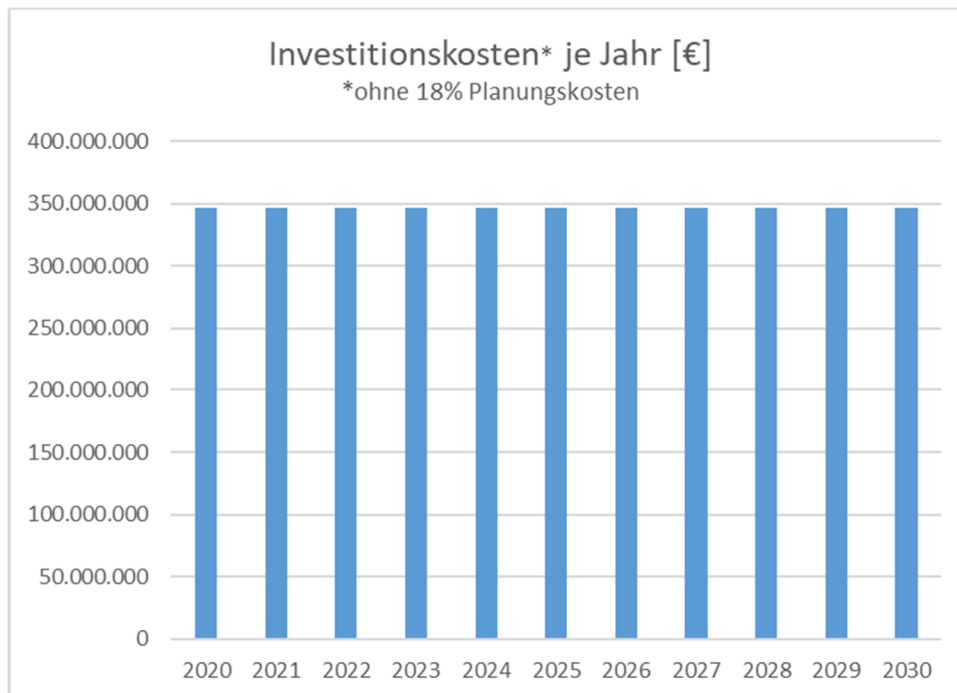


Abbildung 2: Bsp. Investitionskosten des Bundesprogramms (eigene Berechnung der Reaktivierung seit 1994 stillgelegter Strecken)

Neben einem konstant zu erbringenden Kostenzuschuss kommt es bei den Treibhausgas- und Endenergieeinsparungen zu einem linearen Verlauf. Da die ersten Strecken bereits im Jahr 2020 wieder in Betrieb genommen werden können, kommt es bereits zu diesem Zeitpunkt zu ersten positiven Umweltwirkungen (zwischen 16 und 57 Tsd. Tonnen CO_{2e}-Reduktion). Für die Folgejahre werden jährlich weitere 182 bzw. 656 Streckenkilometer realisiert, so dass jährlich zusätzlich Einsparungen hinzukommen (siehe Tabelle 19 und Abbildung 3). Wenn im Jahr 2030 alle Strecken reaktiviert wären, ergäbe sich eine Einsparung von 174 bis zu 630 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalenten sowie von 1,76 bis zu 6,36 PJ an Endenergie.

²² Da 18 Prozent Planungskosten durch die Aufgabenträger aufzubringen sind, wurden hier 82 Prozent der ermittelten Investitionskosten für die Berechnung angesetzt.

