

Neue Angebotskonzepte für einen attraktiven automatisierten Fernverkehr

Als attraktive und umweltfreundliche Alternative zum motorisierten Individualverkehr und Kurzstreckenflugverkehr gewinnt der Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) an Bedeutung. Automatisierung und neue Technologien könnten diesen Trend verstärken und ganz neue Betriebsformen im SPFV ermöglichen. Dieser Artikel stellt drei Angebotskonzepte vor und bewertet deren Potenzial makroskopisch.



1. Motivation

Der SPFV erfreut sich innerhalb Deutschlands steigender Beliebtheit. Dies kann u.a. auf Infrastrukturausbauten (z.B. Berlin–München) und eine veränderte Preispolitik in der Konkurrenz zum Fernbus zurückgeführt werden. Nicht zuletzt steigert die Umweltfreundlichkeit des Verkehrsträgers Schiene dessen Attraktivität.

Dennoch liegt der Marktanteil der Schiene im Fernverkehr bei nur 24% [1]. Zudem existiert mit 63% ein hoher Anteil an Nicht-Nutzern, die im Fernverkehr nie bzw. fast nie Bahn fahren [2]. Als Gründe können u.a. Unzuverlässigkeit oder der Grad räumlicher Erschließung angeführt werden. Des Weiteren stellen Umstiege ein Hemmnis dar, insbesondere beim Reisen mit Gepäck. Die Kapazität von Strecken und Knoten ist an vielen Stellen bereits ausgereizt, sodass das Angebot mit den aktuellen Betriebskonzepten kaum weiter ausgebaut werden kann und es zeitweise zu Überfüllungen der Züge kommt.

Automatisierung und neue technische Entwicklungen könnten die genannten Gründe entschärfen und durch gänzlich neue Angebotskonzepte die Attraktivität des SPFV weiter steigern. Vor diesem Hintergrund wurden drei neue Angebotsstrategien im SPFV entwickelt. Diese werden zunächst qualitativ erläutert und anschließend quantitativ ausgewertet, mit dem Ziel einer makroskopischen Bewertung der jeweiligen Konzepte nach Fahrgastnutzen und Aufwand. So können weitere detaillierte Untersuchungen begründet werden.

2. Rahmenbedingungen

Im Wesentlichen können drei Trends angeführt werden, die neue Angebotskonzepte begünstigen bzw. erst ermöglichen:

Durch eine vollständige Automatisierung des Bahnbetriebs sind direkte Kosteneinsparungen durch einen verringerten Personalbedarf zu erwarten [3]. So können die fixen Betriebskosten je Zug reduziert werden und wird die wirtschaftliche Verwendung kleinerer Zügeinheiten vorstellbar.

Automatisierung kann zudem im Zusammenspiel mit weiteren technologischen Neuerungen zu Effizienzgewinnen durch eine erhöhte Kapazität der Infrastruktur führen [4]. Entscheidend hierfür ist das Fahren im absoluten Bremswegabstand bzw. wandernden Raumabstand (engl. „moving block“) [5]. Während konventionelle Sicherungstechnik auf einem festen Blockabstand aufbaut, der für lange Zugfolgezeiten sorgt, können im Moving Block Züge mit gleichem Geschwindigkeitsprofil in dichter Folge gebündelt werden – die Trassenkapazität steigt.

Derzeit wird im Eisenbahnsektor zudem an einer Weiterentwicklung des Kuppelns geforscht, dem virtuellen Kuppeln. Dabei werden Züge nicht mehr physisch verbunden, sondern verkehren per Funk verbunden in einem sehr dichten Abstand (relativer Bremswegabstand) hintereinander und verhalten sich nahezu wie ein einziger langer Zug. Größte Herausforderung für dieses Verfahren ist die nötige Zugsicherungstechnik, die eine sichere und schnelle Datenverbindung zum vorausfahrenden



Dipl.-Ing. Leander Flamm

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt e.V., Institut für
Verkehrssystemtechnik,
Braunschweig
leander.flamm@dlr.de



M. Sc. Jakob Geischberger

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt e.V., Institut für
Verkehrssystemtechnik,
Braunschweig
jakob.geischberger@dlr.de

Zug benötigt, um dessen Fahrdynamik in Echtzeit auswerten zu können [6].

3. Konzepte

3.1. Kurswagenkonzept

Ziel des Kurswagenkonzeptes ist eine möglichst große Umsteigefreiheit unter Anwendung von mechanischem Kuppeln. Es sieht selbstfahrende kurze Fernverkehrswagen vor, die sich für den Verkehr auf Hauptstrecken zu langen Zugverbänden physisch zusammenschließen und an den Linienenden zur Erschließung des Randnetzes einzeln oder in kurzen Zugverbänden verkehren können, ähnlich zu bestehenden Flügelzugkonzepten. Dies ermöglicht eine direkte Anbindung peripherer Orte an das Fernverkehrsnetz und erschließt neue Verbindungen. Das Konzept ist insbesondere

vor dem Hintergrund der erläuterten technologischen Trends zu sehen, da durch das Verästeln an den Linienenden bei selbstfahrenden Wagen nur geringe zusätzliche Kosten oder Zeitaufwände entstünden.

