

# Änderungen des Modal Splits durch baubedingte Sperrungen von Eisenbahnstrecken

Baubedingte Sperrungen von Eisenbahnstrecken führen zu einer Veränderung des Modal Splits, da sich das Angebot teilweise stark verändert. Baubetriebliche Ansätze beabsichtigen daher, anstelle einer langandauernden Streckensperrung Gleiserneuerungsarbeiten in nachfrageschwachen Zeiten durchzuführen. Die Auswirkungen auf den Modal Split lassen sich mit dem Widerstandsmodell der RWTH Aachen berechnen.



## 1. Einleitung

Ein wesentliches klimapolitisches Ziel ist es, den motorisierten Individualverkehr (MIV) deutlich zu reduzieren und den Verkehr auf die Schiene zu verlagern [1]. Der Schienenverkehr, insbesondere der Fern- und Hochgeschwindigkeitsverkehr, hat aufgrund seines geringeren spezifischen Energieverbrauchs und geringerer CO<sub>2</sub>-Emissionen einen deutlich weniger negativen Einfluss auf Klima und Umwelt als andere Verkehrsträger. Nicht zuletzt ist im Weißbuch der Europäischen Kommission festgeschrieben, bis 2050 den Personenverkehr über mittlere Distanzen hauptsächlich mit der Eisenbahn abzuwickeln. Dies ist vor allem damit begründet, dass die Entwicklung umweltfreundlicherer Kraftfahrzeuge und

Kraftstoffe als nicht ausreichend angesehen wird [2]. Insbesondere die Langstreckenmobilität weist einen wesentlichen Anteil an der Gesamtverkehrsleistung im Personenverkehr auf und gewinnt zunehmend an Bedeutung, gerade bei Geschäftsreisen und Fernpendlern [3, 4].

Diesen Entwicklungen auf der Nachfrageseite stehen Veränderungen auf der Angebotsseite entgegen, welche z. B. auch durch baubedingte Streckensperrungen entstehen. So ist insbesondere bei Baumaßnahmen, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken, damit zu rechnen, dass Fahrgäste zu anderen Verkehrsträgern abwandern und nach Abschluss der Baumaßnahmen nicht wieder zum System Bahn zurückkehren. In den kommenden Jahren sind einige dieser lang andauernden Baumaßnahmen mit Vollsperrung in Deutschland geplant: 2019 auf der Strecke Hannover–Göttingen, 2020 zwischen Stuttgart und Mannheim, 2021 zwischen Fulda und Würzburg sowie 2022 zwischen Göttingen und Fulda [5].

Als Alternative zur Vollsperrung von Eisenbahnstrecken über mehrere Monate verfolgen alternative baubetriebliche Ansätze das Ziel, die Baumaßnahmen in nachfrageschwachen Zeiten (nachts oder am Wochenende) zu verlegen. In diesem Aufsatz werden die Verlagerungseffekte von der Bahn auf andere Verkehrsträger einerseits für die geplante mehrmonatige Vollsperrung und andererseits für den alternativen baubetrieblichen Ansatz mit temporären Sperrungen aufgezeigt. Eine



**Daniel Meurer, B. Sc.**  
RWTH Aachen  
daniel.meurer@rwth-aachen.de



**Dipl.-Ing. Bastian Kogel**  
Institutsvertretung  
Verkehrswissenschaftliches  
Institut der RWTH Aachen  
kogel@via.rwth-aachen.de



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen**  
Institutsleitung  
Verkehrswissenschaftliches  
Institut der RWTH Aachen  
Vorsitzender Fachbeirat Bahn-  
technik VDI  
niessen@via.rwth-aachen.de