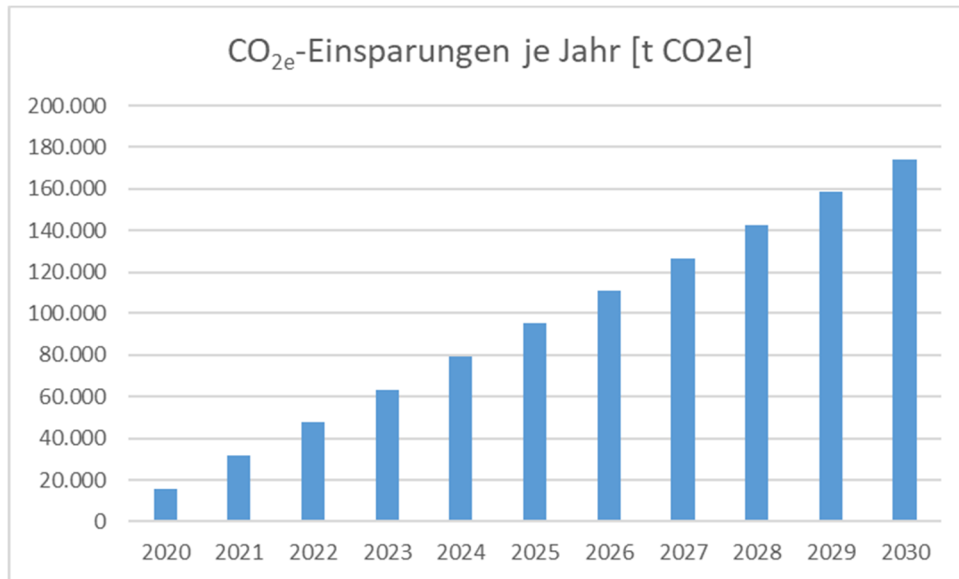


Abbildung 3: Bsp. Treibhausgaseinsparungen des Bundesprogramms (eigene Berechnung eigene Berechnung der Reaktivierung seit 1994 stillgelegter Strecken)

4 Zusammenfassung und Empfehlungen

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, die möglichen Einsparpotenziale von Streckenreaktivierungen für den Schienenpersonenverkehr im Bereich Treibhausgase und Endenergie sowie die damit verbundenen Investitions- und Betriebskosten abzuschätzen. Im Rahmen der Untersuchung wurden zuerst die Wirkungen von bereits reaktivierten Strecken in Deutschland in Bezug auf Nutzerpotenziale, Kosten und Emissionen bzw. Energieverbräuche je Streckenkilometer betrachtet. Die ökonomischen und ökologischen Folgewirkungen wurden für zwei Maßnahmenarten berechnet: Einerseits für eine einfache Reaktivierung stillgelegter Strecken, andererseits für eine Reaktivierung einschließlich einer Elektrifizierung der Strecke.

Den Ergebnissen der Untersuchung zufolge liegen die Gesamtkosten für Reaktivierungsmaßnahmen in Gebieten mit hinreichender Siedlungsdichte zwar über den Kosten in gering besiedelten Gebieten, die Einsparungen von Treibhausgasen und Endenergie fallen im verdichteten Raum jedoch unverkennbar höher aus. Im Vergleich zu eher ländlichen Gebieten sind hier nahezu alle Reaktivierungsmaßnahmen durch die höheren Verlagerungspotenziale in Bezug auf ihre Klimawirkungen lohnenswert. Durch den anhaltenden Zuzug in die Städte wird künftig eine steigende Nachfrage und damit zusätzliches Verlagerungspotenzial in größeren Städten, den Ballungsräumen und vermehrt auch deren Einzugsbereichen wie den Speckgürteln liegen. Das Verlagerungspotenzial und die Wirtschaftlichkeit durch Reaktivierungen in Gebieten mit geringer Siedlungsdichte wird hingegen als gering eingestuft. Eine Ausnahme bilden ganzjährig stark touristisch geprägte Räume. Bei vielen reaktivierten Strecken zeigte sich in der Vergangenheit, dass die Erwartungen zu den Nutzerzahlen teilweise deutlich übertroffen werden konnten.

In der sich anschließenden Potenzialabschätzung für Deutschland wurden die Verlagerungseffekte ermittelt, die sich ergeben, wenn alle seit 1994 bzw. seit 1950 stillgelegten Strecken in hinreichend verdichteten Gebieten reaktiviert und elektrifiziert würden. Dabei handelt es sich um eine Bandbreite von knapp 2.000 bis zu gut 7.200 reaktivierbaren Streckenkilometern. Unter Berücksichtigung möglicher Verlagerungen vom Straßen- zum Schienenpersonennahverkehr, die aus den Reaktivierungsmaßnahmen resultieren, ergeben sich durch die reine Reaktivierung stillgelegter Strecken jährliche Investitionen zwischen 141 bis zu maximal 509 Mio. Euro²³ sowie zusätzliche Betriebskosten von durchschnittlich 83 bis zu 289 Mio. Euro. Gleichzeitig kommt es zu jährlichen Einsparungen von knapp 114.000 bis zu 411.000 Tonnen CO_{2e} bzw. von 1,2 bis maximal 4,4 PJ. Eine zusätzliche Elektrifizierung dieser Strecken führt zwar zu höheren Kosten, jedoch auch zu weiteren Einsparungen von Treibhausgasen und Endenergie. Einschließlich den Wirkungen der Reaktivierung kommt es zu gemittelten jährlichen Investitions- und Unterhaltungskosten von 258 bis zu 931 Mio. Euro. Hinzu kommen durchschnittliche Kosten von 73 bis maximal 262 Mio. Euro pro Jahr für den Betrieb. Dafür liegt die jährliche Reduktion der Treibhausgase in einer Spanne von 174.000 bis 630.000 Tonnen CO_{2e} bzw. 1,8 bis maximal 6,4 PJ deutlich höher. Demnach ergeben sich gegenüber einer einfachen Reaktivierung zusätzliche Treibhausgaseinsparungen von 53

²³ Im Vergleich zu den Baukosten von Hochgeschwindigkeitsstrecken mit 12 bis 30 Mio. Euro je Kilometer ist eine Streckenreaktivierung mit durchschnittlich 650 Tsd. Euro je Kilometer Gesamtinvestitionskosten günstig.