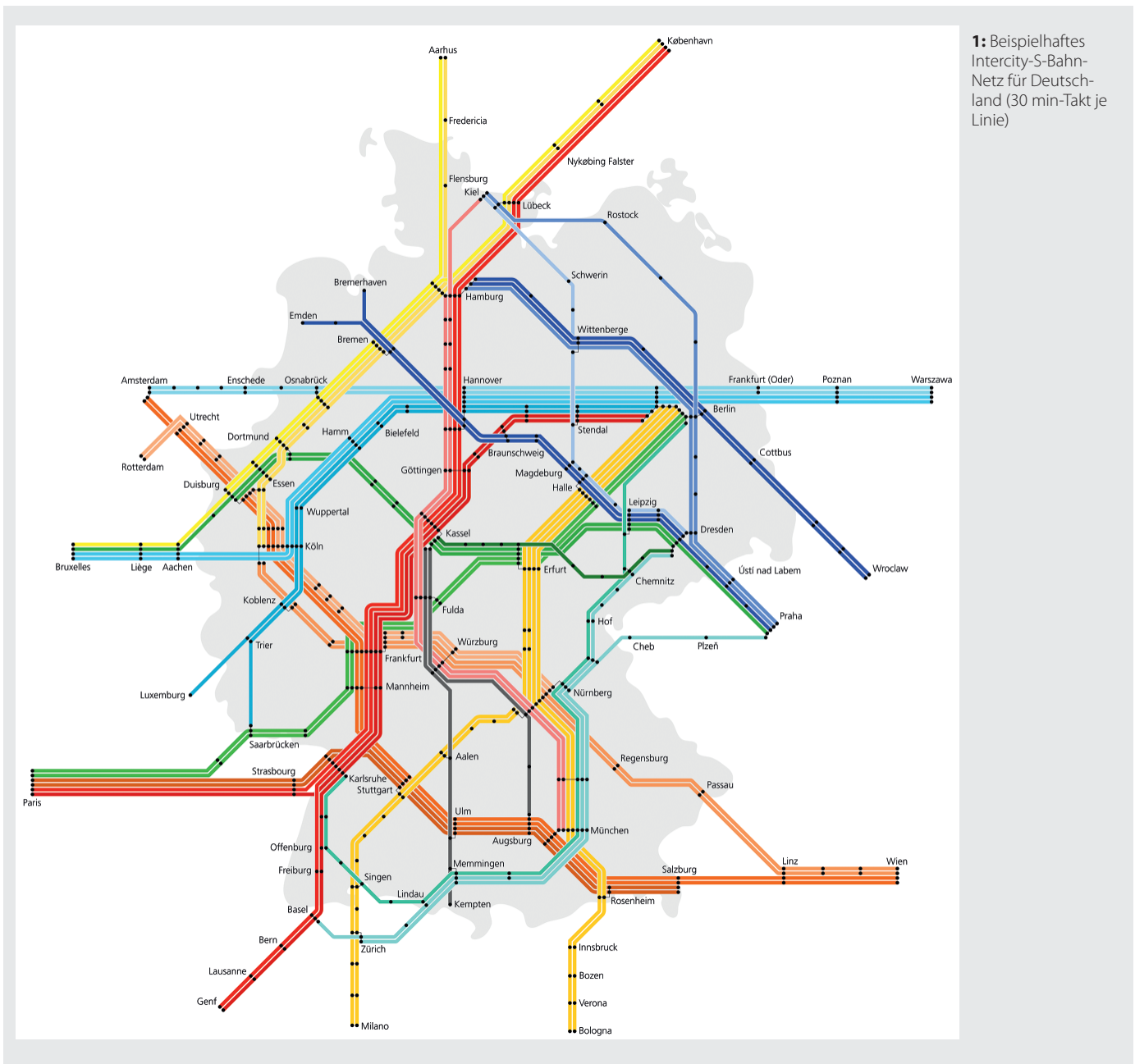
Prinzipiell wäre eine Erweiterung des Konzepts denkbar, die den Übergang zwischen den physisch gekuppelten Zügen während der Fahrt erlaubt (siehe IC3 der Dänischen Staatsbahn). Dadurch könnte der Umstieg zwischen Zugteilen vom Bahnhof in den wettergeschützten Zug verlagert werden. Die Automatisierung eines solchen Kuppelvorgangs geht mit einer Reihe von technischen wie betrieblichen

Herausforderungen einher, weswegen dieses Szenario eher theoretischer Natur ist. Dennoch lohnt es sich, das Verfahren in zukünftigen Untersuchungen auf Potenziale hinsichtlich des Fahrgastnutzens zu untersuchen.

