



Alle Abbildungen Quelle: DLR

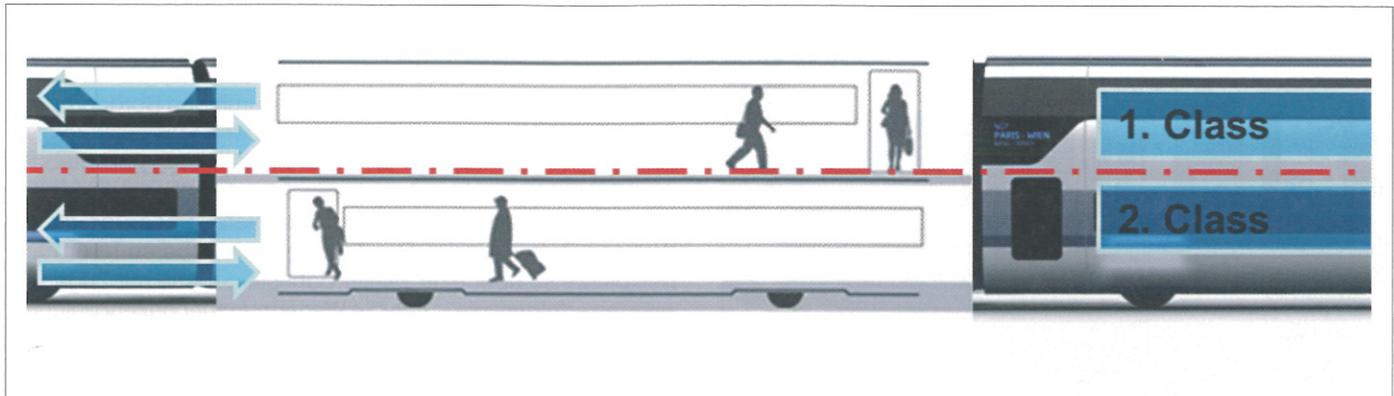
Next Generation Train

Fahrgastkomfort im Zug der Zukunft

Dr.-Ing. Joachim Winter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – DLR, Institut für Fahrzeugkonzepte, Projektleiter Next Generation Train – NGT, Stuttgart



Um den weit verbreiteten Betrachtungen zur Energieeffizienz und Umweltfreundlichkeit Sinn zu geben, muss der Verkehrsträger Bahn für Reisende und Speditionen so attraktiv gemacht werden, dass er gern in Anspruch genommen wird. Das Forschungsprojekt Next Generation Train (NGT) stellt den Bahnreisenden deshalb in den Mittelpunkt seiner angewandten Forschung. Forscher aus neun DLR-Instituten bearbeiten in einem interdisziplinären Ansatz die Schlüsselfragen zum modernen Fahrgastkomfort und zu signifikant reduzierten Reisezeiten. Um zu neuen Lösungen zu kommen, sind Vorgaben aus der Vergangenheit kein Maßstab, sondern Grund für notwendige Änderungen. Die Untersuchungen zeigen die Potenziale des Verkehrsträgers Bahn auf und sind für ergänzende Fragestellungen aus der Kooperation mit der Bahnindustrie offen.



Ebenen-Konzept für den NGT-Hochgeschwindigkeitszug

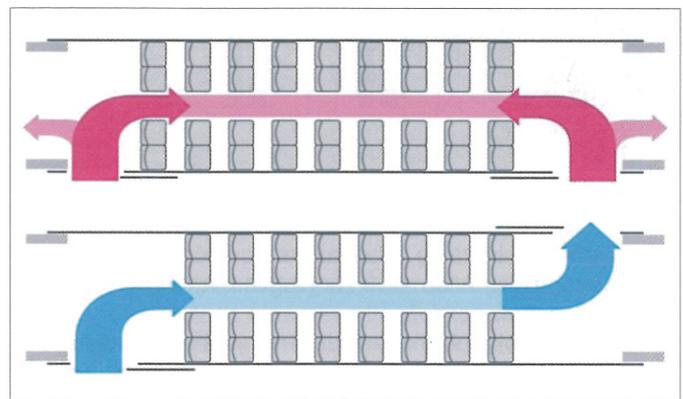
Neben der Entwicklung der Technologie [1-3] für den NGT werden auch Einsatzszenarien und Betriebskonzepte aufgestellt. Bevor der Fahrplan entsteht, werden zunächst die Fahrgastpotenziale berechnet, die der NGT heben kann.