Prozent. Die Investitionskosten für eine zusätzliche Elektrifizierung liegen um 83 Prozent über den Investitionen der reinen Reaktivierung, demgegenüber verringern sich die Betriebskosten auf elektrifizierten Strecken um 12 Prozent.

Um eine im Vergleich zu heute stärkere Umsetzung von Reaktivierungsmaßnahmen zu fördern, sollte sich der Bund stärker an der Maßnahmenfinanzierung beteiligen, die Voraussetzungen zur Förderfähigkeit sowie die bestehenden Bewertungskriterien zur Förderfähigkeit der Maßnahmen prüfen und anpassen. Dazu stehen ihm folgende Steuerungsinstrumente zur Verfügung:

1. Die Einführung eines Sonderprogrammes zur Förderung von verkehrlichen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele, u.a. zur Reaktivierung und Elektrifizierung von SPNV-Strecken, als eigenständiger Fördertopf kann die Maßnahmenumsetzung gezielt initiieren und steigern. Ein für die Reaktivierung und Elektrifizierung der seit 1994 stillgelegten, bundeseigenen Strecken in hinreichend dicht besiedelten Gebieten vorzusehendes Bundesprogramm würde bei Übernahme der Investitionskosten 3,8 Mrd. Euro umfassen. Die Planungskosten würden dabei vom Vorhabenträger finanziert. Demgegenüber stünde eine Reduktion von gut 174.000 Tonnen Treibhausgasen. Bei Wiederinbetriebnahme der seit 1950 stillgelegten Strecken kann bei 13,8 Mrd. Euro Fördersumme eine Treibhausgasreduktion von 630.000 Tonnen erzielt werden.
2. Darüber hinaus können bestehende Fördermittel zur Investition in Schienenstrecken wie das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) und auch für den Bahnbetrieb im Rahmen des Gesetzes zur Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (RegG) erhöht werden, so dass mehr Maßnahmen umgesetzt werden können. Der Bund sollte die Investitionen solcher Maßnahmen (mit Ausnahme der weitgehend vorhabenträger-finanzierten Planungskosten) übernehmen.
3. Gleichermaßen würde die Umsetzung von Maßnahmen erleichtert, wenn die Mindestinvestitionssumme von 50 Millionen Euro in Verdichtungsgebieten für Bundes-GVFG-Fördermittel herabgesetzt wird, da für die meisten Vorhaben diese Summe nicht erreicht wird. Während die mittelfristige Finanzplanung beibehalten werden sollte, würde auch hier eine Erhöhung des bisher (maximal) 60-prozentigen Finanzierungsanteils des Bundes vermehrte Reaktivierungen hervorrufen.
4. Das Einführen von Ausnahmetatbeständen bspw. Herabsetzen von Lärmschutzstandards und technischen Vorgaben, Umsetzung vollständiger Barrierefreiheit, EU-weite Ausschreibung des Bahnbetriebes kann die Kosten einer Maßnahme deutlich senken und den Umsetzungsprozess beschleunigen. Gelegentlich kommt es heutzutage zu begründeten Einzelfallregelungen. Die Einführung von Ausnahmetatbeständen müsste dann jedoch durch eine Gesetzesänderung (z.B. GVFG) erfolgen.
5. Eine zentrale Voraussetzung für eine zeitnahe und realistische Umsetzung einer großen Anzahl von Reaktivierungsvorhaben sind ausreichende Planungs- und Ingenieurskapazitäten. Da heute bereits hierfür geeignete Ingenieursleistungen

knapp sind, sind gemeinsame Anstrengungen des Bundes und der Länder zur Erhöhung dieser Kapazitäten dringend nötig.

6. Vor dem Hintergrund der notwendigen Emissions- und Energieeinsparungen sollte generell eine höhere Wertigkeit und damit Gewichtung von Treibhausgasemissionen innerhalb der Bewertungskriterien des Nutzen-Kosten-Verhältnisses zur Förderfähigkeit geprüft werden. Das kann mithilfe von höheren Kostensätzen für Treibhausgasemissionen oder auch über den Parameter Kosten je vermiedener Tonne CO₂ erfolgen. Ein Großteil der stillgelegten Strecken würde erst damit die Voraussetzungen zur Förderfähigkeit erreichen.