3.2. Direktverbindungskonzept

Der Fokus des Direktverbindungskonzeptes liegt auf Umsteigefreiheit bei virtuellem Kuppeln. Es beruht ähnlich wie das Kurswagen-Konzept auf der Verwendung einzelner kleinerer Zügeinheiten zur Bedienung von Halten am Netzrand. Wesentlicher Un-

terschied ist die Umsetzung mit Einheiten, die sich lediglich zur Steigerung der Streckenkapazität mit anderen Zügen virtuell verbinden, aber selbstständig den gesamten Streckenlauf befahren. Entsprechende Untersuchungen wurden im Projekt Next Generation Train durchgeführt [7]. Die Zielstellung beruht darauf, dass empirischen Untersuchungen zufolge die Umsteigefreiheit von Verbindungen sogar als wichtiges Qualitätsmerkmal als die Reisezeit oder die Verspätungsanfälligkeit bewertet wird [8]. Eine Umsetzung dieses Schwerpunkts im Angebot kann beispielsweise dadurch bewerkstelligt werden, dass alle Knoten



1: Beispielhaftes Intercity-S-Bahn-Netz für Deutschland (30 min-Takt je Linie)

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Luftund Raumfahrt e.V. / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group GmbH 2020

des Netzes mit einer bestimmten verkehrlichen Relevanz oder assoziierten Nachfrage direkt miteinander verbunden werden.

Es wurde ein Algorithmus zur Linienfindung entwickelt, der die 81 Deutschen Großstädte (Städte mit über 100.000 Einwohnern, Stand 2018) sowie sechs ausgewählte touristische Ziele jeweils direkt miteinander verbindet. Durch die hohe Anzahl an Einzelverbindungen stoßen die Streckenkapazitäten hierbei teilweise auch unter Annahme des virtuell gekuppelten Fahrens an ihre Grenzen, weshalb geringer nachgefragte Linien Umwege fahren müssen. Ziel der algorithmischen Liniennetzstellung war das Ermitteln einer Größenordnung, innerhalb derer ein derartiges Konzept umgesetzt werden könnte. Es galt zu ermitteln, ob das Konzept eher für sich allein stehen kann oder vielmehr als Ergänzung zu anderen Angebotsstrategien zu sehen ist.

Die dem Algorithmus zugrunde liegende Methodik gestaltet sich wie folgt: Die miteinander zu verbindenden Einzelrelationen (z.B. Hamburg–München) werden nach ihrer Nachfrage absteigend sortiert. In dieser Reihenfolge werden die Linien dann in das Netz „eingelegt“. Im Fall ausgeschöpfter Trassenkapazität wird der Laufweg einer Linie mittels Pönalisierung umgeroutet. Der Algorithmus prüft ebenfalls, ob Linien miteinander verknüpft werden können, solange eine Fahrzeit von 10 Stunden nicht überschritten wird. Das Verknüpfen wird ebenfalls durch einen Umwegfaktor begrenzt, der sicherstellt, dass keine allzu unattraktiven Linienverläufe entstehen.

Das Konzept wäre insbesondere für Freizeit- und Urlaubsreisende interessant, die zugunsten einer direkten Verbindung möglicherweise bereit wären, einen Umweg in

