

Quelle: DLR

Visualisierte Koptwelle des ICE 3 im Tunnel-Windkanal des DLR

## Angewandte Forschung für Schienenfahrzeuge

# Next Generation Train – 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



Allgemein bekannt ist, dass das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. auf den Gebieten Raumfahrt und Luftfahrt forscht und entwickelt. Weniger bekannt ist, dass das DLR seit etwa zehn Jahren auch auf den Gebieten Energie und Verkehr und neuerdings Sicherheit angewandt forscht. Die Verkehrsforscher kümmern sich neben dem Straßenverkehr verstärkt um einen modernen Schienenverkehr. Im Forschungsprojekt Next Generation Train nutzen Forscher aus neun DLR-Instituten einen interdisziplinären Ansatz, um die Schlüsselfragen zu klären, die sich bei einem zukünftigen Schienenfahrzeug ergeben, das sicher, komfortabel, umweltfreundlich und mit signifikant reduzierten Reisezeiten ausgelegt werden soll. Das Projekt begann im Jahre 2007 und ist bis Ende 2013 unter Aufsicht der Helmholtz-Gemeinschaft finanziert.

Die Anforderungen an die Hersteller von Schienenfahrzeugen haben sich mit dem Übergang von einem Projekt- zu einem Produktgeschäft massiv gewandelt: Wurde früher eine Baureihe über mehrere Jahre nahezu unverändert produziert, so kann sich heute meist derjenige Hersteller am Markt durchsetzen, der ein maßgeschneidertes und somit auch effizientes und Ressourcen schonendes Produkt anbieten und in kürzester Zeit liefern kann.

Dies erfordert neue Strategien, Entwicklungsmethoden und ganzheitliche Ansätze, um den Kunden – zum einen den Bahnbetreibern, aber zum anderen auch den Bahnreisenden – ein optimales Schienenfahrzeugkonzept anbieten zu können. Wesentliche Treiber dieser Entwicklung sind:

- steigende Energiekosten,
- zunehmende Bedeutung der Lebenszykluskosten eines Fahrzeugs gegenüber den Anschaffungskosten,
- hohe Anforderungen an die Sicherheit zukünftiger Fahrzeuge,
- Konkurrenz zu anderen Verkehrsträgern,
- steigende Ansprüche der Fahrgäste an den Komfort der Fahrzeuge.

Bei der Bearbeitung dieser Themen entsteht für das Projekt Next Generation Train (NGT) ein Mehrwert vor allem durch den ganzheitlichen Ansatz und das hohe Synergie-Potenzial im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR). Die gute Vernetzung ermöglicht eine integrierte Bearbeitung von der Konzeption und Werkstoffqualifizierung über die Auslegung, Konstruktion und Simulation bis hin zur Verifikation anhand produktnaher Bauteile. Arbeitsgruppen intensivieren die übergreifenden systemtechnischen Aspekte. Das Projekt bündelt damit die vorhandenen Kompetenzen des DLR auf dem Gebiet des Schienenfahrzeugbaus entlang der gesamten Forschungswertschöpfungskette und richtet sie anhand sichtbarer Forschungsprodukte aus (zu sehen auf der InnoTrans 2012, Halle 4.2, Stand 215).

Bisher waren die Forschungsarbeiten auf folgende Personenzüge konzentriert:

- Hochgeschwindigkeits-Zubringer-Triebwagenzug 230 Kilometer pro Stunde (km/h), NGT LINK,
- Ultra-HGV-Triebwagenzug 400 km/h, NGT HGV.

### Fahrzeugkonzept

Für die Konzeption des Next Generation Train Hochgeschwindigkeitsverkehr (NGT HGV) stehen, neben anderen wichtigen Anforderungen, acht übergeordnete und besonders herauszuhebende Ziele im Vordergrund:

- Erhöhung der zugelassenen Geschwindigkeit auf 400 km/h,
- Halbierung des spezifischen Energieverbrauchs gegenüber dem ICE 3 bei 300 km/h,
- Reduktion der Fahrgeräusche und des aerodynamischen Lärms,
- Fahrgastkomfortsteigerung hinsichtlich Lärm, Luftdruckschwankungen, Vibrationen, Klima,
- Verbesserung der Fahrsicherheit,
- Verringerung des Verschleißes und der Lebenszykluskosten,
- kosteneffiziente Bauweisen durch Modularisierung und Systemintegration,
- Effizienzsteigerung von Entwicklungs- und Zulassungsprozessen.

