

Neue Bauweisen im Leichtbau für Hochgeschwindigkeitstriebzüge

*Dr.-Ing. Joachim Winter, DLR e.V., Institut für Fahrzeugkonzepte
Projektleiter Next Generation Train – NGT*

Dipl.-Ing. Jens König, DLR e.V., Institut für Fahrzeugkonzepte



Stromlinienförmiger Schnelltriebzug DRG 137 Bauart Köln, 1935 Quelle: Wikipedia

1. Einleitung


Die wachsende Europäische Gemeinschaft bedingt eine angepasste Schieneninfrastruktur. Um die großen Entfernungen zwischen den Metropolen überwinden zu können, wurde ein transeuropäisches Verkehrsnetz (Trans-European Network TEN) definiert. Ein Teil dieses Verkehrsnetzes ist das Hochgeschwindigkeitsverkehrsnetz, das nach dem neuesten Weißbuch der EU-Kommission auch die wesentlichen Flughäfen einbinden soll.

Im Bereich der Eisenbahnen versteht man unter Hochgeschwindigkeit alle Geschwindigkeiten größer als 200 km/h.

Schon 1933 hat die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft DRG einen stromlinienförmigen Triebzug, den Fliegender Hamburger, in den fahrplanmäßigen Verkehr zwischen Hamburg und Berlin gebracht, der eine fahrplanmäßige Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h erreichte. Auf Rekordfahrten mit Nachfolgemodellen der Baureihe DRG 137 wurde 1936 der Weltrekord für Dieselfahrzeuge mit 205 km/h aufgestellt.

Als Triebzüge bezeichnet man Schienenfahrzeuge, die mit eigenem Antrieb aus betrieblich nicht trennbaren Einheiten bestehen. In der Regel besteht ein Triebzug aus dem Triebkopf, den Mittelwagen und einem Steuerkopf.



Seit 2007 arbeiten 9 Institute des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) mit 18 Abteilungen an dem Forschungsprojekt „Zug der Zukunft – Next Generation Train (NGT)“ . Ein Hauptziel dieses Projektes ist es, der Eisenbahnindustrie die Forschungsergebnisse - auch aus der Luft- und Raumfahrt - zugänglich zu machen, um die Eisenbahn für die anstehenden Transportaufgaben strategisch zu unterstützen.

2. Triebzugkonzept

Für den „Zug der Zukunft“ ist ein Lastenheft erstellt worden, das die Anforderungen potentieller Kunden und die vorgeschriebenen europäischen Standards an einen solchen Zug zusammenfasst. In dem zugehörigen Pflichtenheft beschreibt das DLR seine Konzeptvorstellung von einem möglichen Produkt.

Im Vordergrund steht eine hohe betriebliche Flexibilität des NGT. Zur Unterstützung einer einfachen Wartung und des Austausches defekter Waggons wird das Einzelwagenprinzip umgesetzt. Jeder Waggon ist einzeln fahrfähig, was erhebliche Vorteile für die Zugbildung und Wartung hat.

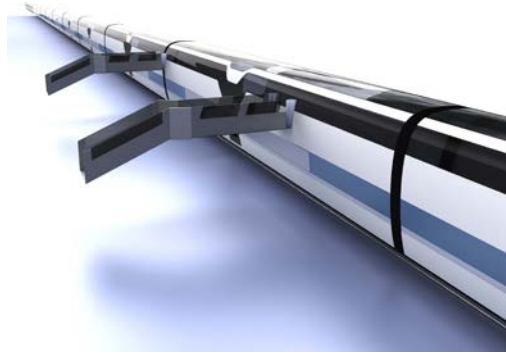
Aus 8 Mittelwagen und 2 Triebköpfen wird ein über die ganze Länge doppelstöckiger Triebzug zusammengestellt, der 202 m lang ist und bis zu 790 Fahrgästen in 2 Klassen mit einem Bordrestaurant Platz bietet.

Über eine optische Kupplung können mehrere Triebzüge gekuppelt werden.

Die betriebliche Flexibilität wird weiter gesteigert durch die Möglichkeit, dynamisch zu flügeln, d.h. dass die Triebzüge während der Fahrt optisch kuppeln oder entkuppeln können. Nach Einführung des flexiblen Blockabstandes als Prinzip der Zugsicherung wäre es damit möglich, den Streckendurchsatz zu erhöhen.