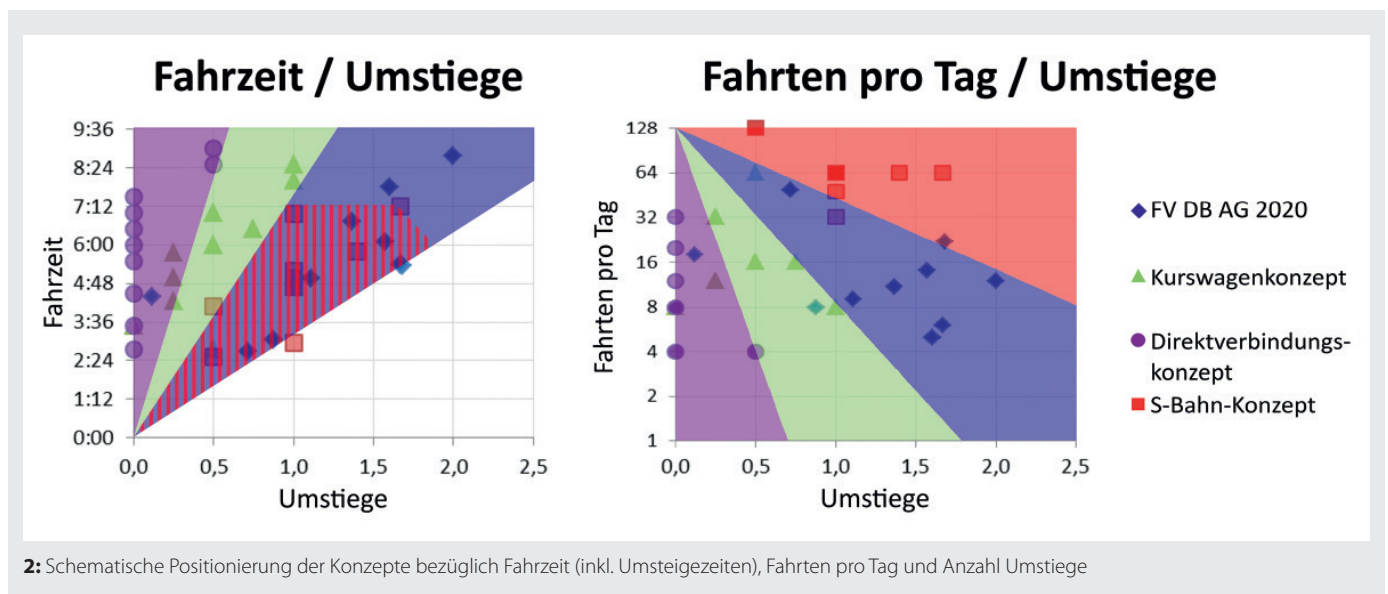
Kauf zu nehmen, insbesondere wenn große Gepäckstücke mitgeführt werden.

3.3. S-Bahn-Konzept

Im sogenannten S-Bahn-Konzept wird, im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Konzepten, versucht, die Vorteile eines S-Bahn-Netzes auf den Schienenpersonenfernverkehr zu übertragen. Dazu zählt zuvorderst eine hohe Taktfrequenz. Die Idee ist, dass anstatt eines großen Zugverbandes viele kleine Zugeinheiten und diese dafür deutlich häufiger verkehren, wodurch kurze und verlässliche Umsteigeverbindungen entstehen. Dies wird erst ermöglicht, indem Kosten und Trassenverbrauch je Zug durch Automatisierung, virtuelles Kuppeln und Moving Block stark verringert werden. Vorbild hierfür ist das Netz der Niederlande, das durch hohen Infrastrukturaufwand

	Konventioneller Fernverkehr (2020)	Kurswagen-Konzept	Direktverbindungs-Konzept	S-Bahn-Konzept
Umstiegsanzahl	im reinen SPFV i. d. R. max. 1, in der Reisekette ca. 2	durch mehr Direktverbindungen weniger als im konventionellen SPFV	im SPFV gegen 0, komplette Reisekette entsprechend mehr	mehr als im konventionellen SPFV
Umstiegsort	Bahnhof	Bahnhof oder innerhalb des Zugverbandes	Bahnhof	Bahnhof
Taktung	30-60 min auf Hauptrelationen	2 h auf Außenästen, dadurch bis 12 min auf Hauptkorridoren	2 h je Direktverbindung	drastisch erhöht, z. B. 7,5 min auf Hauptrelationen, bis 30 min auf Nebenästen
Kupplung	nicht gekuppelt	physisch	virtuell	nicht gekuppelt
Zugverband	Ganzzüge, je nach Baureihe einzeln oder in Doppeltraktion (max. 16 Wagen)	an den Außenästen einzelne Wagen, auf Hauptkorridoren lange Zugeinheiten zu max. 12 Wagen	2 bis 4 Wagen	5 bis 8 Wagen
Betriebsdurchführung	nach Fahrplan	nach Fahrplan	dynamisch	nach Fahrplan

Tabelle 1: Konzeptübersicht



Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Luftfahrt Raumfahrt e.V. / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group GmbH 2020

ein solches Angebot bereits heute bzw. bis 2030 umsetzt [9].

Für Deutschland wurde ein beispielhaftes Netz erstellt. Grundlage war die Bevölkerungsdichte in Deutschland und den umliegenden Ländern, um auch grenzüberschreitende Linien entsprechend der aus der Bevölkerung resultierenden Nachfrage berücksichtigen zu können. Ausgehend von einer fortschreitenden Vernetzung der nationalen Verkehrsströme haben sich europäische Hauptkorridore entwickelt, die weitgehend mit den TEN-Korridoren übereinstimmen. Zusätzlich wurden für die innerdeutschen Verbindungen zwischen kleineren Städten bestehende Linienverläufe berücksichtigt. Im Liniennetz in Bild 1 steht jede Linie für einen Halbstundentakt. Somit ergibt sich auf Strecken mit zwei Linien ein 15 min-Takt und auf Strecken mit vier Linien ein 7,5 min-Takt.

