

Next Generation Train – 20 Jahre Forschung für die Eisenbahn

Das Projekt „Next Generation Train – NGT“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) erarbeitet seit 12 Jahren systemisch Schienenfahrzeugkonzepte für den Personen- und Güterfernverkehr mit kurzen Reise- bzw. Transportzeiten. Die Anbindung an die anderen Verkehrsträger ist dabei unerlässlich. Deshalb wurden Zubringerverkehre und der Knotenbahnhof mit einbezogen. In den Jahren bis 2027 liegt der Fokus auf der Anbindung urbaner Räume.



1. Einleitung

Die Eisenbahn galt nach 1835 über rund 100 Jahre als das fortschrittlichste Verkehrsmittel. Es wurden Städteverbindungen errichtet, die anschließend schnell zu einem engmaschigen Schienennetz ausgebaut wurden. Dem Personenverkehr bot die Eisenbahn im Vergleich zur Postkutsche ein komfortables Reisen bei kurzen Reisezeiten. Anfängliche Bedenken gegen die neue Technik wurden schnell überwunden. Das Ansehen dieses neuen Verkehrsmittels war in der Bevölkerung so groß, dass die stadtnahen Bahnhöfe architektonisch und städtebaulich als prächtige Eingangstore der Stadt ausgestaltet wurden.

Die Industrialisierung bedeutete auch einen vermehrten Gütertransport. Insbesondere für den Transport von Massengütern war und ist der Eisenbahntransport wegen der hier möglichen hohen Achslasten und des geringen Rollwiderstandes das energetisch effizienteste Landtransportmittel. Damit war die Eisenbahn über lange Zeit auch militärisch von größter Bedeutung.

Technische Neuerungen wurden zügig eingeführt. Erfolgte der Schienenverkehr anfangs noch ausschließlich mit dampfbetriebenen Lokomotiven, so wurden ab etwa 1900 die ersten Akkumulator-Triebwagen eingesetzt. Schon 10 Jahre später wurden für den Fernverkehr Fahrdrähte für Elektrolokomotiven montiert und erste Strecken in Betrieb genommen. In den 1930er Jahren folgten dann Diesel-Triebwagen. Andere Lösungen, wie der mit einem Flugmotor angetriebene Schienenzeppelin (1930),

Das DLR erforscht im Projekt NGT [1] nun seit 12 Jahren systemisch holistische Konzepte und neuartige technologische Lösungen, um den Beitrag der Eisenbahn mit modernen Schienenfahrzeugen aus Europa zu unterstützen.



konnten sich nicht durchsetzen. Viele der Neuerungen zielten auf höhere Geschwindigkeiten ab, weshalb der Vorläufer des DLR schon mit der Erforschung von aerodynamischen Windleitblechen und Verkleidungen der Dampflokomotiven befasst war.

Der Bruch der Erfolgsgeschichte der Eisenbahn kündigte sich ab etwa Mitte der 1930er Jahre mit der Einführung des Kraftfahrzeuges für breite Bevölkerungsschichten und dem damit verbundenen massiven Straßenbau an. Der Bau von speziellen Autobahnen verkürzte die Fahrzeiten von Kraftfahrzeugen auf Fernverbindungen erheblich. Hinzu kam nach dem Zweiten Weltkrieg noch der technisch nun mögliche Langstrecken-Flugverkehr, so dass die Eisenbahn in ein starkes Konkurrenzverhältnis zwischen Kraftfahrzeugen/Lastwa-



Dr.-Ing. Joachim Winter

Seit 2008 Projektleiter „Next Generation Train“ am Institut für Fahrzeugkonzepte des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) in Stuttgart. 2013 durch den Vorstand zum Seniorwissenschaftler ernannt.
joachim.winter@dlr.de

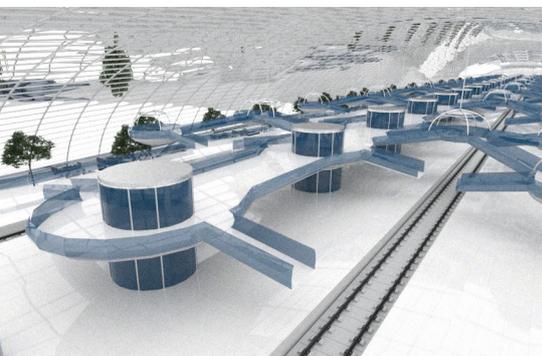
gen bei Entfernungen bis ca. 800 km und Flugzeugen ab 800 km bis 8000 km geriet.

