

ICE

Zug der Zukunft

Herausgeber: Wolfram O. Martinsen · Theo Rahn



Inhalt

Vorwort der Herausgeber	5
Die Autoren	8
Geleitworte	
Matthias Wissmann, Bundesminister für Verkehr	10
Dr. Jürgen Rüttgers, Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie	11
An Entwicklung und Bau des ICE beteiligte Unternehmen	13
Von den Anfängen des Schnellverkehrs zum ICE	14
Dr.-Ing. E. h. Horst Weigelt	
Hochgeschwindigkeitsverkehr in Deutschland	34
Dr.-Ing. Wolfgang D. Henn, Dipl.-Ing. Hans Hermann und Prof. Dr.-Ing. Hubert Hochbruck	
Hochgeschwindigkeitsverkehr in Deutschland — eine Zwischenbilanz	90
Dr.-Ing. Wolfgang D. Henn und Dr.-Ing. Eberhard K. Jänsch	



Instandhaltungskonzept.....	100
Dipl.-Ing. Hermann Wolters	
ICE 2 —	
Die zweite Lieferserie eines bewährten Fahrzeugkonzeptes.....	115
Dipl.-Ing. Heinz R. Kurz	
ICE 3 —	
Die neue Generation der europäischen Hochgeschwindigkeitszüge.....	147
Dipl.-Ing. Walter Lößel, Dipl.-Ing. Jürgen Prem und Dipl.-Ing. Herbert Landwehr	
Hochgeschwindigkeitsprojekte in der Welt.....	172
Ass. jur. M.S.F.S. Stephan Werhahn	
Der ICE auf Demo-Tour in Nordamerika	180
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dipl.-Ing. Helmut Weinmann	
ICE-Familie, Gegenwart und Zukunft	185
Dipl.-Ing. Hans Herrmann, Dipl.-Ing. Fritz Polifka und Dr. sc. techn. Johannes Steinmetz	



Bild 21: Die Schnellfahrabschnitte im IC-Netz mit insgesamt 440 km Strecke für 200 km/h sowie für 160 km/h, Sommer 1985

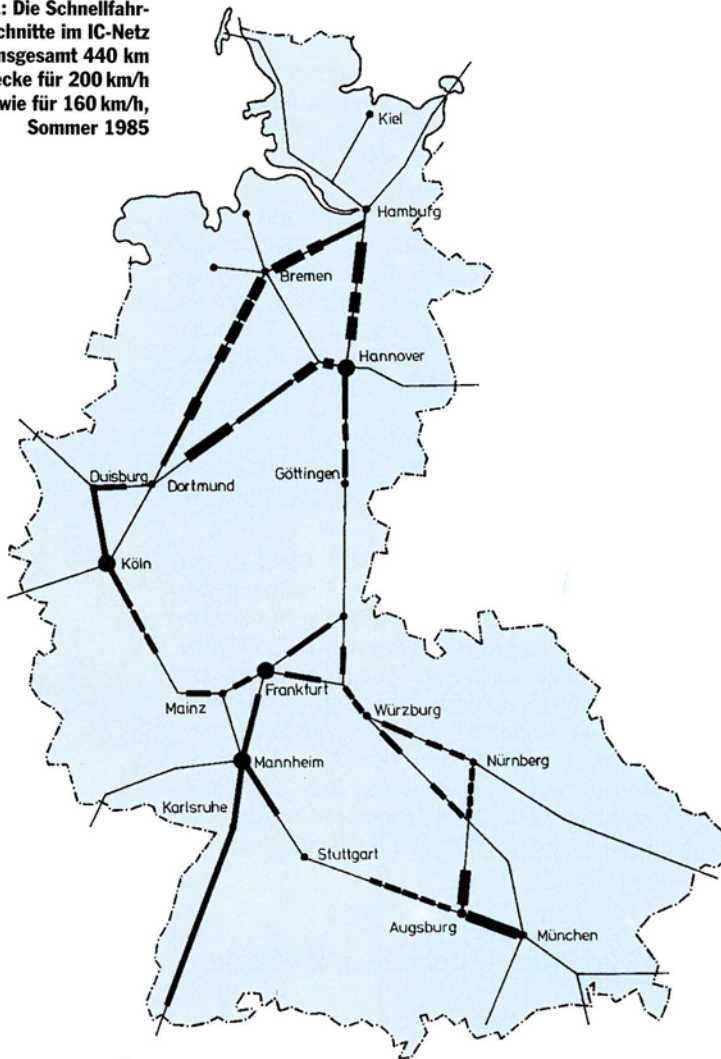


Bild 22: Drehstromlokomotive der Baureihe 120



Erstmalig wurde der Gesamtbevölkerung und nicht nur den Geschäftsreisenden oder Wohlhabenden ein Schnellverkehr 1. und 2. Klasse geboten. Nicht nur zum Vorteil der Nutzer, sondern auch zum Vorteil der Bahn; denn der Kostendeckungsgrad des IC-Verkehrs wurde bedeutend verbessert.

Angesichts dieser Effekte war es durchaus akzeptabel, daß die nunmehr schwereren Züge die Reisegeschwindigkeit des Netzes von 105,3 (1978) auf 102,3 km/h (1979) drückten. Viel bedeutender war nämlich der Zeitgewinn für die bisher auf langsame D-Züge angewiesenen 2.-Klasse-Reisenden.

Unterschätzt wird im übrigen ganz allgemein die raumordnungspolitische Bedeutung des deutschen Intercity-Netzes: Mögen andere Bahnen mit Spitzenzügen schneller fahren, so gibt es kein vergleichbares System, das landesweit eine polyzentrische gesunde Raumstruktur so fördert wie das IC-System mit seinen regelmäßigen und zeitweisen Haltebahnhöfen und der Verknüpfung in herausragenden Knotenbahnhöfen.