5 Literaturverzeichnis

- Allianz pro Schiene (2015): Stadt, Land, Schiene. 15 Beispiele erfolgreicher Bahnen im Nahverkehr, Berlin.
- Allianz pro Schiene (2016a): Schienennetz: Der Schienenverkehr wächst, das Netz schrumpft. Zugriff unter: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/infrastruktur/schienennetz/>, abgerufen am 21.11.2016.
- Allianz pro Schiene (2016b): Finanzierung: Alles hängt am Geld. Zugriff unter: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/personenverkehr/>, abgerufen am 21.11.2016.
- Bienik, M. (2014): Der Eurocity „Wawel“ – Ein Trauerspiel deutsch-polnischer Bahnkooperation. In: Zukunft Mobilität „Die Wirkungen der Bahnreform und Regionalisierung vor Ort: Das Beispiel der Region Aachen“. Zugriff am 06.04.2016, abgerufen unter <http://www.zukunft-mobilitaet.net/126421/schienerverkehr/eisenbahn/bahnreform-regionalisierung-region-aachen-sprnv-fernverkehr/>.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2016): Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Die Energie der Zukunft, Berichtsjahr 2015, Berlin.
- BVU, Intraplan (2010): Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschienenwege, Freiburg/München.
- Dahl, A.; Kindl, A.; Walther, C.; Paufler-Mann, D.; Roos, A.; Waßmuth, V.; Weinstock, F.; Röhling, W.; Mann, H.-U. (2016): Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030, Schlussbericht zum FE 97.358/2015, Karlsruhe, Berlin, Waldkirch, München.
- Destatis (2017): Schieneninfrastruktur. Streckenlänge nach Bundesländern. Zugriff am 14.11.2017, abgerufen unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/UnternehmenInfrastrukturFahrzeugbestand/Tabellen/Schienerinfrastruktur.html>.
- DIN EN 16258: Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr).
- Eisenbahnbundesamt (EBA) (2016): Liste der stillgelegten (DB-) Strecken (seit 01.01.1994). Zugriff unter: <https://www.eba.bund.de>, abgerufen am 18.11.2016.
- Fahrgastverband PRO BAHN e.V. (2014): Hintergrund-Informationen. Reaktivierung von Bahnlinien seit 1994. Zugriff unter: <http://www.pro-bahn.de/fakten/reakt.htm>, abgerufen am 17.11.2016.
- INFRAS (2014): Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 3.2), Bern.
- Intraplan Consult GmbH und Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH (2006) Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung – Version 2006. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Projektdossierverfahren. München und Stuttgart.
- Kamann, M. (2016): Bahn will stillgelegte Strecken reaktivieren. Zugriff unter <https://www.welt.de>, abgerufen am 17.11.2016.

- Repenning, J.; Emele, L. et al. (Öko-Institut, Fraunhofer ISI) (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht, Berlin.
- PTV Transport Consult (2015): Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) zur Reaktivierung von Schienenstrecken für den SPNV in Niedersachsen. Bericht – Los III, Karlsruhe.
- Schlak, M. (2015): Reaktivierte Nebenstrecken. Die Bahn kommt – wieder. In: Spiegel online am 1.5.2015.
- VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH (VCDB) (2015): Nutzen-Kosten-Untersuchung zur Reaktivierung von Schienenstrecken für den SPNV nach dem Standardisierten Bewertungsverfahren. Lose I und II, Dresden.
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Landesgruppe Niedersachsen (2011): VDV-Position zu Reaktivierungen für den SPNV. Zusammenfassung: Was ist zu tun?, Hannover.
- Walther, J.-C.; Dahl, A.; Burg, R. (2016): Ausbau der Elektrifizierung auf Hauptstrecken des Schienengüterverkehrs, unveröffentlichter Entwurf des Schlussberichts, Berlin, Karlsruhe, Waldkirch.
- Walther, J.-C.; Forkert, S. (2017): Rahmenbedingungen und Kosten einer Komplettelektrifizierung des deutschen Schienennetzes, unveröffentlichter Entwurf des Schlussberichts, Karlsruhe.
- Wietschel, M.; Gnann, T.; Kühn, A. et al. (2016): Machbarkeitsstudie zur Ermittlung der Potentiale des Hybrid-Oberleitungs-Lkw, Karlsruhe.