Basierend auf dieser Ausgangssituation müssen alle technologischen Möglichkeiten für das Fahrzeugkonzept berücksichtigt werden. Insbesondere führt die Analyse hinsichtlich der maximalen Fahrgastkapazität, der energiereduzierenden Maßnahmen, wie verbesserte Aerodynamik, Fahrdynamik oder Leichtbau, und weitere unterschiedliche Vor- und Nachteile der Konzepte zur Auswahl des Einzelwagenprinzips. Hierbei rollen die wegen der größeren Waggonbreite nur 20 Meter (m) langen Einzelwagen (17 m „Drehzapfenabstand“) auf verschleißarmen mechatronischen Einzelrad-Einzelfahrwerken.

Die Optimierung des Schienenfahrzeugkonzeptes bezüglich des Energieverbrauches pro Sitzplatz ergibt zudem ein doppelstöckiges Fahrzeug mit durchgängigen Ebenen ohne Treppen, das rund 800 Fahrgästen Platz bietet, davon etwa 40 Prozent in der 1. Klasse einschließlich Restaurant sowie Abteilen für „Mutter und Kind“ und Personen mit eingeschränkter Mobilität. Es wird dabei so viel Funktionalität wie möglich in die Wagenkastenstruktur integriert, um das durch den Lichtraum G2 begrenzte Innenraumvolumen bestmöglich auszunutzen. Zur Erreichung geringer Fahrgastwechselzeiten werden das Türkonzept und die Inneneinrichtung der Waggons durch eine Fahrgastfluss-Analyse festgelegt. Die Fahrgäste können auf beiden Ebenen ein- und aussteigen. Das Gepäck der Fahrgäste wird separat im Endwagen durch eine Gepäckanlage gehandhabt. Aus acht Mittelwagen und zwei Endwagen wird ein 202 m langer Triebwagenzug mechanisch gekuppelt.

Die Kopfwelle des Zuges kann durch einen großen Schlankheitsgrad des Kopfes reduziert werden. Für den NGT wird ein mittlerer Schlankheitsgrad angesetzt, weil zukünftig Tunnel auf Höchst- und Ultrahochgeschwindigkeitsstrecken zwar einröhrig, aber mit einem Einlaufrichter zur kontinuierlichen Luftverdrängung gebaut werden. Die Seitenwindanfälligkeit des leichten Endwagens und des meist noch leichteren anschließenden Mittelwagens werden durch aktive Steuerelemente reduziert.

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 m langen Segment des NGT-Mittelwagens entspricht. Dieses generische Labor erlaubt es, einerseits Klimaanlagen für die Schienenfahrzeughersteller und deren Lieferanten zu untersuchen und zu qualifizieren sowie andererseits innovative Heizungs-, Ventilations- und Lüftungskonzepte (HVAC) zu entwickeln.

Einen entscheidenden Beitrag zu den technischen Leistungsparametern, zum Energiebedarf und damit zur Umweltverträglichkeit eines jeden Schienenfahrzeuges definieren das Antriebs- und das Bremskonzept. Die Energieversorgung ist zukunftsweisend als im Fahrweg integriert angesetzt, wodurch die wartungsintensive Oberleitung entfällt. Das Antriebskonzept sieht eine über die Zuglänge verteilte berührungslose induktive Stromaufnahme vor. Auf der Fahrzeugseite entfällt daher der geräuschvolle, stark verschleißende Stromabnehmer. Jeder Endwagen des Zuges erzeugt etwa 25 Prozent der Antriebsleistung von 18 Megawatt, der Rest wird durch rad-nahe Motoren der 32 Einzelrad-Einzelfahrwerke erbracht. Die Beschleunigung ist dadurch überdurchschnittlich gut. Der NGT HGV ist fahrplanmäßig bis zu 400 km/h schnell und wird für 440 km/h zugelassen.



Quelle: IDS Hamburg/DLR  
 Design des Next Generation Train

Die betriebliche Flexibilität wird durch die Möglichkeit gesteigert, dynamisch zu flügeln. Über eine elektronische Kupplung können mehrere Züge auch während der Fahrt gekuppelt und entkuppelt werden. Die Fahrkommandos des Triebfahrzeugführers werden über den Datenfunk des Zugverbandes regelungstechnisch so vorgesteuert, dass das schwächste Glied des Verbandes maßgebend für die Längsdynamik ist. Die Fragen zur Zugsicherung und den aerodynamischen Kräften zwischen den Teilzügen sind derzeit in Bearbeitung.