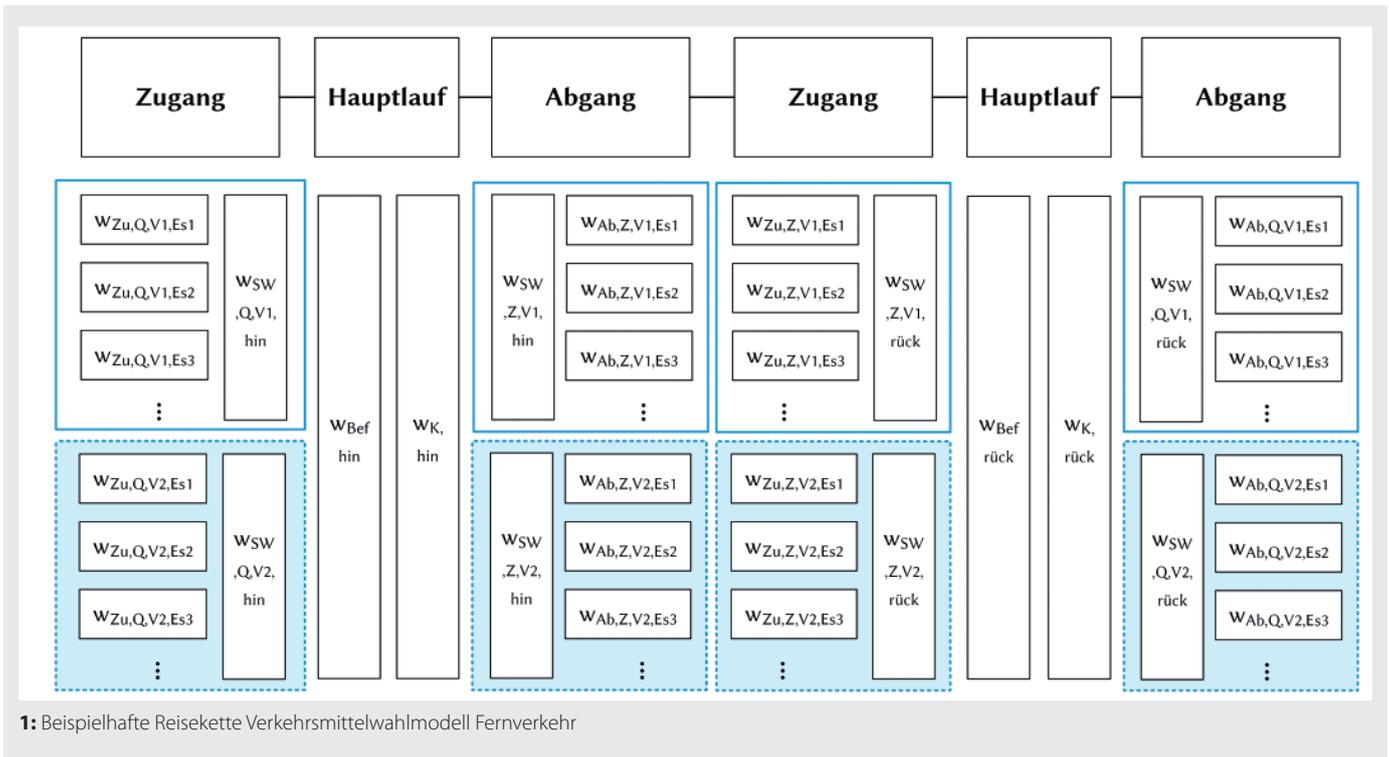
Die verkehrswissenschaftliche Untersuchung des Streckenabschnitts Hannover – Göttingen zeigt, dass baubedingte Sperrungen von Eisenbahnstrecken zu einer Verlagerung des Verkehrs von der Schiene auf die Straße führen.



solche verkehrswissenschaftliche Betrachtung erfolgt exemplarisch für die geplante Baumaßnahme auf dem Streckenabschnitt Hannover–Göttingen. Ergänzend lassen sich die daraus resultierenden Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen abschätzen.

## 2. Grundlagen des Verkehrsmittelwahlmodells im Fernverkehr

Zur Ermittlung des Modal Splits für die einzelnen Szenarien wurde das am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH



Aachen entwickelte Verkehrsmittelwahlmodell nach Norta [6] angewendet. In dem Modell werden die Verkehrswiderstände für die einzelnen Verkehrsträger relationsscharf bestimmt. Neben den objektiven Angebotsmerkmalen, wie Zeit und Kosten, muss auch das subjektive Empfinden des Nutzers in der Verkehrsmittelwahlentscheidung berücksichtigt werden [7]. Dies geschieht mittels Zeitbewertungsfunktionen, die mit den objektiven Angebotsparametern verknüpft werden und als Ergebnis dimensionslose Verkehrswiderstände je Verkehrsträger liefern [6]. Die Reisekette im Fernverkehr weist im Gegensatz zum Nahverkehr eine deutlich höhere Komplexität auf, wie in Bild 1 beispielhaft dargestellt ist.

Im Verkehrsmittelwahlmodell für den Fernverkehr wird zwischen verschiedenen Reisezwecken differenziert: Geschäfts-, Berufs-, Privat- und Urlaubsreisende. Auf diese Weise lässt sich das teilweise stark variierende Verhalten der einzelnen Gruppen am Verkehrsmarkt abbilden. Beispielsweise weisen die einzelnen Gruppen unterschiedliche Zahlungsbereitschaften und Empfindlichkeiten gegenüber langen Fahr- und Wartezeiten sowie Verspätungen auf [8].