Entsprechend den kurzen Zugfolgezeiten müssen die Bahnhöfe konsequent auf

eine maximale Leistungsfähigkeit durch parallele Fahrwege und wo nötig Überwerfungsbauwerke für niveaufreie Gleiskreuzungen ausgelegt werden, wie es in den Niederlanden praktiziert wird. In Deutschland besteht dagegen meist eine gute Vertretbarkeit der Gleise untereinander, die bei Bauarbeiten für Gleiswechsel genutzt werden kann. Diese wird jedoch durch eine große Anzahl von Fahrstraßenausschlüssen aufgrund fehlender Überwerfungsbauwerke oder Flankenschutzanforderungen erkaufte.

3.4. Konzeptübersicht

Die Konzepte werden in Tabelle 1 schematisch differenziert.

Für eine vorläufige Einordnung der Konzepte wurden 10 ausgewählte Verbindungen zwischen Großstadtbahnhöfen bezüglich der durchschnittlichen Fahrzeit, der Anzahl Verbindungen pro Tag und der

notwendigen Umstiege verglichen. Die resultierende schematische Positionierung der Konzepte ist in Bild 2 zu sehen. Es ist zu sehen, dass die Direktverbindungen und das S-Bahn-Konzept die Extreme darstellen, während das Kurswagenkonzept einen Mittelweg beschreibt. Im Folgenden sollen daher anhand der beiden sehr unterschiedlichen Konzepte das jeweilige Potenzial und der jeweilige Aufwand bewertet werden.

4. Bewertung der Ansätze

Die drei Konzepte wurden anhand der folgenden Kriterien untereinander und mit dem bestehenden Fernverkehr im Jahr 2019 verglichen:

- Durchschnittliche Fahrzeit aller Fernverkehrsfahrgäste (Verkehre > 50 km)
- Durchschnittliche Umsteigevorgänge (Gesamte Reisekette, Verkehre > 50 km)
- Zugfahrten pro Tag

SPITZKE FAHRWEGSYSTEME GmbH. Wir liefern Hochleistungsprodukte für Fern- und Nahverkehr.

Unsere Mitarbeitenden sind Spezialisten für die Herstellung von Spannbetonprodukten. Mit unseren modernen Produktionsanlagen bieten wir ein breites Produktspektrum für die Bahninfrastruktur des Fern- und Nahverkehrs:

Gleisschwellen · Weichenschwellen · Schleuderbetonmaste Oberleitungen
Altschwellenrecycling · Entsorgung und Recycling von Altschotter und -boden

www.spitzke.com/kompetenzen/fertigung

SPITZKE
EUROPEAN CLAS

	Konventioneller Fernverkehr (2019)	Direktverbindungs-Konzept	S-Bahn-Konzept
Durchschnittliche Fahrzeit	145,79 min	138,06 min 139,68 min*	135,61 min
Umstiege	1,97	2,02 1,92*	2,02
Fahrten pro Tag	1455	2880	2160
Zugkilometer pro Tag (Wagenkilometer)	400 000 (ca. 3 000 000)	2 100 000 (6 000 000)	1 200 000 (8 000 000)
Anzahl Züge (Wagen)	532 (4000) Inkl. ICE 4: 628 (5000)	2470 (7000)	1200 (8000)