3. Fahrgastflusskonzept

Die Doppelstock-Waggons sind auf beiden Ebenen durchgängig. Die Fahrgäste können auf beiden Ebenen ein- und aussteigen. Dadurch entfallen die Treppen im Waggon. Das Gepäck der Fahrgäste wird separat im Triebkopf durch eine Gepäckanlage gehandhabt. Zur Erreichung geringer Fahrgastwechselzeiten werden das Türkonzept und die Inneneinrichtung der Waggons durch eine Fahrgastfluss-Berechnung festgelegt.



4. Antriebskonzept

Die Energieversorgung ist zukunftsweisend als im Fahrweg integriert angenommen, wodurch die wartungsintensive Oberleitung mit dem Kettenwerk entfallen könnte. Das Antriebskonzept sieht demgemäß eine über die Triebzuglängen verteilte berührungslose Stromaufnahme aus dem Schienenweg vor. An der Herausforderung der hierfür benötigten Komponenten wird gearbeitet. Auf der Fahrzeugseite entfällt daher der geräuschvolle, stark verschleißende Stromabnehmer.

Der Verschleiß und die Geräuscentwicklung des Fahrwerkes werden durch einen mechatronischen Radsatz in der Ausführung radial steuerbarer differenziell angetriebener Einzelrad-Einzelfahrwerke verringert, der die Radscheiben aktiv in die Kurve steuert.

Die Triebköpfe des NGT stellen etwa 50% der Antriebsleistung von etwa 18MW zur Verfügung, die restliche Antriebsleistung wird durch hochintegrierte Radmotoren der Einzelrad-Einzelfahrwerke erbracht. Die Beschleunigung des Triebzuges ist dadurch überdurchschnittlich gut. Der doppelstöckige Hochgeschwindigkeits-Triebzug ist fahrplanmäßig 400 Km/h schnell und wird für 440 Km/h zugelassen.


5. Bremskonzept

Das Bremskonzept sieht den geschwindigkeitsabhängigen Einsatz verschiedener Bremsen vor. Es wird prinzipiell mit Fahrerassistenz vorausschauend und auf „Ausrollen“ gefahren. Sollte dies nicht ausreichen, wird bei hohen Geschwindigkeiten zusätzlich aerodynamisch und generatorisch gebremst.

Bei niedrigen Geschwindigkeiten werden Magnetbremsen und zuletzt auch mechanische Bremsen eingesetzt. Der betriebliche Bremsweg kann so auf 10 km reduziert werden.

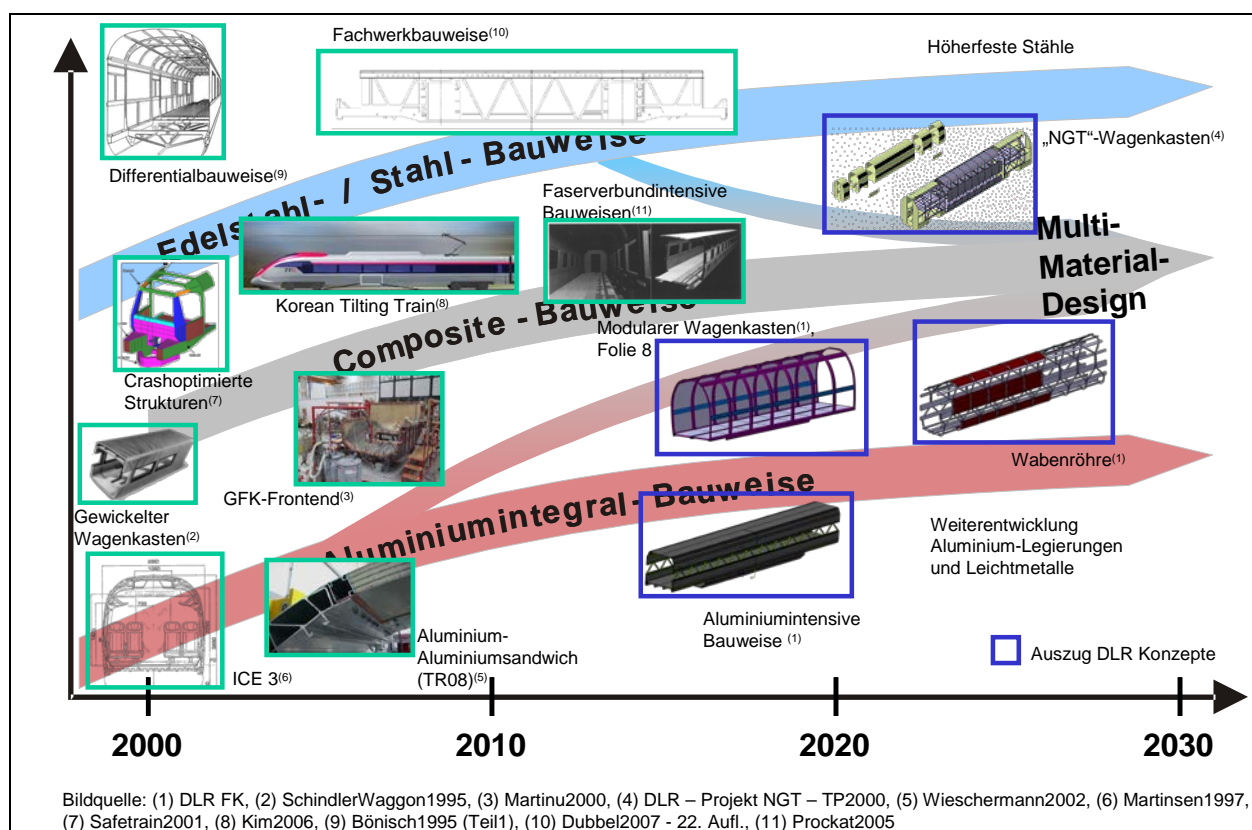
Das ist im Vergleich zum ICE3 mit 4 km Bremsweg immer noch viel. Eine weitere Verkürzung des Bremsweges ist technisch möglich, bedingt dann aber wahrscheinlich zusätzliche Maßnahmen zur Fahrgastsicherheit.