## Lebenszykluskosten

Zur Analyse und Weiterentwicklung innovativer Technologien für zukünftige Schienenfahrzeuge wird im NGT-Projekt auch deren techno-ökonomisches Potenzial bewertet. Für den wichtigen Indikator der Kostensituation wurde ein Lebenszykluskosten (LCC)-Modell entwickelt. Es soll einerseits zur eigenen Kostenkontrolle der Lösungsvorschläge dienen und monetäre Zielgrößen für NGT-Technologien definieren, andererseits wird ein Vergleich mit anderen Schienenfahrzeugkonzepten ermöglicht. So können Kostentreiber auch beim Fahrzeugbetrieb und bei der Infrastruktur identifiziert werden.

Mit dem LCC-Modell wurde die Aufteilung der Kosten des Referenzfahrzeugs ICE 3 auf einzelne Kostenblöcke untersucht. Auf diese Weise wurden Kostentreiber ermittelt: Die Betriebskosten teilen sich in 70 Prozent variable und 30 Prozent fixe auf. Die variablen Betriebskosten setzen sich aus den Kosten für Personal (34 Prozent), für Energie (25 Prozent) und für Instandhaltung

(26 Prozent) zusammen. Bei der Instandhaltung wurden die Fahrwerke als Kostentreiber identifiziert.