Das Verkehrsmittelwahlmodell im Fernverkehr weist dabei trotz der großen Anzahl an Einflussgrößen eine hohe Anwenderfreundlichkeit auf und ist somit für die Untersuchung der Verlagerungseffekte

baubedingter Streckensperrungen sehr gut geeignet.

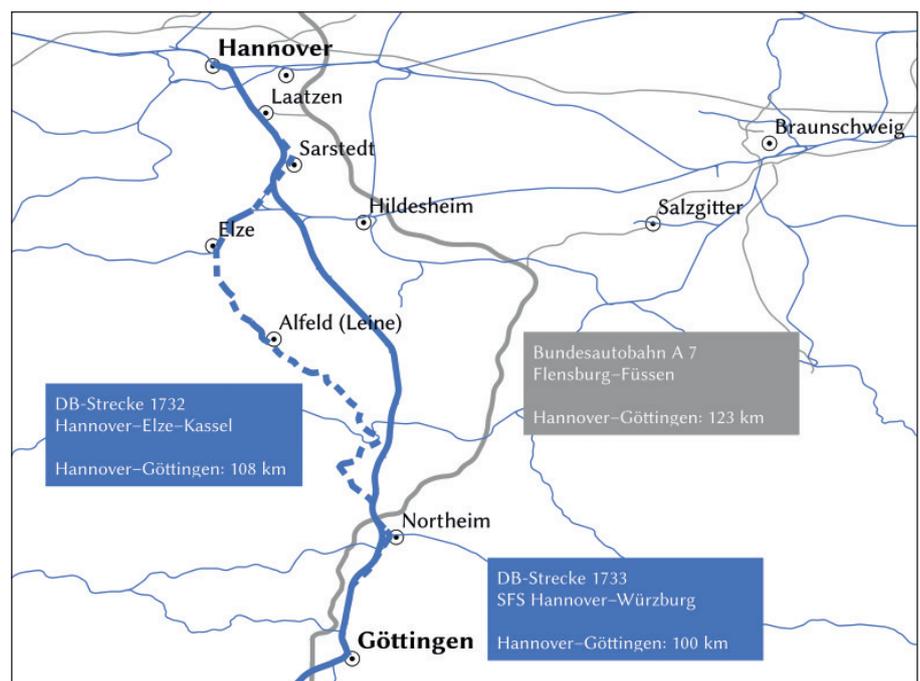
### 3. Veränderungen des Modal Splits durch baubedingte Streckensperrungen

Die Analyse der Modal Split-Verlagerung durch die baubedingte Streckensperrung Hannover – Göttingen wurde für die unmittelbare Quell-Ziel-Relation Hannover – Göttingen

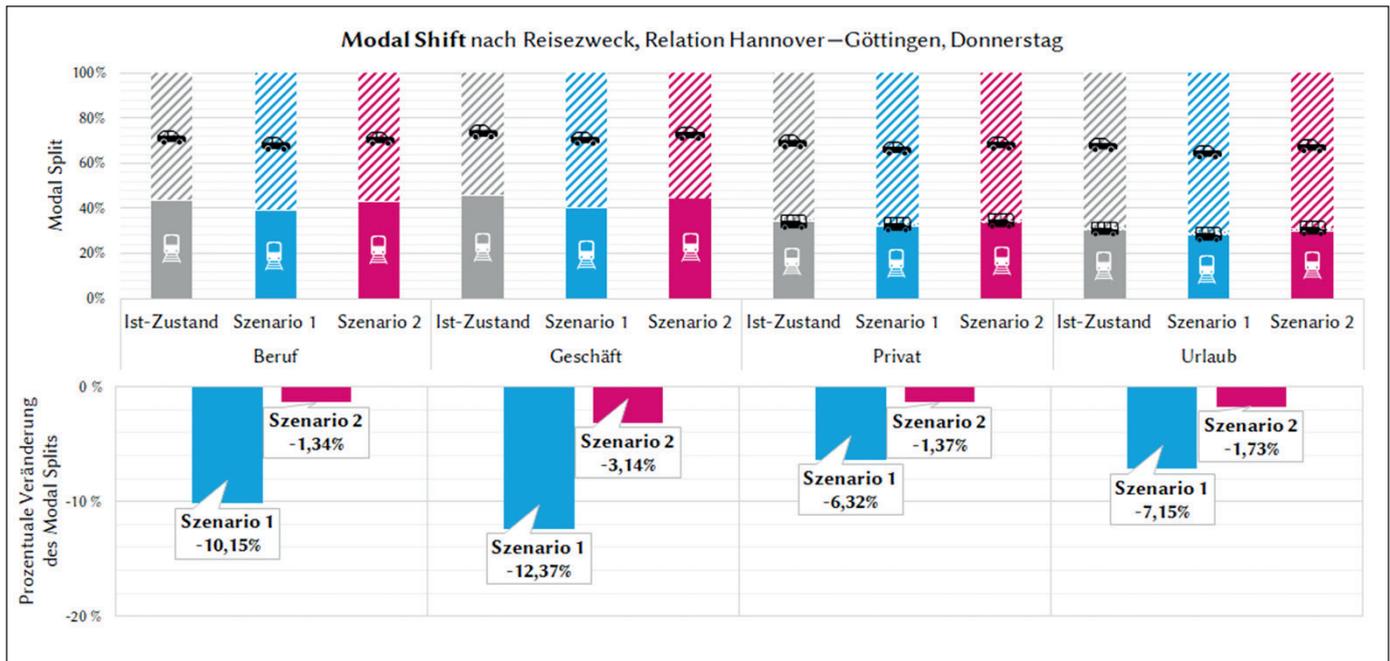
und ergänzend für eine längere Relation, nämlich München – Bremen, welche den Baukorridor beinhaltet, durchgeführt.