Schnell Reisen

Auf einigen Relationen werden die Hochgeschwindigkeitszüge mit den Fluglinien um Fahrgäste konkurrieren. Dies betrifft vor allem die Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Hierfür gibt es genügend Beispiele (Madrid – Barcelona). Dazu bietet der NGT energie günstig eine große reservierungspflichtige Sitzplatzkapazität an. Er kann so große Fahrgastzahlen wie ein Airbus A380 befördern. Eine Vielzahl der Kurz- und Mittelstreckenflüge wird allerdings als Zubringerflug zu einem Luftdrehkreuz mit anschließendem Langstreckenflug genutzt. Um auch dieses Reisenden-Potenzial abschöpfen zu können, ist eine Integration von Flughäfen und Hochgeschwindigkeitsverkehrs-Bahnhöfen nötig. In diesem Fall kommt es zur Kooperation der beiden Verkehrsmittel, von der beide Seiten profitieren. Um aber sein volles Potenzial ausschöpfen zu können, benötigt der NGT eine moderne fahrgastfreundliche Infrastruktur. Aufgabe der Politik wird es daher sein, diese bereitzustellen, um die angestrebten Umweltschutzziele verwirklichen zu können.

Für die vorliegenden Berechnungen wurden die Städteverbindungen unabhängig vom bestehenden Bahnstreckennetz betrachtet. Zum einen wird dies gerechtfertigt durch die Annahme, dass eine Ertüchtigung von Strecken für den Betrieb des NGT, der 400 Kilometer pro Stunde fahren soll und mit induktiver Energieübertragung elektrisch angetrieben wird, bei Strecken mit bestimmten Merkmalen vergleichsweise ebenso aufwändig ist, wie dies bei Neubaustrecken der Fall ist. Zum anderen dienen diese Berechnungen der Bewertung von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, basierend auf dem Fahrgastpotenzial.

Die Überlegungen der EU zum Transeuropäischen Netzwerk (TEN) für das Jahr 2020 [4] belegen, dass die meisten der genauer untersuchten Relationen bereits über eine direkte Verbindung zwischen den Städten verfügen [5]. Ein Vergleich der Untersuchungen für das TEN zeigt, dass die dort abgeschätzten Zahlen zum Fahrgastaufkommen im Einklang mit dem hier entwickelten Gravitationsmodell stehen. Dieses basiert auf der Annahme, dass einige Bevölkerungsgruppen, zum Beispiel gehobene Einkommensgruppen, mehr Verkehrsnachfrage erzeugen als andere. Die Tourismusintensität hat sich, statistisch gesehen, als nicht



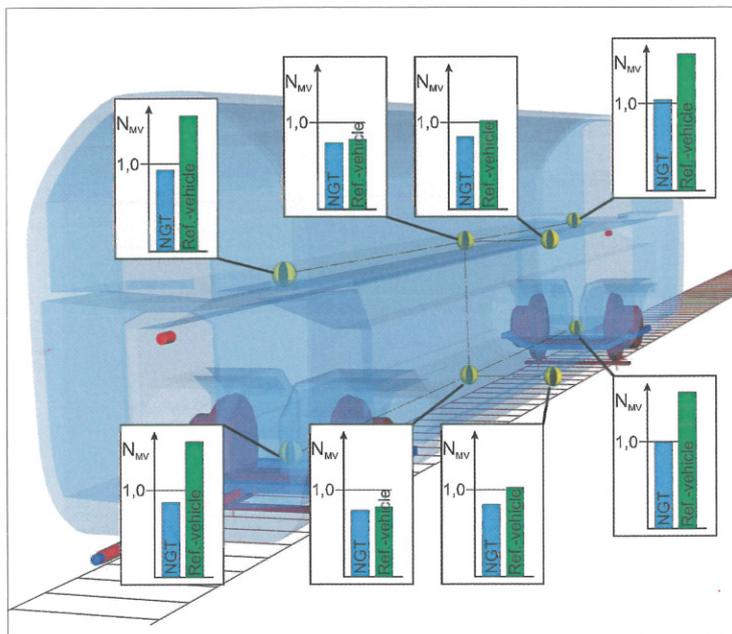
Fahrgastfluss heute in Rot und mit dem neuen Konzept in Blau

aussagekräftig für den Schienenverkehr erwiesen. Zusätzlich wurde als Widerstandsfaktor die Reisezeit ausgedrückt durch Entfernung zwischen den Städten und durchschnittlicher Reisegeschwindigkeit implementiert.