Das Ansehen der Eisenbahn in Westeuropa schwand wegen des veralteten Rollmaterials und der vernachlässigten Infrastruktur gegenüber einer wachsenden individuellen Mobilität durch Kraftfahrzeuge, aber auch erschwingliche motorisierte Zweiräder. Die Städteplanung unterstützte diesen Trend durch den Umbau in autogerechte Städte.

Erst das Umdenken, insbesondere jüngerer Menschen, zugunsten von internationalen Klimazielen und einer Reurbanisierung ermöglicht, den drohenden Verkehrsinfarkt zu vermeiden. Die Herausforderung ist, in Zukunft mehr Mobilität mit weniger Verkehr zu erreichen. Alle Verkehrsträger sind aufgefordert, hierzu ihren Beitrag zu leisten. Das DLR erforscht im Projekt NGT [1] nun seit 12 Jahren systemisch holistische Konzepte und neuartige technologische Lösungen, um den Beitrag der Eisenbahn mit modernen Schienenfahrzeugen aus Europa zu unterstützen. Die mit der Finanzierung durch das Bun-



1: Ultra-Hochgeschwindigkeitspersonenzug NGT HST



2: Knotenbahnhof NGT HST

desministerium für Wirtschaft und Energie der Bundesrepublik Deutschland erzielten Ergebnisse wurden und werden schon während der Projektlaufzeit für innovative

Produktentwicklungen der Bahnindustrie zur Verfügung gestellt.

2. Personenfernverkehr

Jedes Verkehrsmittel ist wenig energieeffizient, wenn es leer fährt. Deshalb hat das NGT-Projekt für den Personenfernverkehr die Zielsetzung, eine Steigerung der Attraktivität des umweltfreundlichen und sicheren Schienenverkehrs durch kurze Reisezeiten bei gehobenem Fahrgastkomfort trotz deutlich höherer Fahrgastzahlen zu erreichen. Die Betrachtung der Reisezeit führt zwangsläufig zur Berücksichtigung der gesamten Logistikkette einer Reise von Haustür zu Haustür.

Der 202 m lange, doppelstöckige, elektrische Triebwagen-Halbzug NGT HST (Bild 1) erreicht eine absolute Höchstge-

windigkeit von 460 km/h und bremst betrieblich mit dem eigenen Fahrwiderstand sowie der Nutzbremse. Der NGT HST ist aerodynamisch ausgelegt mit super-elliptischem Übergang des Fahrzeugkopfes in den Dachbereich, verkleideten Fahrwerken und Wagenübergängen sowie glattem Unterboden. Die Stromabnehmer entfallen wegen induktiver Energieübertragung. Jedoch gibt es einen versenkbaren Teleskopstromabnehmer für das Bestandsnetz. Daraus ergibt sich ein so guter Fahrwiderstandswert, dass der NGT HST den spezifischen Energiebedarf des ICE-3 bei 300 km/h mehr als halbiert und sehr geräuscharm ist. Die 32 mechatronischen Einzelräder der Einzelfahrwerke und der 4 Doppelfahrwerke erfordern eine anspruchsvolle Regelung des Gesamtsystems. Theoretische Untersuchungen zeigen, dass im Vergleich zur konventionellen Drehgestell-Bauweise die Fahrdynamik verbessert und insbesondere der Verschleiß deutlich reduziert werden kann.