#### 3.1. Charakterisierung des betrachteten Streckenabschnitts

Der etwa 100 km lange Streckenabschnitt von Hannover Wülfel bis Göttingen ist auf der Schnellfahrstrecke Hannover – Würz-



Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für RWTH Aachen / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2019



3: Modal Shift auf der Relation Hannover – Göttingen für Szenario 1 (Vollsperrung gemäß Baukorridorplanung) und Szenario 2 (Sperrungen nur nachts und am Wochenende)

burg (Streckennummer 1733) gelegen (vgl. Bild 2). Die Fahrzeit über die Schnellfahrstrecke beträgt derzeit 36 Minuten, bei einer Umleitung über die Strecke 1732 erhöht sich diese auf 60 Minuten. Der MIV benötigt für diese Relation etwa 90 Minuten. Vom 11.06. bis 14.12.2019 ist eine vollständige Sperrung des genannten Streckenabschnitts vorgesehen [9].

Der betrachtete Abschnitt ist im deutschen Fernverkehrsnetz von großer Bedeutung, da es sich um eine wichtige Nord-Süd-Achse des Eisenbahnnetzes sowie einen Bestandteil des TEN-Kernnetzes Personenverkehr sowie des Güterverkehrskorridors Scandinavian-Mediterranean handelt [10]. Durch die Überlagerung der ICE-Linien 20 (Hamburg–Zürich), 22 (Hamburg–Stuttgart) und 25 (Hamburg–München) wird zwischen Hannover und Göttingen näherungsweise ein Halbstundentakt angeboten. Zwischen Hannover und Frankfurt kann somit ebenso wie zwischen Hannover und München ein Stundentakt realisiert werden. Eine Taktverdichtung erfolgt zusätzlich durch die zweistündliche IC/ICE-Linie 26 sowie ein Zugpaar der Linie 91 von und nach Wien [11, 12]. Insgesamt wird also auf dem betrachteten Streckenabschnitt ein sehr dichtes Fernverkehrsangebot bereitgestellt.

3.2. Ermittlung der Verlagerungseffekte

Die Bewertung der Verlagerungseffekte erfolgt auf Basis eines Vergleichs der Mo-

dal Split-Werte des Ist-Zustandes mit denjenigen aus zwei betrachteten Szenarien, die eine Veränderung der Angebotsqualität während der Baumaßnahme abbilden. Szenario 1 („Vollsperrung gemäß Baukorridorplanung“) bildet den Zustand einer dauerhaften Streckensperrung ab, unter der Annahme, dass Züge gemäß Stand der Baukorridorplanung 2018 entweder ausfallen oder umgeleitet werden. In Szenario 2 („Optimierter Ansatz“) erfolgt die Streckensperrung ausschließlich nachts und an Wochenenden.

Verlagerungseffekte auf der Relation Hannover – Göttingen

Der Anteil der Fahrgäste, welche die Fernbahn nur zwischen Hannover und Göttingen nutzen, beläuft sich auf 5,8%. Der größte Anteil dieser Reisenden in Höhe von 40% lässt sich dem Reisezweck Privat zuordnen, gefolgt von 36% Berufspendlern und 24% Geschäftsreisenden. Der Reisezweck Urlaub spielt mit 0,4% kaum eine Rolle. Diese Werte wurden mithilfe der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 [13] abgeschätzt.

Die Berechnung erfolgt getrennt für die einzelnen Wochentage, da sich die Betriebsprogramme je nach Tag unterscheiden. Exemplarisch werden die Ergebnisse für einen Donnerstag vorgestellt.