Zwar kann das Gravitationsmodell die individuellen Merkmale einzelner Relationen nicht abbilden, jedoch liefert es Anhaltspunkte über die Auswirkungen einer Geschwindigkeitserhöhung und über besonders stark frequentierte Relationen. Insgesamt lässt sich feststellen, dass ein Anstieg der Durchschnittsgeschwindigkeiten zu überproportionalem Wachstum der Reisendenzahlen führt und damit zu einer Verbesserung der Auslastung von Hochgeschwindigkeitszügen. Um die Reisezeiten im Einzugsgebiet einer Hochgeschwindigkeitsstrecke signifikant zu senken, muss ein schneller Zubringerverkehr zu Umsteigebahnhöfen angeboten werden [2].

Die zur Bewertung der Strecken durchgeführte Abschätzung der Betriebskosten berücksichtigt die wichtigsten Parameter für die Wirtschaftlichkeit einer Strecke. Im europäischen Kontext muss für weitere Untersuchungen die Einbeziehung bzw. Anpassung des Bestandsnetzes analysiert werden, da dieses sowohl die Kosten für die Infrastruktur als auch die möglichen fahrbaren Durchschnittsgeschwindigkeiten für den NGT maßgeblich beeinflusst.

Als europäische Referenzstrecke für die beschriebenen Untersuchungen wurde die europäische Magistrale von Paris über Stuttgart und München nach Wien gewählt [6]. Damit ist eine mehr als 1.000 Kilometer lange Strecke analysiert worden, die



Vergleich der Komfortzahlen des NGT (blau) mit dem Referenzfahrzeug (grün)

europäische Großstädte miteinander verknüpft und die eine umweltfreundliche Alternative zur Flugverbindung darstellt.

Für drei Infrastrukturszenarien mit verschiedenem Umfang des Streckenneubaus sind Angebotskonzepte entwickelt worden, deren Ergebnis die Anzahl der Fahrgäste, Verkehrsleistung, Fahrzeugbedarf und schließlich ein ausgearbeiteter Fahrplan ist. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Triebwagenzugkonzept NGT bei 6 Zwischenhalten in der Lage ist, eine dem Direktflug (2 Stunden 45 Minuten mit Check-in) gleichwertige Reisezeit von 3 Stunden 47 Minuten zu bieten. Selbst wenn nur die bereits beschlossenen Bauvorhaben durchgeführt sind, wäre der NGT mit 5 Stunden 47 Minuten noch 6,5 Stunden schneller als die heutigen Verbindungen.

Bequem Reisen

Der sitzplatzbezogene Energieverbrauch des NGT soll möglichst niedrig sein und bedingt durch die Infrastrukturgrenzen einen doppelstöckigen Triebwagenzug mit 20 Meter langen Mittelwagen. Ein 202 Meter langer Halbzug des NGT besteht aus zwei Endwagen und 8 Mittelwagen. Auf der unteren Wagenebene wird der Durchgang mittels angetriebener, lenkbarer Einzelrad-Einzelfahrwerke ermöglicht.

Um kurze Reisezeiten zu erreichen, muss der Fahrgastwechsel, der typischerweise bei etwa 50 Prozent liegt, ebenfalls in möglichst kurzer Zeit erfolgen [7]. Durch eine Fahrgastfluss-Analyse [2] werden das Türkonzept und die Inneneinrichtung der Mittelwagen festgelegt. Die Fahrgäste können auf beiden Ebenen ein- und aussteigen. Das doppelstöckige Fahrzeug mit durchgängigen Ebenen ohne Treppen bietet rund 800 Fahrgästen reservierte Sitzplätze. Davon sitzen etwa 40 Prozent in der 1. Klasse. Es gibt keine Stehplätze. Ein Mittelwagen in der Mitte des Halbzuges führt oben ein Restaurant sowie unten Abteile für „Mutter und Kind“ und Personen mit eingeschränkter Mobilität. Hier befindet sich auch der geräumige Fahrstuhl zum Wechseln der Ebenen.

Die Mittelwagen sind um die Hochachse symmetrisch aufgebaut, so dass eine umgekehrte Reihung nicht vorkommen kann. Lediglich die elektronischen Anzeigen der Sitzplatz-Reservierungen und Wagennummern werden durch den Bordcomputer angepasst.

Am Bahnsteig befindet sich ein LED-Lichtband, das den Zugstandort in Rot und die Türen der unteren Ebene in Grün mit Wagennummer anzeigt. Der Zugang zu den oberen Türen kann beispielweise über eine zweite Bahnsteigebene mit Zugangsrampen erfolgen, die durch die Wagennummer gekennzeichnet sind. Bahnhofseitig ist die 1. Klasse-Lounge angebunden. Welche Lösung favorisiert wird, lässt sich noch nicht sagen, weil die Architekten im Projektablauf nun gerade erst beginnen.