Der Tunneleintritt bei voller Geschwindigkeit bedingt einen Triebwagenzugkopf mit mittlerem Schlankheitsgrad, weil davon ausgegangen werden kann, dass zukünftige Tunnelportale der eingleisigen Tunnel so ausgeführt werden, dass die Druckverhältnisse Hochgeschwindigkeit zulassen. Die Seitenwindstabilität ist insbesondere am ersten Mittelwagen kritisch, weil dieser wegen kleinerer Antriebskomponenten leichter als der Triebwagenzugkopf ist. Es wurden erfolgreich eine Wirbelstrombremse mit dynamischem Feld und adaptive Steuerflächen zur Seitenwindstabilisierung auf ihre Wirksamkeit und den Fahrwiderstand untersucht.

Der NGT HST besitzt zwei Ebenen mit rund 800 reservierbaren Sitzplätzen, die auch für mobilitätseingeschränkte Personen ohne Treppen durchgängig benutzbar sind. Die Fahrgäste steigen auf beiden Ebenen gegenläufig ein und gegenüberliegend aus. Damit sind die Fahrgastströme getrennt und der übliche 50%-ige Fahrgastwechsel kann in 90 sec erfolgen, wenn das Gepäck vollautomatisch befördert wird. Im voll klimatisierten Fernbahnhofsteil eines Knotenbahnhofes gibt es daher beidseitig zwei Bahnsteigebenen [2]. Damit können an jedem Fernbahnsteig Zugfolgezeiten von unter 5 min erreicht werden. Der Knotenbahnhof ist vertikal organisiert und bietet dadurch mit kurzen Wegen die Anbindung an das Parkhaus oder die elektromotorischen Verkehrsträger der Smart City wie Stra-



3: Hochgeschwindigkeits-Zubringerpersonenzug NGT LINK

ßenbahnen, Busse, Car-Sharing-Fahrzeuge und Seilbahnen (siehe Bild 2).

Die verkürzten Reisezeiten sollen möglichst vielen Reisenden zu Gute kommen. Deshalb weist die NGT-Familie ein bis zu 230 km/h schnelles, 125 m langes doppelstöckiges Zubringerfahrzeug NGT LINK mit hybrider Antriebstechnik aus, das aus der Fläche die Fahrgäste zu den Knotenbahnhöfen der Schnellfahrstrecke bringt (siehe Bild 3). Dieses Fahrzeug ist in der Lage, sowohl unter Fahrdrabt als auch auf nicht-elektrifizierten Teilstrecken zu fahren [3].

Ein Vollzug des NGT LINK besteht aus drei Teilzügen. Der betriebliche Vorteil besteht darin, dass die Züge entsprechend der tageszeitlichen Auslastung gestärkt oder geschwächt werden können. Um das mechanische Kuppeln zu vermeiden, sollen die NGTs fernwirkend gekuppelt werden. Dazu muss ein Schienenfahrzeug in einen signaltechnisch gesicherten belegten Streckenabschnitt (Block) an ein bereits dort stehendes Fahrzeug heranfahren. Dies wird im Bahnhof derzeit durch ein Zusatzsignal ermöglicht. Die Teilzüge fahren dann regelungstechnisch gesichert aufgrund digitaler Vorausschau im relativen Bremsabstand hintereinander [4].

3. Güterfernverkehr

Es bot sich daher für das DLR an, die wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Ultra-hochgeschwindigkeits-Personenfernzug NGT HST und dem Hochgeschwindigkeits-Zubringer NGT LINK auf einen schnellen, leisen und mischverkehrsfähigen Güterfernzug NGT CARGO zu übertragen (Bild 4), um die Frachtdrehkreuze an Flug- und Seehäfen sowie neu zu bauende Umschlagbahnhöfe (Bild 5) zu verbinden. Vor allem die automatisierte Zugbildung, die autonome Bedienung von Ausweichanschlüssen (Awanst) sowie die Flexibilität des Ladekonzeptes sind für den schnellen unkomplizierten Umschlag und den Ausbau der Einzelwagenverkehre interessant. Dabei ist im Rahmen der Digitalisierung die bordseitige Datenerfassung und -verarbeitung sowie deren Stromversorgung zu ermöglichen.