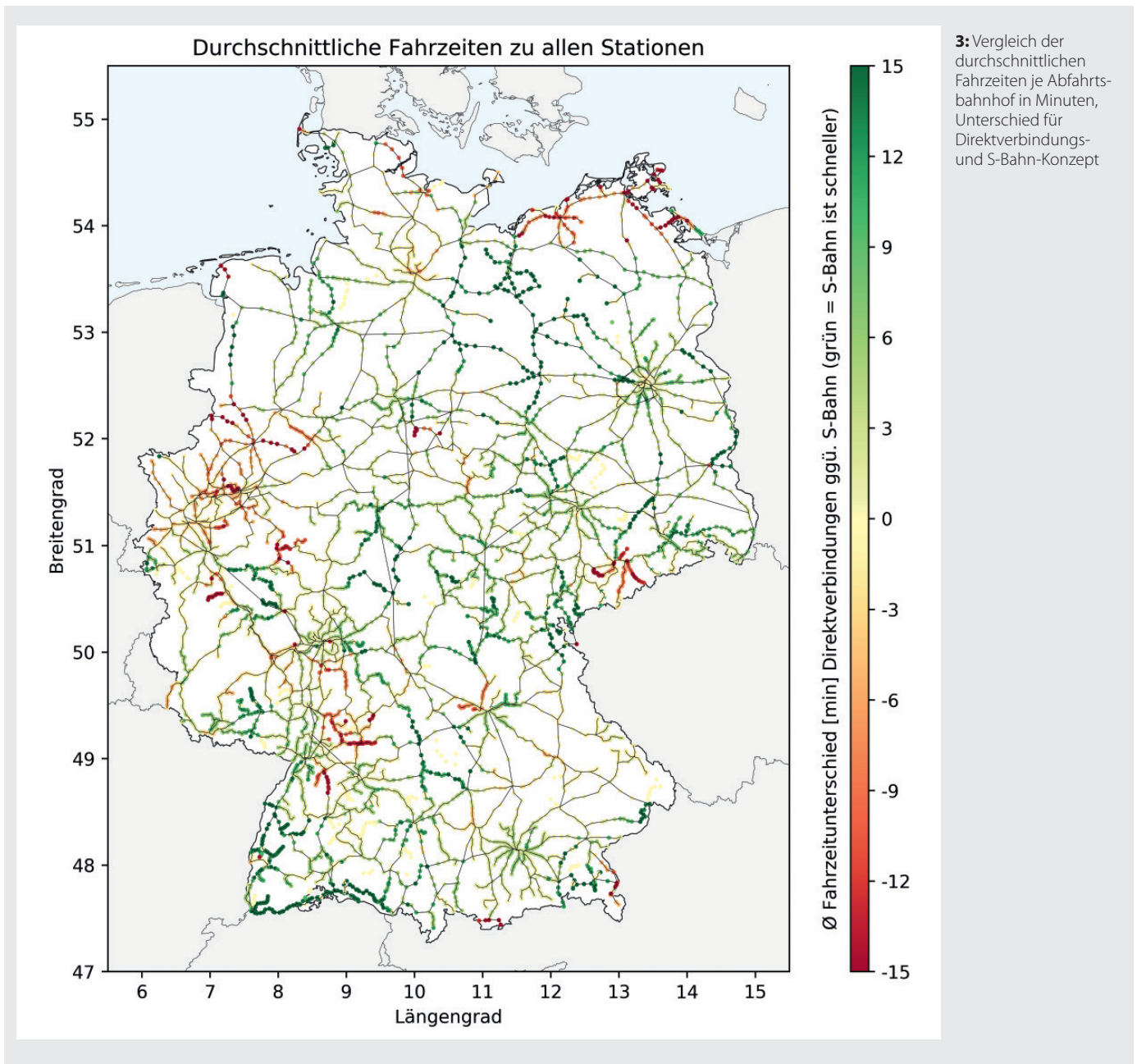
* Routing mit Fahrgastpräferenz für wenig Umstiege

Tabelle 2: Ergebnisse der makroskopischen Untersuchung der Konzepte

- Zugkilometer pro Tag
- Benötigte Anzahl Züge und Wagen

Ziel war es, eine erste Abschätzung von Nutzen und Aufwand vorzunehmen. Aus den Zugkennzahlen ergeben sich in Erweiterung auch Anforderungen an die Infrastrukturkapazität.

Für die Analyse des Fahrzeugbedarfs werden nur Streckenabschnitte innerhalb Deutschlands verwendet, um eine gute Vergleichbarkeit zum bestehenden Fahrzeugbestand zu gewährleisten. Der Fahr-



Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group GmbH 2020

zeugpark von DB Fernverkehr listet für 2019 ca. 4000 Wagen [10]. Durch die Auslieferung weiterer ICE 4 ist mittelfristig von gut 5000 Wagen im betrachteten Netz auszugehen.

Für die Berechnung der Fahrgastreisezeiten wurde ein Deutschland-Modell zur Simulation von Fahrgastströmen im Bahnnetz genutzt, das mit der Fahrgastnachfrage aus der Verkehrsverflechtungsanalyse des BVWP 2015 arbeitet [11]. Während der Nahverkehr unverändert aus dem Bestandsfahrplan 2019 übernommen wurde, sind die Fernverkehrszüge vollständig durch die jeweiligen Konzepte ersetzt worden. Der Fahrplan der neuen Konzepte wurde mit Fahrzeiten der bestehenden Infrastruktur berechnet. Es wurden nur innerdeutsche Verkehre betrachtet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 abgebildet. Es ist anzumerken, dass die kompletten Reiseketten, die in der Simulation betrachtet wurden, mehr Umstiege aufweisen als die in Abschnitt 3.4 gezeigten Verbindungen zwischen Großstädten.