Bei den ersten Doppelstockwaggon der Lübeck-Büchener-Eisenbahn wurde den Fahrgästen das Reisegepäck von einem Steward abgenommen. Dieser Lösungsansatz wäre für die Vielzahl der Fahrgäste des NGT sicher nicht übertragbar. Deshalb geben die Fahrgäste ihr Reisegepäck im Parkhaus oder im Eingangsbereich des Bahnhofes auf. Sie können sich dann unbeschwert im Bahnhof aufhalten oder zu ihrem Zug gehen [8]. Das Reisegepäck der Fahrgäste wird automatisch zum Zug befördert und im Endwagen durch eine Gepäckanlage gehandhabt. Dabei wird das Gepäck erst an Bord so sortiert, dass das Gepäck des nächsten Haltebahnhofes zum Entladen bereitsteht. Dort wird es den Fahrgästen wieder ausgegeben oder beispielsweise im Flughafen weiterbefördert. Prinzipiell könnten über die Gepäckanlage natürlich auch eilige Pakete und Päckchen befördert werden, womit der Gepäckwagen eines Reisezuges wieder eingeführt wäre.

Nur mit dem Handgepäck und ihren Einkäufen gehen die Fahrgäste zum Bahnsteig. Dieser ist neben Wagennummer und Sitzplatz auf der Fahrkarte angegeben, die unabhängig von Papier- oder Elektronikform auch Gepäck- und Platzkarte ist. Auf dem Bahnsteig warten die Fahrgäste in den gekennzeichneten Türbereichen mit optimalem Zugang zu ihrem Sitzplatz.

Nach dem Einfahren des NGT öffnen zuerst die Türen auf der gegenüberliegenden Seite, um die Fahrgäste aussteigen zu lassen. Wenige Sekunden später öffnen die Einstiegstüren und alle Fahrgäste bewegen sich in einer Richtung durch den Mittelwagen. Auf beiden Ebenen allerdings gegenläufig, um zu verhindern, dass zwei Türen eines Mittelwagens übereinanderliegen. Dies wäre sowohl für die Struktur des Wagenkastens wie für den Betrieb ungünstig.

Das Handgepäck verstauen die Fahrgäste hinter Ihren Füßen unter dem Sitz. Kleidungsstücke finden in einer schmalen Ablage oberhalb der Fenster Platz. Weitere, mit der Fahrkarte abschließbare Fächer befinden sich im Bereich der Wagenübergänge. Die obere Ebene verfügt statt der Ablagen über Seitenfächer unter dem Fenster. Die Fensterstreben ergeben sich aus der Wagenkastenstruktur fachwerkartig, so dass an keinem Platz die Sicht nach draußen versperrt ist.

Angenehm Reisen

Der herausragende Fahrgastkomfort des NGT wird einerseits durch den einfachen Sitzplatzzugang, die verbesserte Fahrgastinformation sowie ein autonomes Reisegepäcksystem und

andererseits durch geringe Geräusche und Vibrationen, druckdichte Wagen und Übergänge sowie eine deutlich verbesserte Klimatisierung erreicht.

Der Vergleich der Komfortzahlen für den ersten NGT Mittelwagen mit dem Referenzfahrzeug ICE 3 an verschiedenen Sitzpositionen ergibt für die Fahrdynamik nach EN 12299:2009 ein „sehr komfortabel“. Der Fahrgastkomfort des NGT ist also um etwa 25 Prozent verbessert [2].

Zur realistischen Untersuchung der Klimatisierung und des Geräuscheintrages in einen Wagenkasten hat das DLR einen Talent 2-Steuerwagen von Bombardier Transportation gekauft. Zusätzlich wird zurzeit ein „Normraum“ gebaut, der einem 12 Meter langen Segment des NGT-Mittelwagens entspricht. Dieses generische Labor erlaubt es, einerseits Klimaanlage für die Schienenfahrzeughersteller, Fahrzeugbetreiber und deren Lieferanten neutral zu untersuchen und zu qualifizieren sowie andererseits innovative Heizungs-, Ventilations- und Lüftungskonzepte (HVAC) zu entwickeln. Die Messausrüstung und einen größere Anzahl von messtechnisch anspruchsvollen Wärmepuppen sind aus ähnlichen Versuchsaufbauten für Passagierflugzeuge vorhanden.