Der NGT CARGO soll zur besseren Amortisation der Infrastrukturkosten auf denselben Hochgeschwindigkeitsstrecken verkehren, wie der NGT HST, entweder im Mischverkehr tagsüber oder im reinen Güterverkehr nachts. Das Antriebskonzept des NGT CARGO ermöglicht den

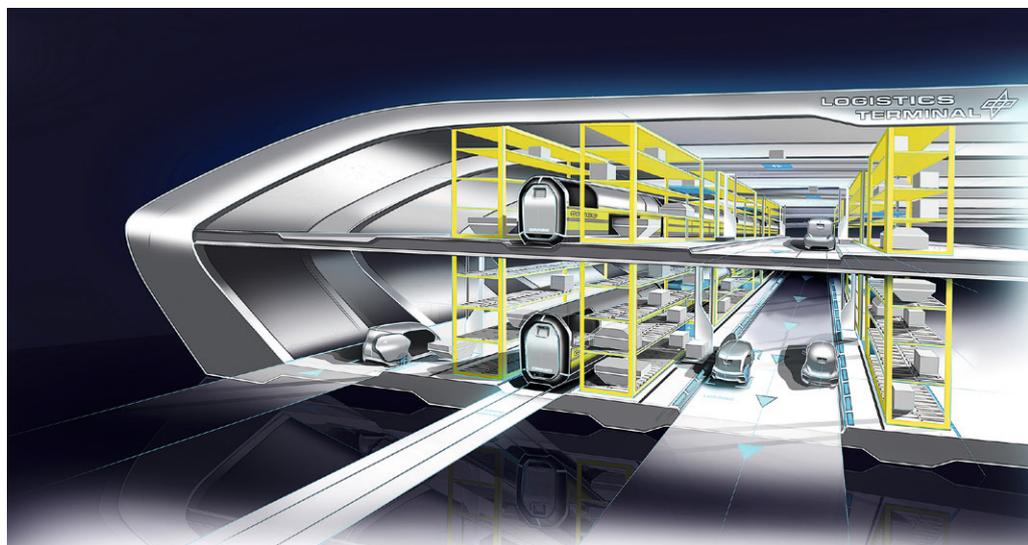


4: Ultra-Hochgeschwindigkeitsgüterzug NGT CARGO

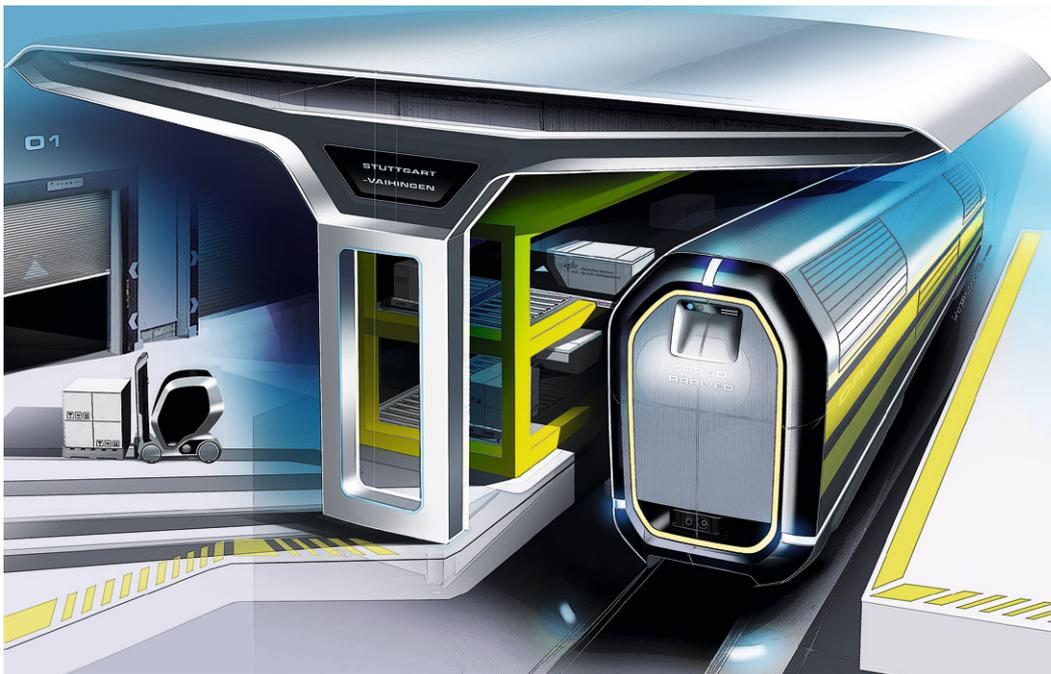
Betrieb auf elektrifizierten Strecken des Bestandsnetzes sowie auf fahrdrahtlosen Streckenabschnitten mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus. Eine Reichweiterehöhung durch die Energieversorgung des Zuges über Fahrdrabt oder induktive Energieübertragung ist möglich. Der Antrieb erfolgt durch radnahe Elektromotoren. Die Bremsprobe wird durch eine automatische Bremsprobe und die Meldung der Betriebsbereitschaft ersetzt.