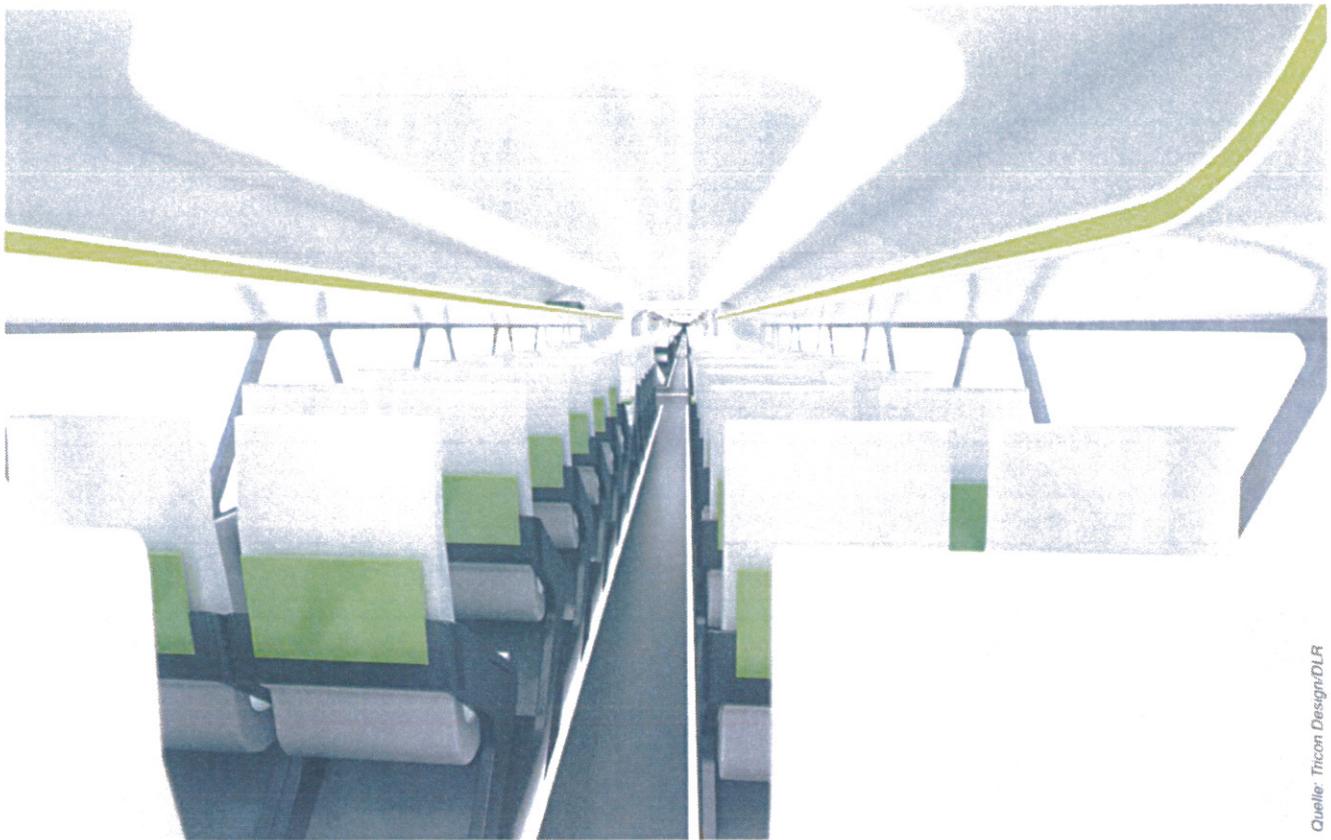
## Kürzere Reisezeiten

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

Als Referenzstrecke wurde die Verbindung von Paris über Stuttgart und München nach Wien gewählt. Damit ist eine mehr als 1.000 Kilometer lange Strecke analysiert worden, die europäische Großstädte miteinander verknüpft und eine umweltfreundliche Alternative zur Flugverbindung darstellt. Aktuell ist diese Streckenführung als „Europäische Magistrale“ bis Bratislava bestätigt worden.

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 Untersuchung hat gezeigt, dass das Triebzugkonzept NGT HGV in der Lage ist, eine dem Flug gleichwertige Reisezeit zu bieten.

Der NGT HGV kann so große Fahrgastzahlen wie ein Airbus A 380 befördern. Dabei bietet er zwischen Großstädten kürzere Reisezeiten als viele Kurz- und Mittelstreckenflüge. Deshalb



Quelle: Tricon Design/DLR

*Innendesign der 2. Klasse im Unterdeck des Next Generation Train*

werden Flugpassagiere zur Bahnfahrt wechseln. Hierfür gibt es genügend Beispiele (Madrid – Barcelona). Um aber sein volles Potenzial ausschöpfen zu können, benötigt der NGT HGV eine moderne fahrgastfreundliche Infrastruktur.

Die Überlegungen der EU zum Transeuropäischen Netzwerk (TEN) für das Jahr 2020 zeigen, dass die meisten der genauer untersuchten Relationen bereits über eine direkte Verbindung zwischen den Großstädten verfügen. Ein Vergleich mit den Untersuchungen für das TEN zeigt, dass das dort abgeschätzte Fahrgastaufkommen mit den DLR-Berechnungen übereinstimmt.

Kürzere Reisezeiten führen zu überproportionalem Wachstum der Fahrgastzahlen und damit zu einer besseren Auslastung von Hochgeschwindigkeitsstrecken. Um die Reisezeiten im Einzugsgebiet einer Hochgeschwindigkeitsstrecke signifikant zu senken, muss ein schneller Zubringerverkehr zu Umsteigebahnhöfen erfolgen. Seit 2010 werden deshalb die wissenschaftlichen Ergebnisse auf die Entwicklung des Zubringer-Triebwagens NGT LINK übertragen. Dieser innovative, hybrid-elektrische doppelstöckige Triebwagenszug hat mit 17 m langen Wagenkästen eine Gesamtlänge von 120 m, die 480 Sitzplätze und 365 Stehplätze anbietet. Als Referenzstrecke wurde Stuttgart – Ulm – Oberstdorf gewählt.

## **Ausblick**

Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über ein sehr umfangreiches Forschungsprojekt zur Entwicklung von zukünftigen

Hochgeschwindigkeitszügen. 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. Dann werden die erzielten Ergebnisse auch auf Hochgeschwindigkeits-Güterzüge übertragen. ■

## **Literatur**

- Winter, J. (Editor): NGT – Next Generation Train. Rail Technology Review Special, DVV Media Group| Eurailpress, 2011
- Winter, J.; Granzeier, W.: Neuartiges Hochgeschwindigkeitszugkonzept für die übernächste Generation – Next Generation Train (NGT), 12. Internationale Schienenfahrzeugtagung, Plenarvortrag, Dresden, 23. – 25. Februar 2011
- Winter, J.: Next Generation Train – Entwicklung eines Hochgeschwindigkeitszuges für die übernächste Generation, EI – Eisenbahningenieur, 63. Jahrgang, April 2012, S. 32 – 36
- 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
- N.N.: Jetzt doch mit dem Schnellzug über Ulm nach Wien. Neu-Ulmer Zeitung Nr. 184, 10. August 2012, S. 29