Als Elemente zur Erzeugung eines Wohlfühlklimas für den Fahrgast wird derzeit nicht nur die klassenbezogene Gestaltung des Interieurs für eine individuelles „wohnen auf Zeit“ von den Designern untersucht, sondern von den DLR-Leichtbauern auch über neue Materialaufbauten nachgedacht, in die beispielsweise eine Infrarot-Heizung integriert werden kann. Diese Untersuchungen werden auch von DLR-Medizinern begleitet.

Die Raumfahrtmediziner des DLR kümmern sich um die Druckschwankungen, denen die Fahrgäste bei Tunneldurchfahrten und Zugbegegnungen ausgesetzt sind. Es wurden Feldversuche mit dem ICE 3 durchgeführt, die Messungen zu Luftdruck, Schalldruckpegel, Geräuschen, Vibration und Klima enthielten. Diese Messschriebe können nun wiederholt in der Barokammer des DLR abgespielt werden, um an Probanden systematisch beispielsweise Drucksprünge zu untersuchen. Aus diesen Untersuchungen ist bekannt, welche Druckschwankungen für den Fahrgast akzeptabel sind. Die Wagenübergänge sind speziell konstruiert worden und werden mit Herstellern partnerschaftlich weiterentwickelt.

Aus den Untersuchungen geht auch hervor, welche Geräusche die Fahrgäste besonders stören. Insbesondere die Innenkonstruktion des NGT berücksichtigt diese Ergebnisse. Sollten trotz aller Geräuschvermeidung an der Quelle für den Fahrgast störende Geräusche übrig bleiben, werden aktive Maßnahmen zur Lärm- und Schwingungsreduktion vorgesehen. Ziel ist es, die passiven Maßnahmen der Schalldämmung in der Wagenkastenstruktur so zu unterstützen, dass bei gleichem Schalldämmmaß insgesamt leichter gebaut werden kann.

Das Projekt läuft noch bis Ende 2013. Daher sind insbesondere diese Arbeiten noch nicht abgeschlossen.

Der Bahnbetreiber hat Chancen

Dieser Beitrag gibt einen fokussierten Überblick über die Aspekte des Forschungsprojektes NGT, die in besonderem Maße für



NGT auf der InnoTrans 2012

den Fahrgast interessant sind. Das Augenmerk liegt darauf, die Attraktivität des Verkehrsträgers Bahn so zu steigern, dass die unstrittig bestehende Umweltverträglichkeit weiter ausgebaut werden kann. Die Projektergebnisse werden der Bahnindustrie mit deutschem Produktionsstandort durch Kooperation schon während der Projektlaufzeit zur Verfügung gestellt. Das DLR wird keine Schienenfahrzeuge bauen.

Durch die bisherigen Arbeiten haben sich viele offene Fragestellungen ergeben, die in der angestrebten Projektverlängerung mit erweiterter Forschungskapazität von 2014 bis 2018 bearbeitet werden. Darüber hinaus gibt es bereits jetzt viele Begleitprojekte, die die Arbeiten maßgeblich unterstützen. ■

Quellen

- [1] Winter, J.: Next Generation Train – Zug der Zukunft, Bahn Fachverlag GmbH, Deine Bahn 9/2012, S. 11 – 14
- [2] Winter, J. (Editor): NGT – Next Generation Train, Rail Technology Review Special, DVV Media Group| Eurailpress, 2011
- [3] Winter, J.: Novel Rail Vehicle Concepts for a High Speed Train: The Next Generation Train, Paper 22, Proceedings of the First International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance (Buch und CD-ROM), Las Palmas de Gran Canaria, Spanien, 18. – 20. April 2012
- [4] EC – European Commission: White Paper, Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Brüssel, April 2011
- [5] NEA Transport Research and Training BV: TEN-STAC: Scenarios, Traffic Forecasts and Analysis of Corridors on the Trans-European network, A project funded by the European Community, 2004
- [6] N.N.: Jetzt doch mit dem Schnellzug über Ulm nach Wien, Neu-Ulmer Zeitung Nr. 184, 10. August 2012, S. 29
- [7] Tuna, D.: Fahrgastwechselzeit im Personenverkehr, ETR Austria, 12/2008, S. 850-852
- [8] Rüger, B.; Graf, H.-C.; Stadlmann, B.: Gepäckaufbewahrung am Bahnhof – Bedürfnisse der Reisenden, ETR Austria, 6/2012, S. 67-71