Seit IC 79 gibt es den integralen Fernfahrplan im Stundentakt, dem die Zubringerzüge Fahrplan- für Fahrplanabschnitt besser angepaßt wurden.

Im Jubiläumsjahr: IC 85

Im Jubiläumsjahr der Deutschen Eisenbahn brachte IC 85 weitere Verbesserungen im Schnellverkehr, womit die damaligen Potentiale von Strecken und Fahrzeugen weitgehend ausgeschöpft waren. Durch Ausdehnung der 200-km/h-Abschnitte (Bild 21) auf insgesamt 440 Streckenkilometer sowie straffe Fahr- und Aufenthaltszeiten gelang es, die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit nochmals auf 108 km/h anzuheben. Spitzenreiter waren die Züge IC 582, 680 und 682 im Abschnitt Hannover—Hamburg mit 115 km/h Reisegeschwindigkeit. Die ansteigende Nachfrage führte zum Einsatz einer fünften Linie und der Frankfurter Flughafen wurde in das IC-Netz integriert.

Vielleicht ist jedoch eine andere Komponente von IC 85 viel höher zu bewerten: der Umbruch im Service. Aus kontrollierenden Zugführern und Schaffnern, die alle Nase lang den Zug wechselten, sind IC-Chefs und IC-Begleiter geworden, die dem Fahrgast helfend und dienend zur Seite stehen bei gleichzeitiger Personalmehrung um fast ein Drittel.

Rekorde an der Schwelle zum Hochgeschwindigkeitsverkehr

Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit im Netz IC 85 war noch immer stark beeinflusst von den niedrigen Werten in den Mittelgebirgen. Aber seit August 1976 waren die Neubaustrecke (NBS) Mannheim—Stuttgart und seit Mai 1981 die NBS Hannover—Würzburg im Bau, nachdem ein kurzer Teilstabschnitt Hannover—Rethen 1979 in Betrieb genommen worden war.

Schon 1955 hatte der erste Vorstandsvorsitzende der Deutschen Bundesbahn, Dr.-Ing. Edmund Froh-



Bild 23: Am 1. Mai 1988 „durchbrach“ der InterCityExperimental (ICE/V) erstmals die Schallmauer von Tempo 400 auf der Schiene. Um 11.12 Uhr zeigte das Tachometer im Zug 406 km/h. Die spätere Auswertung der Meßprotokolle ergab als genaueren Wert 406,9 km/h

ne, ausgeführt: „Nur auf Eisenbahnlinien, die den neuesten Erkenntnissen der Technik entsprechen, können die auf dem Gebiet des Lokomotiv- und Wagenbaus erreichten Fortschritte genutzt werden“ [14]. Und 1963 forderte DB-Vorstandsmitglied Dr.-Ing. E.h. Hans Geitmann den Schnellverkehr auf Schienen und die Berücksichtigung von volkswirtschaftlichen Überlegungen bei Investitionen in neue Mittelgebirgsstrecken, „wie sie in der Bundesrepublik bereits bei den Investitionen für andere Verkehrswege, z. B. für den Straßenbau, für den Bau von Kanälen oder die Infrastruktur des Luftverkehrs in Milliardenhöhe berücksichtigt worden sind“ [14]. Es bedurfte jahrelanger Überzeugungsarbeit, umfangreicher Verkehrsuntersuchungen, betriebs- und volkswirtschaftlicher Rechnungen, Überprüfungen und erneuter Rechtfertigungen, bis wesentliche Teile des bahnseitigen „Ausbauprogrammes für das Netz der DB“ von 1970 in den ersten Bundesverkehrswegeplan aufgenommen werden konnten, darunter vor allem die beiden Neubaustrecken. Dann folgten zeitraubende Auseinandersetzungen mit den Beteiligten in den Raumordnungsverfahren und Planfeststellungsverfahren, wobei die betroffenen

Bürger und die sogenannten Träger öffentlicher Belange nach den zahlreichen und teilweise umfangreichen Straßenbauvorhaben ihre erhöhte Sensibilität gegen die grundsätzlich umweltfreundlichere Bahn einsetzten [15].

Der Bundesverkehrswegeplan '85 brachte insofern eine Akzentverschiebung zugunsten der Bahn, als gegenüber dem vorangegangenen nunmehr für das kommende Jahrzehnt über 7 Milliarden DM mehr in das Schienennetz investiert werden sollten. Und zu dieser Zeit rüsteten sich Bundesbahn und Fahrzeugindustrie für den Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV).

Mit einer Spitzengeschwindigkeit von 265 km/h hatte die gänzlich neu entwickelte elektrische Lokomotive Baureihe 120 bereits am 17. Oktober 1984 einen Geschwindigkeitsrekord für Lokomotiven mit Drehstrombetrieb gefahren und damit die überaus positiven Zukunftsaussichten der Drehstromtechnologie unterstrichen (Bild 22).

Zu dieser Zeit befand sich der Triebzug Intercity Experimental (ICE/V) mit gleicher Drehstromtechnologie bereits in der Endmontage. War die E 120 als

Hochgeschwindigkeitsverkehr in Deutschland — eine Zwischenbilanz

Am 2. Juni 1991 fuhren in Deutschland erstmals Hochgeschwindigkeitszüge der Bauart „InterCity Express“ (ICE) im kommerziellen Einsatz. Das „ICE-System“ hat sich von Anfang an an die Spitze aller Verkehrsangebote gesetzt. Die ICE-Züge sind mit 280 km/h die schnellsten Züge der Deutschen Bahn Aktiengesellschaft (DB AG). Schnelligkeit, Pünktlichkeit und Komfort zeichnen das Angebot aus. Der kommerzielle Erfolg basiert auf sorgfältiger Planung und Realisierung modernster Technologie.