Bild 3 zeigt die prozentuale Veränderung der Modal Split-Anteile der Fernbahn für die Relation Hannover–Göttingen in den untersuchten Szenarien 1 und 2 im

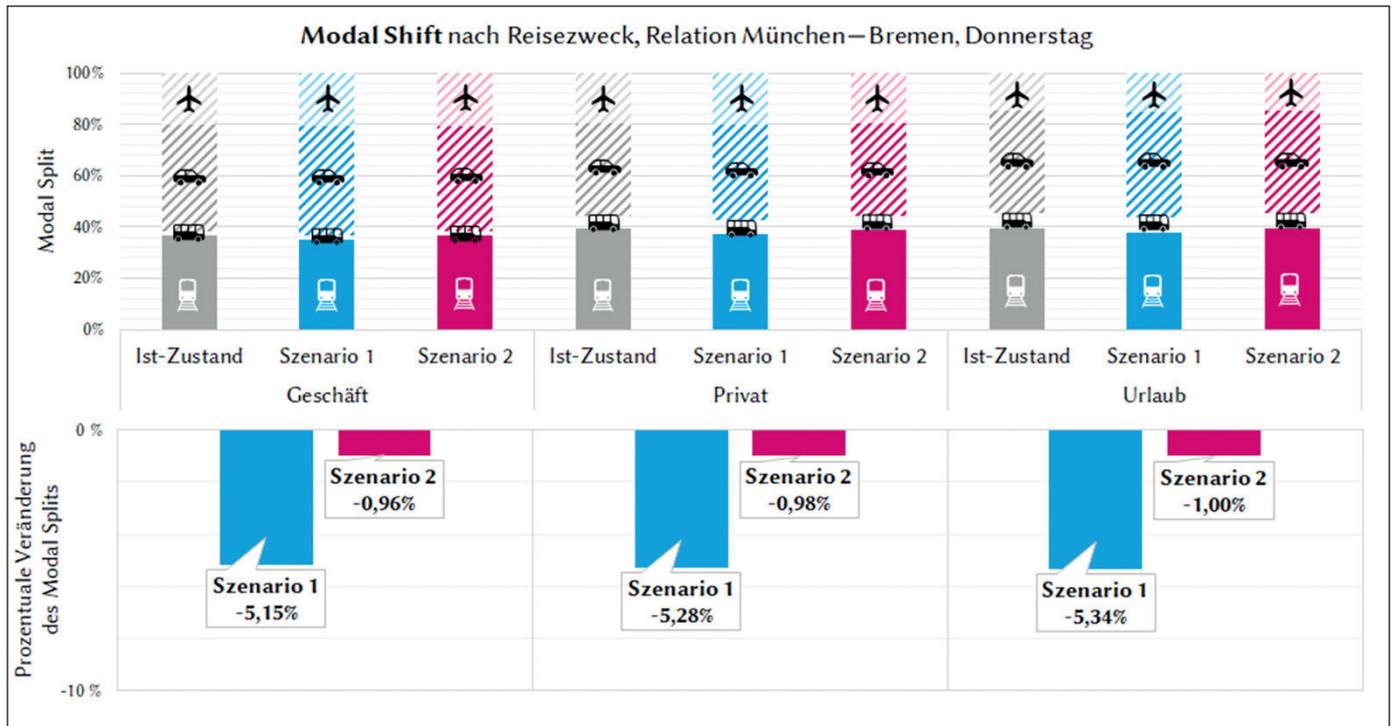
Vergleich zum Ist-Zustand. Dabei zeigt sich, dass Berufs- und Geschäftsreisende am zeitsensitivsten reagieren. Durch den optimierten Ansatz lassen sich die Abwanderungen signifikant reduzieren. So ergibt sich in Szenario 2 abhängig vom jeweiligen Reisezweck ein Modal Shift von ca. 1 bis 3%, wohingegen dieser bei einer Vollsperrung ca. 6 bis 12% beträgt. Die Abwanderung erfolgt dabei fast ausschließlich in Richtung MIV, während der Fernbus nur sehr geringe Wanderungsgewinne aufweist.

Verlagerungseffekte auf der Relation München – Bremen

Wie bereits erwähnt, entfällt nur ein sehr geringer Anteil an Reisenden auf die Quell-Ziel-Relation Hannover–Göttingen. Der überwiegende Anteil nutzt die Bahn auch darüber hinaus. Aus diesem Grund wurde als weitere Relation München–Bremen untersucht. Bei dieser Relation entfallen im Sperrzustand sämtliche Direktverbindungen, so dass für beide Fahrtrichtungen ein etwa 50-minütiger Umstieg in Hannover erforderlich wird. Aufgrund der großen Distanz wird der Reisezweck Beruf für diese Relation ausgeschlossen.