Das Triebwagenzugkonzept des NGT CARGO [5] muss die Radsatzlasten von 17 Tonnen nach TSI HST einhalten. Um ein großes Transportvolumen doppelstöckig anbieten zu können, wird deshalb von vier Radsätzen pro Einzelwagen ausgegangen. Die fahrdynamische Auslegung der me-

chatronischen Einzelräder ist durch die durchgängige Verwendung von Doppelfahrwerken gegenüber Einzelfahrwerken deutlich anspruchsvoller. Die Seitenwindstabilität ist extrem vom Ladezustand abhängig und wird innovative Maßnahmen zur Stabilisierung erfordern. Die Einzelwagen werden als intelligente Güterwagen konzipiert und bilden die aerodynamische Hülle mit unterschiedlichen Beladekonzepten für verschiedenartige Transportgüter. Die Übergänge sind vollständig verkleidet. So weit möglich, hat der NGT CARGO die aerodynamischen Eigenschaften des NGT HST. Konzeptionell wird der NGT CARGO als sehr schwerer Triebwagenzug energiesparend automatisch gefahren.



5: Wagensgruppen im Umschlagbahnhof NGT CARGO



6: Einzelwagen in Awanst-Verlade-
station NGT CARGO

Der Streckendurchsatz wird ohne Infrastrukturmaßnahmen durch dynamisches Flügeln der Triebzüge zu mehrteiligen – auch gemischten – Zugverbänden erhöht. Dem Fahrregler des Führungsfahrzeuges eines Triebwagenzugverbandes ist eine Abstandsregelung der Nachfolger-Teilzüge unterlegt. Der schwerste Nachfolger mit der geringsten Bremskraft bestimmt den Bremsweg des Verbandes. Über die Rückspeisung der beim Bremsen gewandelten elektrischen Energie ist das Laden von mitgeführten Batterien der Einzelwagen möglich.

4. Personen- und Güternahverkehr

Das Projekt NGT hat in den Jahren 2007–2018 vorwiegend den Personen- und Güterfernverkehr fokussiert. Die bisherige Betrachtung multimodaler Transportketten lässt jedoch oft Systemlösungen für den Zu- und Ablauf der Fernstrecken offen. Deshalb soll in der Fortführung des Projektes NGT bis 2027 der Fokus auf die Anbindung an eine Großstadt und deren ländliche Umgebung gerichtet werden. Das Ziel ist, die Eisenbahntransporte über Knoten intermodal attraktiv anzubinden, um diese umweltfreundlich über möglichst weite Relationen intramodal durchführen zu können. Dazu müssen die Anbindungsverkehre und die Knoten mit automatisierten Straßenfahrzeugen und anderen Verkehrsträgern unterbrechungsfrei kooperieren können. Die Vernetzung der Verkehrsträger erfolgt über die Knoten, weshalb die syste-

mische Betrachtung kombinierter Bahnhöfe, der Knotenbahnhöfe, wichtig ist. Nur so kann die Eisenbahn im multimodalen Wettbewerb bei den Fahrgästen und Spediteuren bestehen.