1 Planungsgrundlagen des ICE-Systems

Hochgeschwindigkeitsverkehr ist nur auf solchen Eisenbahnstrecken möglich, die von ihrer Trassierung her dazu geeignet sind. Das mitteleuropäische Eisenbahnnetz, dessen Hauptstrecken in der Mitte

des vorigen Jahrhunderts entstanden sind, bietet nur an wenigen Stellen Gelegenheit, schneller als 200 km/h zu fahren. In Deutschland sind die Strecken im allgemeinen kurvenreich trassiert, und die wichtigen Verbindungen sind stark belastet oder sogar überlastet. So ist die Angebotsqualität oft nicht ausreichend, und neue Verkehre können auf dem vorhandenen Streckennetz nicht mehr abgewickelt werden.

Ähnliches gilt bekanntermaßen für die Wettbewerber: auch das Straßennetz ist überlastet, was zu den üblichen Stauerscheinungen führt, und die Flughäfen arbeiten oft an der Kapazitätsgrenze. In Deutschland werden seit Anfang der 70er Jahre mit Hilfe des Bundesverkehrswegeplanes, einer koordinierten Planung des Bundesministeriums für Verkehr, Prioritäten festgelegt und der Ausbau der Infrastruktur für Straße, Schiene, Wasserstraße und Luftfahrt vorangetrieben.

Bestandteil dieser Verkehrswegeplanung sind auch die beiden Schnellfahrstrecken Hannover—Würzburg (327 km) und Mannheim—Stuttgart (107 km). Sie wurden für Mischbetrieb von Reise- und Güterzügen ausgelegt. Ausschlaggebend für ihren Bau waren vor allem Kapazitätsengpässe im Gütertransport. Der sich ständig wandelnde Markt forderte nachdrücklich einen schnelleren und pünktlicheren Transport der Waren, insbesondere den Nachsprung zwischen den Nordseehäfen und den Produktionsstätten beziehungsweise den Verbraucherstandorten in Süddeutschland.

Im Personenfernverkehr stand die Verkürzung der Reisezeit obenan auf der Wunschliste. Im Jahr 1984, mit der Einrichtung des Projekts „Hochgeschwindigkeitsverkehr“ (HGV), begann die gezielte Planung des ICE-Systems. Die ICE-Züge (Bild 1) sollten voll in das bestehende InterCity-Liniennetz (IC) der DB eingebunden werden. In diesem Linienverkehr, der seit 1971 existiert, fahren die Züge in einem strengen 1-Stunden-Takt. Zwischen der ersten Abfahrt 6.00 Uhr morgens und der spätesten Ankunft 24.00 Uhr werden auf jeder Linie etwa 15 Zugfahrten je Tag und Richtung angeboten. In den Netzknoten des IC-Systems kann von einer Linie zur anderen umgestiegen werden, wobei die Züge der korrespondierenden Linien am selben Bahnsteig zur gleichen Zeit halten. Diese Betriebsweise setzt netzweit eine besonders hohe Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit voraus.

Bild 1: ICE-Zug auf der Neubaustrecke Hannover—Würzburg



Angesichts der Randbedingungen war es naheliegend, mit Inbetriebnahme der Neubaustrecke Hannover—Würzburg die bis dahin eingesetzten lokbespannten Züge (200 km/h) der beiden IC-Linien

- ▷ Hamburg—Würzburg—München und
- ▷ Hamburg—Frankfurt—Basel

zurückzuziehen und durch neu zu entwickelnde Hochgeschwindigkeitstriebzüge (ICE) unter Nutzung der Neubaustrecken zu ersetzen. Als Ergänzung wurde die ICE-Linie Hamburg—Frankfurt—München vorgesehen, auf deren Laufweg auch die Neubaustrecke Mannheim—Stuttgart liegt. Diese Linie hat die Aufgabe, die zusätzlichen Verkehrsmengen aufzunehmen, die aufgrund der Angebotsverbesserung erwartet werden konnten.

In der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von 1990 wurden folgende Zieldaten für das Jahr 2000 zugrundegelegt:

- ▷ Streckennetz 1710 km
- ▷ 60 ICE-Züge mit durchschnittlich 11,6 Wagen (615 Plätze/Zug)
- ▷ 694 Wagen, 36900 Plätze (zuzüglich Plätze im Speisewagen)
- ▷ 28,3 Mio. Zugkilometer/a
- ▷ 17,4 Mrd. Platzkilometer/a (Plkm/a)
- ▷ 8,4 Mrd. Personenkilometer/a (Pkm/a)
- ▷ mittlere Besetzung 48,3 % (Pkm/Plkm)
- ▷ mittlere Laufleistung jedes Triebzuges 472 000 km/a.

2 Systemeinführung

Ursprünglich sollten die neuen Strecken auf ganzer Länge und von Anfang an mit den neuen ICE-Zügen in Betrieb genommen werden. Aufgrund von Termin- und Sachzwängen wurde daraus ein stufenweiser Ablauf.

5/1988: Inbetriebnahme der Neubaustrecke Fulda—Würzburg (93 km) mit druckertüchtigtem InterCity-Wagenmaterial, lokbespannt (Bild 2)

6/1991: Inbetriebnahme der Neubaustreckenabschnitte Hannover—Fulda und Mannheim—Stuttgart und der ICE-Linie 6 (Hamburg—Frankfurt—München) mit 23 ICE-Zügen

6/1992: Inbetriebnahme ICE-Linie 4 (Hamburg—Würzburg—München)

9/1992: Teilinbetriebnahme ICE-Linie 3 (Bremen/Hamburg—Karlsruhe—Zürich)

6/1993: Vollständige Inbetriebnahme ICE-Linie 3 und Aufnahme der ICE-Verbindung Berlin—Frankfurt—München als Teil der ICE-Linie 6

6/1994: Inbetriebnahme der „Nantenbacher Kurve“ zwischen Aschaffenburg und Würzburg, dadurch Fahrzeitverkürzungen für die IC-Linie Köln—Nürnberg um ca. 12 Minuten

Durch die neue Linienführung erweiterte sich das regelmäßig bediente ICE-Streckennetz auf etwa 2300 km, wovon allerdings nur 430 km mit der planmäßigen Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h befahren wurden.