Bild 4 zeigt die prozentuale Veränderung der Modal Split-Anteile der Fernbahn für die Relation München–Bremen in den untersuchten Szenarien 1 und 2 im Vergleich zum Ist-Zustand. Szenario 1 bildet den Sperrzustand ab, Szenario 2 denjenigen des optimierten Ansatzes.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für RWTH Aachen / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2019



4: Modal Shift auf der Relation München-Bremen für Szenario 1 (Vollsperrung gemäß Baukorridorplanung) und Szenario 2 (Sperrungen nur nachts und am Wochenende)

Es zeigt sich, dass die Verlagerungseffekte bei einer deutlich längeren Relation im Vergleich zu Hannover–Göttingen geringer ausfallen, da die Reisezeitverluste verhältnismäßig geringer sind. Besonders deutlich wird dies für den Reisezweck „Geschäft“.

3.3. Weitere Effekte durch Streckensperrung

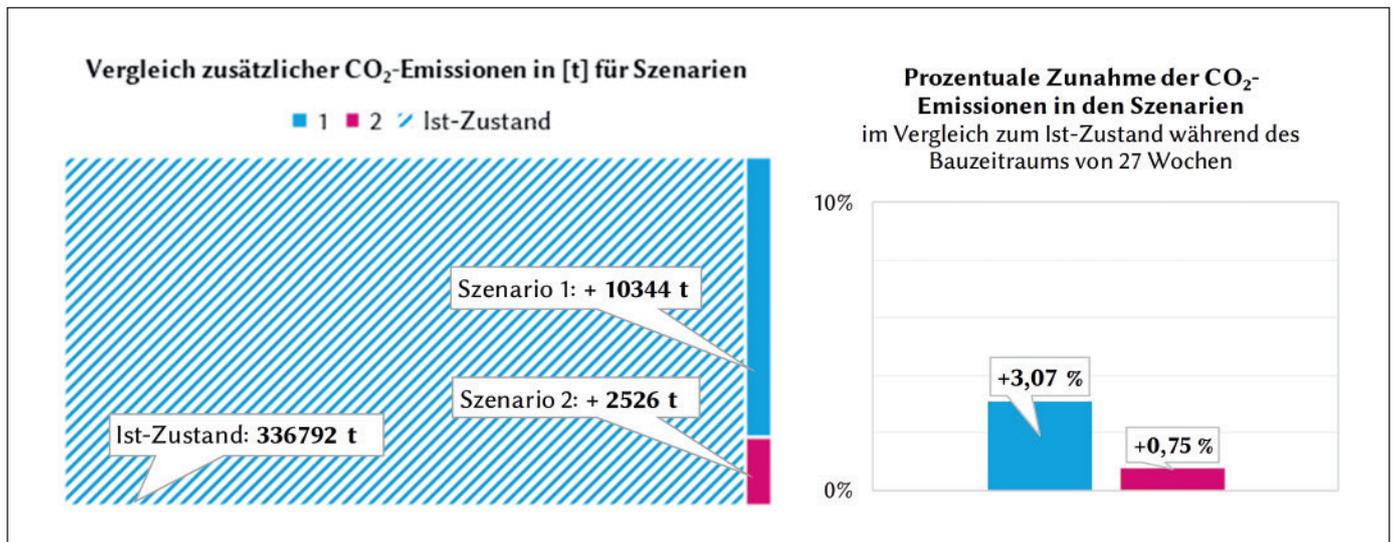
Die ermittelten Verlagerungseffekte gelten nur für die beiden untersuchten Quell-

Ziel-Relationen; zur Verallgemeinerung der Aussagekraft wäre eine großräumigere Analyse notwendig. Die Ergebnisse zeigen jedoch sehr klar, dass sich die Modal Split-Verluste der Bahn durch alternative baubetriebliche Ansätze im Vergleich zur monatelangen Vollsperrung deutlich reduzieren lassen.

Ebenfalls werden Auswirkungen auf den Schienenpersonennahverkehr und Schienengüterverkehr erwartet, da zum einen Verkehre, die regulär über die ge-

sperrte Strecke fahren, und zum anderen solche, die die Umleitungsstrecke nutzen, umgeleitet werden oder ausfallen müssen.

Gemäß Baukorridorplanung betrifft dies täglich etwa 70 Züge des Güterverkehrs, welche über die Umleitungsstrecke, aber auch über Hameln oder Osnabrück umgeleitet werden, sowie täglich 18 Züge der RB-Linie 82 zwischen Kreiensen und Göttingen [9].