Die urbane Mobilität wird durch innovative automatische/autonome Leicht-Schienenfahrzeuge unterstützt und gewährleistet (über den Bahnhof) die Anbindung der suburbanen Regionen. So wird die Wiederinbetriebnahme derzeit stillgelegter Strecken wirtschaftlich.

Die Güterfeinverteilung wird durch mehr betriebliche Flexibilität auf der letzten Meile umweltfreundlich abgewickelt. Der Verteilerverkehr, insbesondere im Paketdienst, soll innerstädtisch gebündelt ausgeführt werden. Das autonome Fahren (max. 25 km mit 25 km/h) eines batteriegestützten Einzelwagens oder einer Wagengruppe muss von der Zugtrennung bis hin zur Sicherung der Fahrzeuge und automatisierten Umschlagprozessen durch neuartige Lösungen ermöglicht werden (Bild 6). Beispielsweise soll die Zugtrennung über eine innovative Kupplung und eine entsprechend kooperativ arbeitende Weiche gelöst werden.

In beiden Nahverkehrs-Fällen muss eng mit den anderen Verkehrsträgern zusammengearbeitet werden, um die Schnittstellen für alle Verkehrsteilnehmer offen zu definieren. Dabei wirken die neuen Funkkommunikationssysteme unterstützend.

Die Digitalisierung ermöglicht, selbst bisher mechanische Komponenten wie

die Kupplung von Zugteilen nun fernwirkend auszuführen und damit signifikante betriebliche Vorteile ohne große Infrastrukturmaßnahmen zu realisieren. Um den Betrieb flexibler gestalten zu können, sollen die Teilzüge dynamisch flügeln können, also während der Fahrt fernwirkend kuppeln. Der Streckendurchsatz kann signifikant weiter erhöht werden, wenn mit Hilfe des dynamischen Flügelns von Teil- oder Vollzügen temporär mehrgliedrige Zugverbände gebildet und wieder aufgelöst werden können. Diese Zugverbände könnten prinzipiell auch aus verschiedenen Fahrzeugtypen gebildet werden.

Die Spezifikationen hierfür werden in den kommenden 3 Jahren international im EU-Projekt X2Rail-3 des Joint Undertaking (JU) Shift2Rail erarbeitet. Eine wichtige Voraussetzung, das Fahren im (relativen) Bremsabstand, wird ebenfalls dort bearbeitet. Insbesondere werden die Möglichkeiten der modernen Funkkommunikation als Ersatz für den Zugbus, die Zug-Zug- sowie die Zug-Strecke-Kommunikation untersucht.

Die umweltschutzbedingte Ablösung von Dieselfahrzeugen hat die Frage aufgeworfen, welches Hybrid-Antriebskonzept für welche nicht-elektrifizierte(n) Strecke(n) infrage kommt. Die Wiederinbetriebnahme stillgelegter Strecken und Gleisanschlüsse ist seit Kurzem zusätzlich in den gesellschaftlichen Fokus gerückt.

Ein wachsender Gesichtspunkt ist die Bordenergieversorgung, die bei Fahr-

zeugen des Fernverkehrs inzwischen die Größenordnung der Traktion eines Regionalfahrzeuges erreicht hat (wobei auch hier der Bedarf stetig steigt). Mit dem entscheidenden Unterschied, dass diese Energie auch im Stand benötigt wird und nicht rückgespeist werden kann – sie ist schlicht in Wärme gewandelt. Da läge ein Ansatzpunkt zur Rückgewinnung, der aber derzeit noch zu hohe Temperaturen voraussetzt.

Folglich wird eine Sektorkopplung zwischen dem Schienenverkehr und der Energiewirtschaft entweder durch Energiespeicherung oder/und der Wasserstoffversorgung aus regenerativer Energie bedingen. Weitere Lösungsansätze sind in der Forschung und müssen in den nächsten Jahren gegebenenfalls in die Fahrzeugkonzepte integriert werden. Die DLR Verkehrs- und Energieforschung hat damit die einmalige Möglichkeit, diese komplexe Problemstellung interdisziplinär systemisch zu bearbeiten.