6. Bauweisen und Fügetechnik

Das Triebzugkonzept des  bedient sich einer Mischform aus integraler und modularer Produktarchitektur, um bei großer Differenziertheit mit einer hohen Zahl von Gleichteilen die üblicherweise kleinen Baulose kostengünstig herstellen zu können.

Daher beeinflussen die Leichtbauweisen und die Fügetechnik das Konzept maßgeblich.

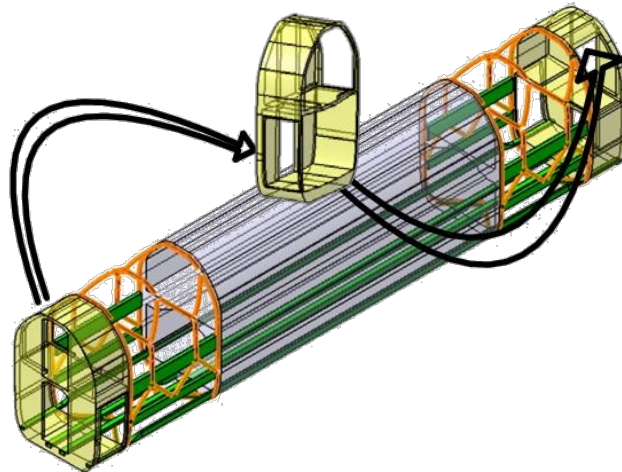
Die Entwicklung der Bauweisen und Fügetechniken ging beim Bau von Eisenbahnwagen von dem 1830 eingesetzten Holz über Mischbauweisen mit Stahl hin zu kalt gefügtem und später auch verschweißtem Stahl sowie Aluminium in Differential- und Integralbauweise im Jahre 2000. Die erwartete zukünftige Entwicklung der Bauweisen wird in der Abbildung skizziert.



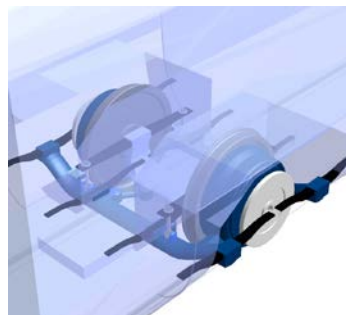
Das Prinzip der Auslegung der Wagenkästen des  besteht darin, auf Grund des Lastenheftes zunächst den Bauraum zu bestimmen, daraus werden die statischen Lasten ermittelt. Parallel dazu werden die statischen Ersatzlasten aus den UIC-Lastfällen (Crash) berechnet. Aus den so berechneten Belastungen wird das Topologiemodell des Kraftflusses zu entwickelt. Schließlich wird ein Konzept für die Bauweisen und die Fügetechnik zur technischen Umsetzung der Wagenkastenstruktur festgelegt, wobei Türen und Fenster dann schon berücksichtigt sind.