Es ist ersichtlich, dass in beiden Konzepten die durchschnittliche Fahrzeit stark sinkt, was angesichts der erhöhten Fahrtenanzahl pro Tag nicht überrascht. Allerdings kann das Ziel des Direktverbindungskonzepts, Umstiege zu vermeiden, nicht uneingeschränkt erfüllt werden. Angesichts der teilweise gefahrenen Umwege bevorzugt der simulierte „Standardfahrgast“ Verbindungen mit mehr Umstiegen als im Bestandsangebot. Ein Routing mit umsteigesensibleren Fahrgästen zeigt dennoch, dass ein Potenzial für momentan eventuell noch nicht erschlossene Nutzergruppen besteht. Auch sind die neuen Konzepte noch nicht so detailliert durchplant, wie es das seit Jahrzehnten gewachsene reale Netz ist. Somit sind weitere Verbesserungen durch iterative Optimierungsschritte zu erwarten. Das S-Bahn-Konzept erfüllt die Erwartungen an kurze Fahrzeiten durch schlanke und regelmäßige Anschlüsse gut.

Dem hohen Nutzen entgegen steht ein Fahrzeugbedarf von ca. 2470 (Direktverbindungen) bzw. 1200 Zügen (S-Bahn-Konzept). Bereits im S-Bahn-Konzept wird jedoch von kürzeren Zügen mit 5 bis 8 Wagen ausgegangen, im Direktverbindungskonzept sogar mit nur 2 bis 4 Wagen. Dadurch ergibt sich ein Bedarf von lediglich 7000 bzw. 8000 Wagen. Dies entspricht knapp dem Doppelten des mittelfristig anzunehmenden Fahrzeugbestands im bisherigen Netz. Angesichts einer politisch angestrebten bzw. prognostizierten Steigerung der Fahrgastzahlen um 100% erscheint dies aber nicht stark überhöht. Die täglichen Wagenkilometer bilden ein entsprechend ausreichendes Angebot ab. Dennoch ist der nötige zeitliche Vorlauf für die Beschaffung einer solchen Flotte für die Bewertung der Umsetzbarkeit zu beachten.

Bild 3 zeigt den Unterschied der durchschnittlichen Fahrzeiten je Abfahrtsbahnhof zwischen beiden Konzepten. Grüne Stationen haben dabei eine geringere Reisezeit im S-Bahn-Konzept, wohingegen rote Stationen im Direktverbindungskonzept schneller unterwegs sind. Es ist eine Konzentration der Direktverbindungen auf die der Liniensuche zugrundeliegenden Großstäd-

ETCS in Deutschland

Diese Neuerscheinung bietet einen umfassenden **Einblick in das European Train Control System allgemein sowie dessen Realisierung in Deutschland**. Der Bogen spannt sich von den europäischen Spezifikationen über die deutschen Lastenhefte bis zur Planung von ETCS.

So bietet das Werk die **bisher umfassendste geschlossene Darstellung von ETCS in Deutschland**.



ETCS in Deutschland

1. Auflage August 2020, Hrsg. Jochen Trinckauf, Ulrich Maschek, Richard Kahl, Claudia Krahl, ca. 400 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-219-3, Print mit E-Book Inside € 68,- (statt € 79,-* ab 21.8.2020) www.pmcmedia.com/etcsdeutschland

Mehr Infos und Bestellung:
www.pmcmedia.com



Railfreight.eu – Das Business-Handbuch Güterbahnen,
Print mit E-Book Inside € 58,-*
www.pmcmedia.com/railfreighteu



Rolling stock in the railway system
Print UVP € 278,-*
Einzelbände zu je € 69,-* erhältlich als:
E-Book only
www.pmcmedia.com/rollingstock

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:
Tel.: +49 7953 718-9092
Fax: +49 40 228679-503
E-Mail: office@pmcmedia.com
Online: www.pmcmedia.com

PER POST:
PMC Media House GmbH
Kundenservice
D-74590 Blaufenfelden

PMC Media House GmbH | Werkstättenstr. 18 | D-51379 Leverkusen
Office Hamburg | Frankenstr. 29 | D-20097 Hamburg
Unsere Bücher erhalten Sie auch im gut sortierten Buchhandel.

Drei neue Konzepte für den Fernverkehr zeigen das Potenzial, mehr Direktverbindungen anzubieten oder durch einen dichten Takt kurze Anschlussverbindungen und schnelle Fahrzeiten zu bieten.



te zu sehen, welche in beiden Konzepten ähnlich schnell bedient werden (gelb oder hellgrün), während das S-Bahn-Netz auch periphere Teile des Netzes gut bedient (dunkelgrün). Auch die sechs touristischen Ziele an den Küsten und im Alpenvorland, die für die Direktverbindungen zugrunde gelegt wurden, sind gut an ihrer kürzeren Reisezeit (rot) erkennbar.