Seit Juni 1994 verkehren einzelne ICE-Züge im DB-Netz als „Sprinter“- oder „Kurier“-Züge, z. B. zwi-



schen Köln und Hamburg, Bonn und Berlin, Berlin und Dresden und am Wochenende auch nach Garmisch-Partenkirchen.

Seit 29.05.1995 dürfen die ICE-Züge ihre technisch zulässige Höchstgeschwindigkeit von 280 km/h auf Schnellfahrstrecken ausfahren. Weiterhin gab es erneut Änderungen und Ausweitungen des ICE-Angebots. Neben zusätzlichen, einzelnen ICE-Neuleistungen wurde die ICE-Linie 3 südlich Frankfurt aufgespalten: nach Karlsruhe—Basel und Heidelberg—Stuttgart jeweils im 2-Stunden-Rhythmus.

Im Herbst 1996, mit Inbetriebnahme der ersten Züge der zweiten ICE-Generation (ICE 2), konnte die ICE-Linie Frankfurt—Braunschweig—Magdeburg—Berlin auf Bedienung im Stundentakt umgestellt werden.

Das ICE-Netz gemäß Bild 3 umfaßt derzeit etwa 4000 km Länge mit folgender Struktur:

1-h-Takt.....	1420 km
2-h-Takt.....	940 km
Kernnetz	2360 km
weitere ICE-Strecken DB	1320 km
ICE-Strecken SBB	320 km
Gesamtnetz.....	4000 km
davon	
ABS (160 < V < 200)	650 km
NBS (V > 200)	430 km

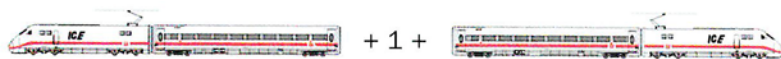
Ende 1998 soll die 264 km lange Schnellfahrstrecke Hannover—Berlin in Betrieb gehen. Für den Anfang des zweiten Jahrtausends ist die Inbetriebnahme der Neubaustrecke Köln—Rhein/Main für Triebzüge mit Geschwindigkeiten von 300 km/h und mehr vorgesehen.

Bild 2: Mit der Lokomotive Baureihe 120 bespannter InterCity-Zug auf dem Neubaustreckenabschnitt Fulda—Würzburg

Bild 2: ICE-Entwicklungslinie

ICE V

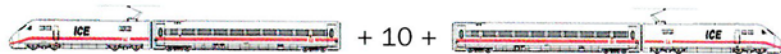
- Stückzahl 1
- Einsatzjahr ab 1985



- Leistung 2 x 4,2 MW
- Geschwindigkeit 350 km/h
- Gewicht 300 t
- zwei Demowagen
- ein Messwagen

ICE 1

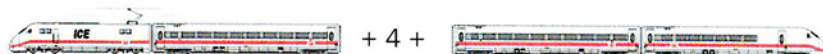
- Stückzahl 60
- Einsatzjahr ab 1991



- Leistung 2 x 4,8 MW
- Geschwindigkeit 280 km/h
- Gewicht 782 t
- Sitzplätze* 669

ICE 2

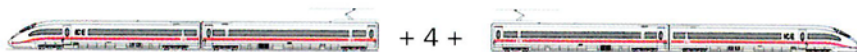
- Stückzahl 44
- Einsatzjahr ab 1996



- Leistung 4,8 MW
- Geschwindigkeit 280 km/h
- Gewicht 410 t
- Sitzplätze* 391

ICE 3

- Stückzahl 37 + 17 (Mehrsystem)
- Einsatzjahr ab 1999



- Leistung 8 MW
- Geschwindigkeit 330 km/h
- Gewicht 409/435 t
- Sitzplätze* 415/404

(vorläufige Werte)

* mit Restaurant

DB werden für den grenzüberschreitenden Verkehr und somit für den Betrieb unter vier Spannungssystemen ausgerüstet. Im Jahre 1995 hat die Niederländische Eisenbahn (NS) vier eigene ICE 3-Triebzüge in der Viersystemausführung bestellt. Diese Züge sollen vorzugsweise auf der Strecke Amsterdam—Köln—Frankfurt eingesetzt werden.

Der ICE 3, ein Zug der 3.ICE-Generation, soll ab 1999 den kommerziellen Betrieb aufnehmen und um die Jahrtausendwende sowohl auf dem bis dahin weiter ausgebauten deutschen HGV-Netz als auch europaweit neue Maßstäbe für einen leistungsfähigen Hochgeschwindigkeitsverkehr setzen (Bild 1). Er basiert auf den Erfahrungen der ICE-Züge der ersten und zweiten Generation (ICE 1 und ICE 2) und entspricht dem neuen Denken einer privatisierten Bahn, die sich voll dem Wettbewerb mit anderen Verkehrsträgern stellen muß.

Zusätzlich zu den 50 ICE 3 Zügen hat die DB AG 43 ICT-Züge mit Neigetechnik und einer Höchstgeschwindigkeit von 230 km/h bestellt. Diese für den InterCity — und den Zubringerverkehr zu den ICE-Strecken — konzipierten Züge werden von der Arbeitsgemeinschaft DWA-Siemens-Fiat gebaut. Sie erhalten einen am ICE 3 orientierten Produktcharakter und Komfortstandard.

2 Anforderungen

Aus dem künftigen Einsatzgebiet sowohl im deutschen HGV-Netz, als auch im grenzüberschreitenden Verkehr nach Belgien, den Niederlanden, Frankreich und der Schweiz leiten sich eine Vielzahl von Anforderungen ab, die der ICE der ersten und zweiten Generation nur zum Teil erfüllt.