Das auf der InnoTrans 2018 vorgestellte Einzelrad-Einzelfahrwerk der NGT-Mittelwagen wird für die Endwagen zum Einzelrad-Doppelfahrwerk weiterentwickelt. Als begleitender Groß-Investitionsantrag soll das Einzelfahrwerk in Originalgröße gebaut und sowohl auf einem Rollprüfstand wie auf Gleisanlagen getestet werden.

5. Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt „Next Generation Train – NGT“ arbeitet mittlerweile 12 Jahre sehr erfolgreich. Die Überprüfung der Forschungsinhalte durch internationale Gutachter der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren hat im 5-Jahres-Rhythmus dreimal hintereinander die Einstufung „herausragend – outstanding“ erbracht, weshalb der durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie institutionell finanzierte Forschungsumfang sich nahezu verdoppelt hat. Von der Betrachtung einer Fahrzeugfamilie für den Personen- und Güterfernverkehr ausgehend wird der Fokus in den kommenden 9 Jahren auf die Auslegung von Komponenten für Schienenfahrzeuge sowie Systemlösungen insbesondere für den Personen- und Güternahverkehr unter besonderer Berücksichtigung attraktiver Übergänge zwischen den Verkehrsträgern gelegt, um die Durchgängigkeit der Transportketten und deren weitgehende Automatisierung sicherzustellen. Dies wird durch die Fortschritte in der Digitalisierung und der Funkkommunikation entscheidend unterstützt.

Der Klimaschutz hat zudem eine engere Vernetzung von Verkehr und Energie ein-geleitet, die zu neuen Antriebs- und damit Schienenfahrzeugkonzepten führen wird. ●

Summary

Next Generation Train – 20 years of research for the railway system

For 12 years, the project „Next Generation Train – NGT“ of the German Aerospace Center Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) has been working systemically on some railway vehicle concepts for the passenger and long-haul freight transport whilst shortening travel and transport times, so the linkage with other transport modes is therefore essential. For this reason, feeder traffic and hub stations have been taken into consideration. In the years up to 2027, the focus will be on connecting urban regions.

Literatur

- [1] Winter, J. et al; RTR-Special „Next Generation Train“, DWV-Media, 2011.
- [2] Winter, J.; Kalatz, C.: Ultra-High-Speed Passenger Train (NGT HST): Conceptual Design of an Innovative Station. Proceedings of the 2nd International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, Paper 202. Civil-Comp Press. Railways 2014, 8.-11. Apr. 2014, Ajaccio, Corsica, France.
- [3] Krüger, D.; Winter, J.: High-Speed Feeder Passenger Train – NGT LINK. Proceedings of the 2nd International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, Paper 1. Civil-Comp Press. Railways 2014, 8.-11. Apr. 2014, Ajaccio, Corsica, France.
- [4] Winter, J.; Lehner, A.; Polisky, E.: Electronic Coupling of Next Generation Trains. Proceedings of the 3rd International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, Paper 189. Civil-Comp Press. Railways 2016, 5.–8. April 2016, Cagliari, Sardinia, Italy.
- [5] Winter, J.; Böhm, M.; Malzacher, G.; Krüger, D.: NGT Cargo – Schienengüterverkehr der Zukunft. Internationales Verkehrswesen 69 (2017), S. 82 – 85.



We develop, we deliver, we service. WORLDWIDE.

ULTIMATE combines the product areas **gangways, automatic door systems and interior systems.**

Complete solutions from one single source – that makes us unique!
Highest quality standards, fast construction concepts and flexible logistics routines are our outstanding strengths.

DOORS **GANGWAYS** **INTERIORS**

ULTIMATE Europe Transportation Equipment GmbH
Industriestraße 3 | A-3300 Amstetten | www.ultimate-eur.com