5: Vergleich zusätzlicher CO<sub>2</sub>-Emissionen für Szenario 1 (Vollsperrung gemäß Baukorridorplanung) und Szenario 2 (Sperrungen nur nachts und am Wochenende)

#### 4. Auswirkung der Modal Split-Veränderung auf die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Aufbauend auf den ermittelten Veränderungen des Modal Splits lassen sich für die beiden Szenarien die Effekte auf die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen abschätzen. Hierbei wurde die aufgrund der Streckensperrung erhöhte Anzahl an Kraftfahrzeugen für beide Varianten bestimmt, um daraus die zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen abzuleiten. Der Mehrausstoß an CO<sub>2</sub> wurde je Szenario für den Zeitraum der Bauphase von 27 Wochen ermittelt.

Bild 5 zeigt, dass im Ist-Zustand über alle Verkehrsträger CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 336 792 t CO<sub>2</sub> anfallen. Eine dauerhafte Streckensperrung (Szenario 1) führt zu einer zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emission in Höhe von 10 344 t (+3,07%), wohingegen dies bei einem optimierten Ansatz (Szenario 2) lediglich 2526 t CO<sub>2</sub> (+0,75%) sind.

Der optimierte baubetriebliche Ansatz stellt folglich auch aus umweltpolitischen Gründen die zu bevorzugende Variante dar.

#### 5. Fazit und Ausblick

Die verkehrswissenschaftliche Untersuchung des Streckenabschnitts Hannover–Göttingen zeigt, dass baubedingte Sperrungen von Eisenbahnstrecken zu einer Verlagerung des Verkehrs von der Schiene auf die Straße führen. Den zunächst ermittelten Werten des Ist-Zustandes (ohne Streckensperrung) wurden Werte aus verschiedenen betrachteten Szenarien gegenübergestellt. Dabei wurden für den optimierten Ansatz, bei dem der Streckenabschnitt nur in den Nachtstunden und am Wochenende gesperrt ist, im Vergleich zur Vollsperrung deutlich geringere Modal Split-Verluste ermittelt.

Auf Basis dieser Ergebnisse wird empfohlen, den optimierten Ansatz weiter zu verfolgen, um die Auswirkungen von Baumaßnahmen möglichst gering zu halten. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Verlagerungseffekte nur für wenige Relationen ermittelt. Zur Ableitung globaler Aussagen wäre eine großräumige Analyse der Auswirkungen mehrmonatiger Vollsperrungen im deutschen Fernverkehrsnetz vorzunehmen. Aufgrund der geringen Verfügbarkeit empirischer Daten zu diesem Forschungsbereich erscheint es sinnvoll, Begleituntersuchungen während einer solchen Sperrphase, z. B. in diesem oder im nächsten Jahr durchzuführen,

insbesondere, um belastbare Erkenntnisse für die nachfolgenden Sperrphasen zu gewinnen.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden die durch die Verkehrsträger erzeugten Kohlendioxidemissionen ermittelt. Auch hier können der Mehrverkehr und die daraus resultierenden zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei einer Durchführung der Baumaßnahmen in nachfrageschwachen Zeiten reduziert werden.

Schlussendlich stützen die Ergebnisse dieser Arbeit die Idee, Baumaßnahmen in nachfrageschwachen Zeiten nachts und am Wochenende durchzuführen. Dadurch können die negativen Auswirkungen einer Totsperrung geringgehalten werden. Dazu zählen kurzfristige Verlagerungen auf andere Verkehrsträger, zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen und andere Umweltwirkungen durch eine erhöhte Anzahl an Kraftfahrzeugen sowie das Risiko, Kunden dauerhaft an andere Verkehrsträger zu verlieren. Dies zu vermeiden ist das Ziel einer nachhaltigen Verkehrsabwicklung. •

#### Literatur

[1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, und nukleare Sicherheit (Hrsg.): Der Klimaschutzplan für 1050 – Die deutsche Klimaschutzlangfriststrategie. Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>, zuletzt abgerufen am 11.01.2019.

[2] Europäische Kommission (Hrsg.): Weißbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum. Brüssel, 2011. Online verfügbar unter [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=C\\_ELEX:52011DC0144&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=C_ELEX:52011DC0144&from=EN), zuletzt abgerufen am 28.10.2018.