Die Neubaustrecke Köln—Frankfurt, die um das Jahr 2000 fertiggestellt sein wird, stellt mit ihren Trassierungsparametern von 40 ‰ Neigung und 300 km/h Höchstgeschwindigkeit neue Anforderungen an die Traktionsausrüstung der neuen Hochge-

schwindigkeitszüge. Trotz der Fertigstellung weiterer Neubaustrecken wird der ICE künftig auch weiterhin Ausbaustrecken und Altstrecken befahren. Bei häufigen Geschwindigkeitswechseln, wie sie für kurvenreiche Strecken im Altnetz typisch sind, kann die Fahrzeit durch die vorhandenen Beschleunigungsreserven reduziert werden. Aus diesem Grund wurde die spezifische Antriebsleistung von 10 kW/t beim ICE 1 auf knapp 20 kW/t beim ICE 3 erhöht.

Für europaweit verkehrende Hochgeschwindigkeitszüge werden voraussichtlich ab 1997 neue „Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität“ gültig sein. Diese werden von den Bahnen und der Industrie ausgearbeitet. Um diesen zukünftigen Vorschriften zu genügen, wurden folgende Parameter in den Anforderungskatalog des ICE 3 übernommen:

- Triebzug oder vergleichbare Zugkonfiguration, die in beide Richtungen fahren kann
- Maximale Zuglänge 400 m
- Europäisches Fahrzeugprofil nach UIC 505 unter Berücksichtigung der DB/SNCF-Sondereinbarungen
- Druckgeschützte Ausführung der Fahrgast- und Führerräume
- Maximale statische Achslast 17 t
- Bahnsteighöhen 760 mm und 550 mm
- Betriebliche Höchstgeschwindigkeit mindestens 300 km/h
- Betrieb unter allen vier europäischen Stromsystemen (15 kV / 16 2/3 Hz, 25 kV / 50 Hz, 1,5 kV und 3 kV Gleichspannung)
- Ausrüstung mit den Zugsicherungs- und Kommunikationssystemen der Einsatzstrecken bzw. des zukünftigen europäischen Systems.

Weitere Anforderungen leiteten sich aus den wirtschaftlichen Vorgaben und den Umweltbedingungen ab. Die Kosten je Sitzplatz sollen trotz wesentlich höherer Leistungsanforderungen im Vergleich zum ICE 1 um etwa 25 % gesenkt werden. Dabei werden jedoch nicht nur die Anschaffungskosten, sondern

die gesamten Lebensdauerkosten (LCC) betrachtet. Da die Unterhaltskosten die Wirtschaftlichkeit der Züge entscheidend beeinflussen, werden diese projektbegleitend optimiert. Dabei bilden die Betriebserfahrungen mit dem ICE 1 und ICE 2 die Ausgangsbasis. Die Zuverlässigkeit und die Verfügbarkeit der Fahrzeuge soll gesteigert und der hohe Komfortstandard beibehalten werden.

Die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs und der Lärmemission sind weitere wichtige Anforderungen. Dies erfordert eine niedrigere spezifische Masse je Sitzplatz und eine Verbesserung der Aerodynamik bzw. Aeroakustik.

Ein Schwerpunkt der Weiterentwicklung ist der Fahrgastkomfort, der mit zunehmender Geschwindigkeit immer höhere Anforderungen an die Fahrzeughersteller stellt. Der Fahrgastservice erfüllt, wie auch beim ICE 2, höchste Ansprüche. Der Fahrkomfort wird durch das Konzept und die Konstruktion des Fahrzeugs bestimmt. Dagegen können bestimmte Ansprüche an den Innenausbau und die Funktionen des Fahrgastservice kundenspezifisch gestaltet werden.

3 Fahrzeugkonzept

Das bisherige Triebkopfkonzept des ICE 1 und ICE 2 wurde durch die neuen Anforderungen an den ICE 3 in Frage gestellt. Dazu führten vor allem die Beschränkung der Achslasten auf maximal 17 t, die Höchstgeschwindigkeit von 330 km/h, die Steigungen bis 40‰ und die geforderte höhere Sitzplatzkapazität bei vergleichbarem Komfort und festen Zuglängen von 200 m für den Halbzug. Das Triebwagenkonzept mit verteilter Antriebsausrüstung bietet eine höhere Platzkapazität und eine gleichmäßigere Massenverteilung im Zug. Damit einher gehen eine reduzierte maximale Achslast, ein günstigeres Sitzplatzgewicht und ein besseres Traktionsverhalten. Die geringere Haftwertausnutzung (Bild 3) beim Fahren und Bremsen führt zu einer besseren Zug- und Bremskraftübertragung bei ungünstigen Witterungsbedingungen wie Nässe oder Laubfall. Das Triebwagenkonzept erlaubt aus diesem Grund auch eine höhere Ausnutzung der generatorischen Bremskraft. So kann der ICE 3 mit 8,2 MW Bremsleistung und max. 300 kN elektrischer Bremskraft annähernd doppelt so viel generatorisch bremsen, als ein vergleichbarer ICE 2-Halbzug. Dies führt zu einer wesentlichen Entlastung der verschleißbehafteten Scheibenbremse und zu erheblichen Einsparungen bei deren Instandhaltung.