5. Fazit

Die vorgeschlagenen Konzepte wurden auf ihre grundsätzliche Machbarkeit hin überprüft. Den Konzepten gemein ist eine drastische Verbesserung der Angebotsquantität, die einer erwarteten steigenden Nachfrage gerecht werden kann. Zudem wird von einer deutlich verbesserten Qualität ausgegangen, da Umstiege vermieden, Wartezeiten verkürzt oder das Anschlussverlustisiko gesenkt werden. Während das S-Bahn-Konzept ein alleinstehendes Fernverkehrsangebot darstellt, erscheint das Direktverbindungskonzept zumindest im aktuellen Entwicklungsstand eher als Möglichkeit für ein Angebot zusätzlich zum bestehenden Fahrplan. So könnten insbesondere umsteigesensible Fahrgäste, beispielsweise in der Urlaubssaison, angesprochen werden.

Den Verbesserungen stehen hohe Aufwände gegenüber, die nur zum Teil durch neue Technologien abgefangen werden können. Fraglos wären jeweils größere Investitionen sowohl in die Infrastruktur als auch in den Fahrzeugpark notwendig.

Durch einen vollautomatischen Verkehr im wandernden Raumabstand bzw. als virtuell gekuppelter Zugverband könnten solche Konzepte aber langfristig umsetzbar sein.

Zunächst wäre eine mikro- oder mesoskopische Untersuchung anzustreben, die die konkreten Anforderungen an die Infrastruktur erfasst und quantifiziert. Hochleistungsnetze wie in den Niederlanden zeigen, dass hohe Zugzahlen auf separierten Strecken mit homogenen Geschwindigkeitsprofilen der Züge möglich sind und auch Knoten für hohe Zugzahlen ertüchtigt werden können. Insbesondere das Zusammenspiel zwischen gezielten Ausbauten und durch neue Technologien

veränderte Betriebsverfahren ist dabei zu betrachten.

Beide Konzepte könnten grundsätzlich aufbauend auf der Struktur des Deutschland-Takts realisiert werden, da auch in der hier durchgeführten Betrachtung von den realen Fahrzeiten ausgegangen wurde. Die Verbesserung des Angebots aus Fahrgastsicht und damit das Potenzial, den Schienenverkehr langfristig als attraktives und umweltfreundliches Verkehrsmittel im intermodalen Verkehrsmix zu verankern, sind sehr groß. Die Konzepte sollen daher als Anregung dienen, wohin sich der Schienenverkehr langfristig entwickeln könnte und eine Grundlage für weitere Untersuchungen bieten.

Literatur

[1] T. Streit, B. Chlond, C. Weiß und P. Vortisch, Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Bericht 2013/14 – Alltagsmobilität und Fahrleistung, Karlsruhe, 2015.
 [2] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Mobilität in Deutschland – MiD: Ergebnisbericht,“ Februar 2019. [Online]. Available: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf. [Zugriff am 17 Juni 2020].
 [3] L. Flamm und B. Scheier, „Integrierte Bewertung von Steuerungssystemen auf dem Weg zum automatisierten Bahnbetrieb,“ SIGNAL + DRAHT, pp. 33–40, Juni 2019.
 [4] L. Flamm, C. Meirich und B. Jäger, „Die Umsetzung des automatisierten Bahnbetriebs zwischen Technik, Regelwerken und Wirtschaftlichkeit,“ ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, pp. 27–31, März 2018.
 [5] J. Pacht, Systemtechnik des Schienenverkehrs, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien GmbH, 2011.
 [6] S. Sand, P. Unterhuber und M. Soliman, „mm-Wave Train-to-Train Communications for Next Generation Railways,“ European Microwave Week 2018.5G Systems & millimeter wave communications in Smart Public Transport, Madrid, Spanien, 2018.

[7] T. Schumann, „Erhöhung der Streckenkapazität des Shinkansen mit Dynamischem Flügeln,“ El – Der Eisenbahningenieur, pp. 2–7, Januar 2017.
 [8] IGES Institut GmbH, Studie im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.: Verbrauchererwartungen an Dienstleistungsqualität im Bahnverkehr, 2018.
 [9] ProRail B.V., „Het Aanbod van ProRail 2030,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.treinreiziger.nl/wp-content/uploads/2019/03/Het-Aanbod-van-ProRail-2030.pdf>. [Zugriff am 17 Juni 2020].
 [10] Deutsche Bahn AG, „Daten & Fakten 2019,“ 2020. [Online]. Available: https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Deutsch/2019/Berichte/DuF_d_web_02.pdf. [Zugriff am 15.06.2020].
 [11] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2030,“ INTRAPLAN Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, 24. September 2015. [Online]. Available: <http://daten.clearingstelle-verkehr.de/276/>. [Zugriff am 17 Juni 2020].

Summary

New supply concepts for an attractive automated long-distance transport

By automating the rail transport and new technologies as driving in Moving Block or virtually coupled trains, new economical and operational possibilities arise. Three new concepts for the rail transport show the potential to offer more direct connections or to offer short connections and short travel times with more frequent trains. The concepts are analyzed and evaluated macroscopically according to cost and benefit.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group GmbH 2020