Die Wagenkästen des  werden im Bereich der Fahrwerke und der Übergänge auf Grund der komplexen Krafteinleitungen mittels Metallstrukturen aufgebaut, die mit Kunst-

stoff-Ausfachungen entsprechend der Belastung in verschiedener Weise belegt werden. Im Bereich der Fahrgäste wird auf Grund der rein statischen und eher unidirektionalen Belastung hingegen eine doppelschalige Bauweise aus faserverstärkten Kunststoffen mit Schaumkernen verwendet. Der Zwischenboden des Wagenkastens hat zur Aufnahme von Anbindungspunkten der Bestuhlung und der Innenausstattung ebenfalls metallische Grundstrukturen.



Bei der Konzeption wird soviel Funktionalität wie möglich in die Wagenkastenstruktur integriert, um das durch den Lichtraum G2 begrenzte Innenraumvolumen bestmöglich auszunutzen. Die größten zu berücksichtigenden Komponenten sind die radial steuerbaren differenziell angetriebenen Einzelrad-Einzelfahrwerke.



7. Aerodynamik

Die Kopfwelle des Triebzuges kann durch einen großen Schlankheitsgrad reduziert werden. Für den **NGT** wird ein mittlerer Schlankheitsgrad angesetzt, weil zukünftig Tunnel auf Hochgeschwindigkeitsstrecken zwar einröhrig aber mit einem Einlauftrichter zur kontinuierlichen Luftverdrängung gebaut werden.

Die Seitenwindanfälligkeit der leichten Triebköpfe des **NGT** wird durch aktive Steuerflächen und aerodynamischen Druckausgleich an der Triebkopfnase reduziert.

Zur Untersuchung beider Phänomene hat das DLR die weltweit einzigen speziellen Windkanäle hierfür im Oktober 2010 in Betrieb genommen.

8. Industrial Design

Im Rahmen der mit iDS Hamburg gemeinsamen Entwicklung des **NGT** Interiorkonzeptes mit den Auswirkungen auf das Exterior des Triebzuges werden die Faktoren der Mensch-Maschine Schnittstelle, der Marktakzeptanz und zukünftige Gestaltungskriterien erarbeitet.

Dazu werden Trends und Szenarien in den europäischen Hochgeschwindigkeitsnetzen in Verbindung mit zukünftigem Fahrgastkomfort, Erwartungen an Raumempfinden, Produktästhetik, Funktionssicherheit und selbsterklärendem Design für zukünftige Produktzyklen von 30, 40 oder mehr Jahren berücksichtigt.

Im Interiorbereich werden für unterschiedliche Fahrgastgruppen und Reiseansprüche variable und modulare Konzepte entwickelt und demonstriert. Besondere Schwerpunkte sind Einstieg-Ausstieg als „Visitenkarte“ der öffentlichen Verkehrssysteme und Kabinengestaltung für PRM (Passagiere mit Reduzierter Mobilität), Senioren und sicherem Transport von Kindern.

Durch unterschiedliche Inhaltsangebote in verschiedenen Mittelwagen und spezieller Nutzung der Doppelstock-Anordnung mit separaten Zugängen, Fahrstuhl und möglichst großzügiger Raumverglasung wird ein neuer Schienenfahrzeug-Fahrgastkomfort angeboten.

Das Exterioordesign wird in enger Verbindung mit den aerodynamischen Forschungen des DLR, den spezifischen Bauweisen, der optimierten Mensch-Maschine Schnittstelle und der ästhetischen Außenwirkung auf Menschen, Architektur und Umwelt ausgelegt.



9. Zusammenfassung

Der **NGT** zeichnet sich durch einen vergleichsweise niedrigen Energieverbrauch, geringe Lärmentwicklung, angenehme Klimatisierung, innen optimierten Fahrgastfluss, zukunftsweisendes Exterior – und Interiordesign, sowie niedrigen Verschleiß am Rad/Schienenkontakt aus. Die Wagenkästen werden nach einer rechnerunterstützten Konzeptfindung zukunftsweisend leicht in Mehrmaterial-Bauweise entwickelt. Die Fahrdynamik für den Leichtbautriebzug wird durch aktive Maßnahmen sicherer, leiser und sparsamer.

Als Messlatte für die Zielerreichung dient der deutsche Hochgeschwindigkeitszug ICE 3.

Da das DLR auch in Zukunft keine Züge bauen wird, ist für das Projekt NGT die Kooperation mit der Bahnindustrie und den Bahnbetreibern besonders wichtig.