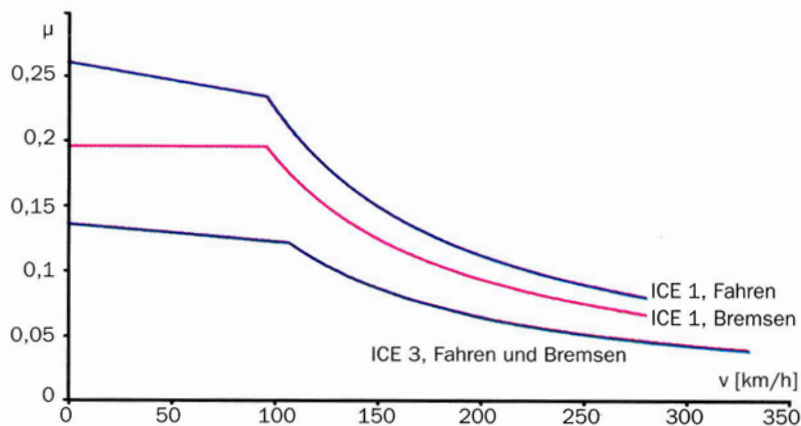
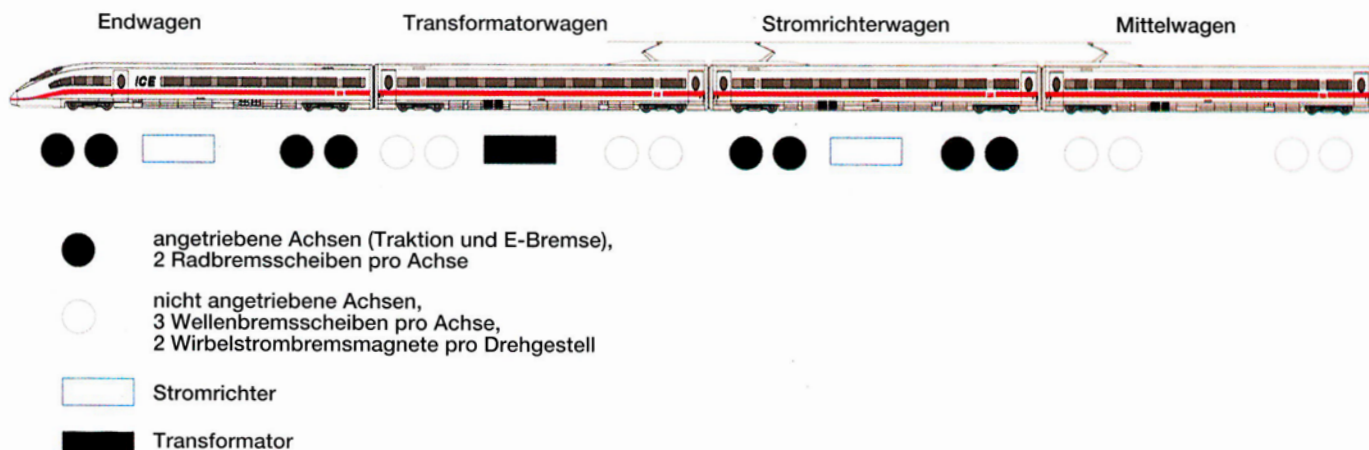


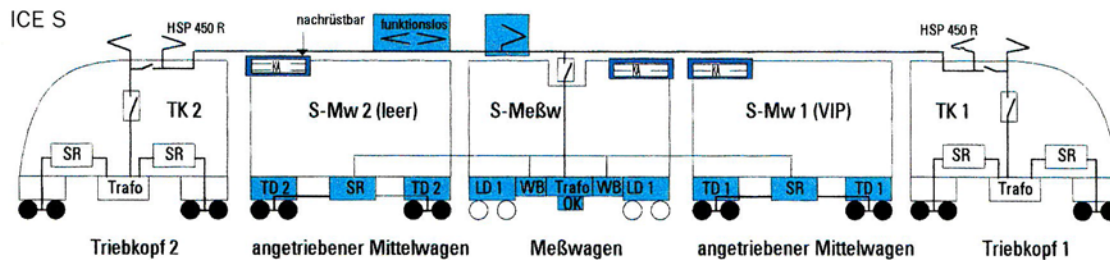
Bild 3: Adhäsionsausnutzung, Vergleich ICE 1/ICE 3

Als Vorbehalt gegen ein Triebwagenkonzept mit verteilten Antriebsanlagen wurden früher höhere Instandhaltungskosten aufgrund der größeren Anzahl von Komponenten und deren räumlicher Verteilung angeführt. Dieses Argument ist heutzutage durch die weitgehend wartungsfreien elektronischen Leistungs- und Steuerelemente entkräftet. Außerdem wird im Vergleich zu einem Triebkopfbzug gleicher Leistung (mit 2 Triebköpfen) lediglich die Anzahl der Fahrmotoren und deren Antriebe erhöht. Die Zahl der übrigen Traktionskomponenten bleibt gleich. Der wesentliche Unterschied besteht somit in der über den Zug verteilten Anordnung dieser Komponenten. Es überwiegen daher zunehmend die Vorteile der verteilten Antriebsleistung. Die geringere Fahrwegbeanspruchung aufgrund der niedrigeren Achslasten und ungefederten Massen (kleinere Triebräder) sowie die Beseitigung der hochliegenden Schallquellen des Triebkopfes gelten als weitere Vorteile der verteilten Antriebsleistung. Die Schallschutzwände entlang der Bahnlinie können effektiver wirken, wenn die Schallquellen niedrig, also im Unterflurbereich liegen.

Beim Vergleich und der Bewertung verschiedener Konzepte mit verteilter Antriebsleistung erwies sich das mit 50 % angetriebenen Radsätzen und 50 % Laufradsätzen als günstigstes. Eine weitere Aufteilung der Antriebsleistung würde das Gewicht und den Platzbedarf der Antriebskomponenten erhöhen. Bild 4 zeigt das für den ICE 3 gewählte Konzept und die Verteilung der Hauptkomponenten über den Zug. Wegen des symmetrischen Aufbaus sind nur vier der acht Wagen dargestellt. Die Endwagen und die Stromrichterwagen tragen jeweils einen Strom-

Bild 4: Zugkonfiguration



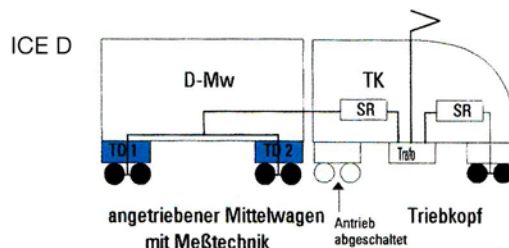


TD 1: achsreitender Antrieb mit Bogenzahnkupplung
 TD 2: vollabgefederter Antrieb mit Hohlwelle
 LD 1: mit Laufradsätzen

ICE 3-Komponenten

Hieraus wurde dann der ICE 3 als Triebwagen-Kurz-zug definiert.