[3] Frick, Roman; Belart, Benjamin; Schmied, Martin; Grimm, Beate; Schmücker, Dirk: Langstreckenmobilität – aktuelle Trends und Perspektiven : Grundlagenstudie. Bern, 2014. Online verfügbar unter [https://www.ifmo.de/files/publications\\_content/2014/7248a\\_ifmo\\_Schlussbericht\\_140228.pdf](https://www.ifmo.de/files/publications_content/2014/7248a_ifmo_Schlussbericht_140228.pdf), zuletzt abgerufen am 24.06.2018.

[4] Nordenholz, Falko; Winkler, Christian; Knörr, Wolfram: Verkehrsverlagerungspotential auf den Schienenpersonenverkehr in Deutschland. Berlin, 2016. Online verfügbar unter [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/MKS/studie-verlagerungspotenzial-schiene-npersonenverkehr.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/MKS/studie-verlagerungspotenzial-schiene-npersonenverkehr.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt abgerufen am 10.11.2018.

[5] Deutsche Bahn AG (Hrsg.): Generalüberholung für Schnellfahrstrecken der Deutschen Bahn : Themendienst vom 1. Oktober 2018. Berlin, 2018. Online verfügbar unter [https://www.deutschebahn.com/de/presse/suche\\_Medienpakete/Bauen\\_2018-1204514](https://www.deutschebahn.com/de/presse/suche_Medienpakete/Bauen_2018-1204514), zuletzt abgerufen am 01.10.2018.

[6] Norta, Manuel: Ein Verkehrsmittelwahlmodell für den Personenfernverkehr auf der Basis von Verkehrswiderständen. Aachen, RWTH Aachen. Diss. Online ver-

fügbar unter <http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2013/4477/pdf/4477.pdf>, zuletzt abgerufen am 09.06.2018.

[7] Krämer, Thomas: Der Modal-Split im Personenfernverkehr. Aachen, 1992.

[8] Schneider, Marcel; Kogel, Bastian: Wie sich das Verkehrsverhalten prognostizieren lässt. Einsatz des VIA-Widerstandsmodells bei der Bestimmung der Verkehrsmittelwahl im Personenverkehr. In: Der Nahverkehr 35 (2017) 7+8, S. 57 – 60.

[9] DB Netz AG (Hrsg.): Korridorsteckbriefe für Fahrplanjahr 2019. Frankfurt, 2018. Online verfügbar unter [https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/1359894/74201a188320bdb05936771312649958/Korridorsteckbriefe\\_Fahrplan\\_2019\\_neu\\_final-data.pdf](https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/1359894/74201a188320bdb05936771312649958/Korridorsteckbriefe_Fahrplan_2019_neu_final-data.pdf), zuletzt abgerufen am 19.09.2018.

[10] DB Netz AG: Infrastrukturregister der Deutschen Bahn. Online verfügbar unter <https://geovdbn.deutschebahn.com/isr>, zuletzt abgerufen am 09.12.2018.

[11] DB Fernverkehr AG (Hrsg.): ICE-Liniennetz 2018. 2017. Online verfügbar unter [https://www.bahn.de/p/view/mdb/bahnintern/fahrplan\\_und\\_buchung/reiseauskunftsmediem/fahrplanmedien-download/mdb\\_263334\\_ice\\_liniennetz\\_v2\\_2018.pdf](https://www.bahn.de/p/view/mdb/bahnintern/fahrplan_und_buchung/reiseauskunftsmediem/fahrplanmedien-download/mdb_263334_ice_liniennetz_v2_2018.pdf), zuletzt abgerufen am 16.06.2018.

[12] DB Fernverkehr AG (Hrsg.): IC-Liniennetz 2018. 2017. Online verfügbar unter [https://www.bahn.de/p/view/mdb/bahnintern/fahrplan\\_und\\_buchung/reiseauskunftsmediem/fahrplanmedien-download/mdb\\_263335\\_icec\\_liniennetz\\_2018.pdf](https://www.bahn.de/p/view/mdb/bahnintern/fahrplan_und_buchung/reiseauskunftsmediem/fahrplanmedien-download/mdb_263335_icec_liniennetz_2018.pdf), zuletzt abgerufen am 16.06.2018.

[13] BVU Beratergruppe (Hrsg.); Intraplan Consult GmbH (Hrsg.); IVV GmbH & CO. KG (Hrsg.); PLANCO Consulting GmbH (Hrsg.): Verkehrsverflechtungsprognose 2030. München, 2014.

#### Summary

#### Alteration in the modal split due to construction blocking of railway lines

Blocking of railway lines due to construction has consequences in the transport offers and the modal split which can be calculated by means of a resistance model developed at the technical university RWTH Aachen. The result of the investigation suggests to postpone track renewal work in times of less demand. So, the negative side effects like passenger loss and additional CO<sub>2</sub> emission can be reduced to minimum.