Für den Einsatz im deutschen Netz hat die DB 37 Züge bestellt.



Der zweite Erprobungsträger ist der ICE S, der der Absicherung der Höchstgeschwindigkeit des ICE 3 dient. Er besteht in symmetrischer Anordnung aus den beiden Triebköpfen ICE S-TK, 2 angetriebenen Mittelwagen mit Stromrichtern und einem nichtangetriebenen Mittelwagen mit Transformator.

ICE 3 (M)

Um den freien Zugang der Höchstgeschwindigkeitszüge zu den entstehenden europäischen Schnellfahrnetzen zu gewährleisten, müssen die „Technischen Spezifikationen für Interoperabilität (TSI)“ eingehalten werden. Hiernach sind folgende wesentliche Vorgaben zu erfüllen:

- ▷ Triebzug oder vergleichbare Konfiguration, die autonom in beiden Richtungen fahren kann,
- ▷ größte Zuglänge 400 m,
- ▷ Auslegung für Bahnsteighöhen von 76 und 55 cm,
- ▷ größte statische Radsatzlast 17 t,
- ▷ erreichbare Höchstgeschwindigkeit 330 km/h,
- ▷ europäisches Fahrzeugprofil (Basis: UIC),
- ▷ geeignet für die Strom-, Zugsicherungs- und Kommunikationssysteme der Einsatzstrecken und
- ▷ druckgeschützte Ausführung der Fahrgast- und Führerräume.

Ausgehend vom ICE 3-Konzept sind diese Forderungen erfüllbar.

In der Mehrsystemausführung des ICE wurden 13 Züge von der DB und 4 Züge von der NS bestellt.

ICE D/ ICE S

Der Erprobung des ICE 3 dienen 2 unterschiedliche Erprobungsträger. Einerseits ist dies der ICE D, bestehend aus einem ICE 2 Triebkopf und einem Mittelwagen mit 4 angetriebenen Achsen. Diese Einheit wird in einen normalen ICE 1-Verband eingegliedert und im regulären Fahrgastbetrieb einer Dauererprobung unterzogen.

ICE 4

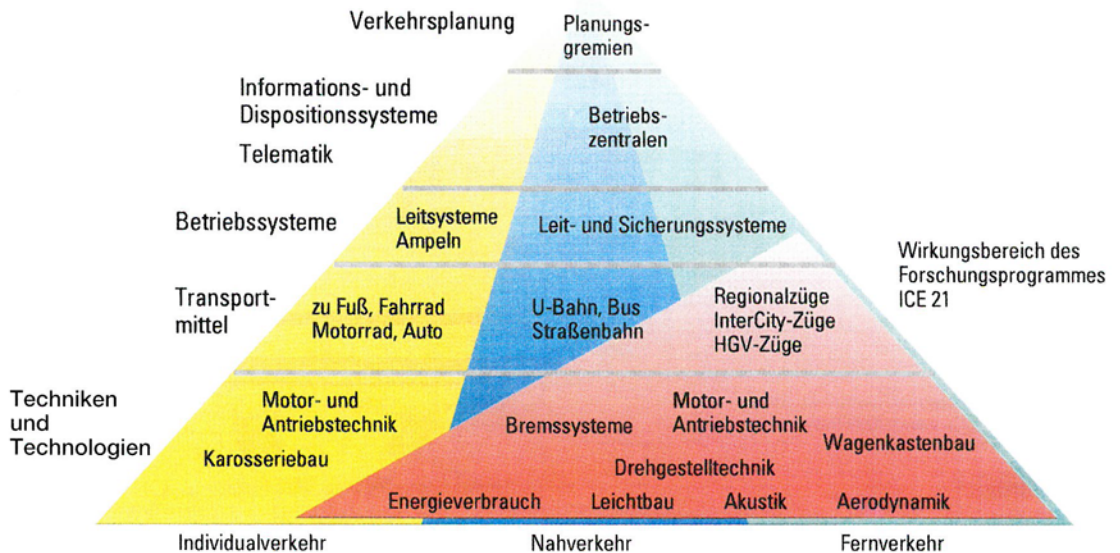
Basierend auf die beim ICE 3 verwendeten Techniken und Technologien befindet sich derzeit der ICE 4 in Planung. Dieser soll gegenüber dem ICE 3 vor allem eine erhöhte Beförderungsleistung erbringen. Mögliche Varianten sind hierbei Züge mit erhöhter Passagierdichte, Züge mit zusätzlicher Sitzreihe durch Verbreiterung des Wagenkastens oder Züge in Doppelstockausführung. Eine weitere Variante zur Erhöhung der Beförderungsleistung ergibt sich durch die Verwendung von Neigtechnik.

Forschungsprogramm ICE 21

Ziele des Forschungsprogrammes

Bei der Bezeichnung ICE 21 handelt es sich nicht um ein weiteres zukünftiges Serienfahrzeug, sondern um den Titel eines Forschungsprogramms zur Erforschung und Entwicklung der technischen und technologischen Grundlagen zukünftiger Zuggenerationen. Hierbei sollen Antworten auf die Anforderungen des 21. Jahrhunderts an einen attraktiven, wirtschaftlichen und umweltschonenden Bahnverkehr gegeben werden.

Das Forschungsprogramm wurde von der Deutschen Bahn AG, den Systemhäusern Siemens (als Federführer der Bahnindustrie) und Adtranz sowie der Deutschen Waggonbau AG initiiert. Innerhalb von Einzelvorhaben werden neue Teilsysteme und Komponenten durch die Industrie erforscht und entwickelt, die gemeinsam mit dem Betreiber erprobt werden. Es handelt sich um ein offenes Forschungsprogramm, welches jederzeit durch zusätzli-



che Themen und die Beteiligung anderer Partner erweitert werden kann.

Die Stoßrichtung des Programms zielt auf den Hochgeschwindigkeitsverkehr ab, unter dessen speziell hohen Anforderungen eine gesamtsystemhafte Erprobung der innovativen Systeme und Komponenten erfolgt. Die Ergebnisse des Forschungsprogramms sind jedoch von Gültigkeit und Nutzen für den gesamten schienengebundenen Verkehr und werden auch darüber hinaus ihre Bedeutung für die weitere Entwicklung der anderen Verkehrsträger haben.

Die Ziele formulieren sich wie folgt:

Kosten für Betrieb und Reise senken

Ein entscheidender Aspekt des einzelnen Reisenden für die Verkehrsmittelwahl sind die Kosten zur Erfüllung seiner Mobilitätsbedürfnisse. Aus Sicht der Betreiber von Transportsystemen sind deshalb gesamtheitliche Kostenbetrachtungen, die sogenannten Lebenszykluskosten, erforderlich, die die Grundlage zur Ermittlung von Kosteneinsparpotentialen innerhalb komplexer Systeme bilden. Ziel des Forschungsprogrammes ist es, die Lebenszykluskosten zukünftiger Zuggenerationen um $\frac{1}{3}$ zu senken.

Wesentliche Beiträge zur Reduzierung der Lebenszykluskosten müssen aus den Kostenblöcken Beschaffungskosten, Energiekosten und Instandhaltungskosten erbracht werden. Während bislang die Beschaffungskosten und die Energiekosten im Vordergrund standen, rücken zunehmend die Instandhaltungskosten in das Blickfeld der Untersuchungen. Entwicklungspotentiale für eine Reduzierung der Instandhaltungskosten liegen in methodischen Ansätzen zur Erhöhung von Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit aller Systeme und Komponenten. Instandhaltungskonzepte werden von Anfang an in die Erforschung und Entwicklung neuer Technologien einbezogen.

Reisezeiten reduzieren

Um die Attraktivität des Bahnsystems zu erhöhen, ist die Reduzierung der Reisezeit ein für den Fahrgast entscheidendes Kriterium. Diese Reduktion kann durch die Steigerung der betrieblichen Durch-

schnittsgeschwindigkeit sowie der Beschleunigung erzielt werden.

Künftige Hochgeschwindigkeitszüge werden im Regelbetrieb in der Spitze etwa 350 km/h schnell sein. Dies ist u. a. eine Prämisse für die Auslegung des europäischen Hochgeschwindigkeitsnetzes. Einen wichtigeren Faktor in der Reisezeitverkürzung spielt jedoch das Beschleunigungsvermögen. Zur Erzielung weiterer Reisezeitreduktionen auf Linien mit erhöhtem Altnetz- und Ausbaustreckenanteilen ist einerseits die Erhöhung der Anfahrbeschleunigung und andererseits die Verwendung von Neigtechnik von entscheidender Bedeutung.

Komfort erhöhen

Ziel des Forschungsprogrammes wird es sein, Lösungen anzubieten, die die durch Lauftechnik und Fahrweg bedingten Schwingungen und Störungen vom Wagenkasten und damit vom Reisenden fern halten. Diese Schwingungen äußern sich unangenehm durch Rüttelbewegungen und Lärm im Innenraum.

Einerseits soll eine Komforterhöhung im oberen Geschwindigkeitsbereich erzielt werden. Andererseits soll das Befahren des Alt- und Ausbaustreckennetzes mit höherer Geschwindigkeit bei gleichbleibendem bzw. verbessertem Komfort ermöglicht werden.

Energieverbrauch senken

Die Senkung des Energieverbrauchs reduziert die Betriebskosten. Für komplexe Systeme wie das System Bahn ist dieses Ziel nur im Rahmen einer Optimierung aller Systeme und Komponenten im Einklang miteinander zu bewerkstelligen. So sollen Wirkungsgrade verbessert und Verlustwärme vermieden werden und dort, wo sie weiterhin anfällt, z. B. zu Zwecken der Klimatisierung, genutzt werden.

Ziel des Forschungsprogrammes ist daher die Erforschung und Entwicklung energieeffizienter Systeme und Komponenten, die es zukünftigen Zuggenerationen erlauben, 30 % weniger Energie bei vergleichbarer Transportleistung und Transportqualität zu verbrauchen.

Speziell mit dem Ziel, Emissionen zu verringern und

Der ICE gehört heute zu den Innovationen am top-end des Technik-Spektrums; er sichert neben seiner Funktion als unbestritten wirtschaftliche und ökologisch sinnvolle Ergänzung im Zusammenspiel aller leistungsfähigen Verkehrsträger auch die technologische Führerschaft der deutschen Bahnindustrie.

Nach einem Kapitel zur Geschichte des Schnellverkehrs in Deutschland behandelt die 3., völlig überarbeitete und ergänzte Auflage alle Stufen der Entwicklung des InterCityExpress. Die Autoren und Konstrukteure des ICE liefern Details über alle ICE-Generationen: Die allerersten Planungen des InterCity-Experimental, die Erfahrungen mit dem Betrieb der ersten ICE-Generation (ICE 1), seine Weiterentwicklung (ICE 2) und die Konzipierung einer technisch völlig neuen ICE-Generation (ICE 3), die auch in Mehrgliederausführung in ganz Europa eingesetzt werden kann.

Gewissermaßen aus erster Hand werden alle technischen Innovationen, die das Bahnreisen so komfortabel machen, dem interessierten Leser in Wort und Bild ausführlich vorgestellt.

