

Velaro MS für Europa – ICE 3neo für die DB

Dr. Dietmar Zeiler
 Head of High Speed Germany
 Siemens Mobility GmbH

Andreas Scheer
 Project Manager ETCS
 Siemens Mobility GmbH

Christoph Seffrin
 Project Manager Velaro MS
 Siemens Mobility GmbH

Internet-Publikation mit Genehmigung des Verlags Minirex AG

Im Juli 2020 hatte die Deutsche Bahn AG (DB AG) mit Siemens Mobility einen Rahmenvertrag über 90 Einheiten des Velaro MS (Mehrsystem) geschlossen und sogleich 30 Fahrzeuge abgerufen. Die Viersystem-Züge werden von der Deutschen Bahn als ICE 3neo der Baureihe 408 geführt. Es handelt sich dabei um die neueste Variante, die auf Basis der Plattform Velaro entwickelt worden ist.

Bei der öffentlichen Vorstellung des ersten Zuges am 1. Februar 2022 gab die DB AG die Bestellung der nächsten 43 Velaro-MS-Triebzüge bei Siemens bekannt. Eine weitere Order über 17 Züge erging am 17. Mai 2023.

Trotz der massiven Einschränkungen durch die Covid-19-Pandemie und der damit weltweit gestörten Lieferketten konnte die erste Fahrt mit Fahrgästen bereits eine Woche vor Plan am 5. Dezember 2022 stattfinden.

Der Velaro MS konnte nicht nur termingerecht fertiggestellt und zugelassen werden; er beinhaltet viele technische Neuentwicklungen, die dank einer beeindruckenden Teamleistung, insbesondere durch die enge Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn, innerhalb dieser ungewöhnlich kurzen Zeit von 29 Monaten realisiert werden konnten.

Seit Start des Winterfahrplans im Dezember 2022 verkehrt die neue Baureihe 408 zuver-

lässig zwischen Dortmund, Köln und Frankfurt (Main), teilweise mit Verlängerung über die neue Schnellfahrstrecke Wendlingen – Ulm nach München.

Die Produktion des Velaro MS sichert in Deutschland mehr als 2500 Arbeitsplätze, rund 2000 davon allein bei Siemens Mobility und viele weitere bei mehr als 170 deutschen Zulieferern. Insgesamt verbleiben mehr als 75 % der Wertschöpfung in Deutschland.

Die Fertigung der Fahrzeuge erfolgt vom Rohbau bis zum Endausbau in Krefeld-Uerdingen. Die Wagenkästen entstehen in Aluminium-Integral-Bauweise. Die Drehgestelle werden bei Siemens Mobility Austria in Graz gebaut und nach Krefeld zugeliefert. Anschliessend werden die Züge auf der eigenen Teststrecke im Siemens-Prüfcenter in Wegberg-Wildenrath auf Herz und Nieren geprüft.

Mit der Auslieferung der weiteren Züge bis 2028 wird die DB AG das Einsatzgebiet der Fahrzeuge schrittweise erweitern. Ab 2024 soll die Baureihe 408 auch auf internationalen Verbindungen nach Belgien und in die Niederlande eingesetzt werden.

Vorbetrachtung

Die neuen achteiligen, rund 201 Meter langen Viersystemzüge (25 kV / 50 Hz, 15 kV / 16,7 Hz Wechselspannung (AC) und 3 kV / 1,5 kV Gleichspannung (DC)) der Baureihe 408 entsprechen in ihrer Grundkonzeption der seit Dezember 2013 vom DB-Fernverkehr eingesetzten Baureihe 407 (Velaro D). Aber unter der bekannten Aussenhaut finden sich sehr viele technische Neuerungen aufgrund aktueller Anforderungen seitens der DB AG und des europäischen Vorschriften- und Normenwerks. Als Beispiel dafür sei genannt, dass die Baureihe 407 einem Stand der Normung der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) von 2011 entspricht, während die Baureihe 408 die aktuelle Normenwelt TSI Loc&Pas 2020 vollständig erfüllt. Als Entwicklung für den europäischen Hochgeschwindigkeitsverkehr werden auch die aktuellen nationalen Regelwerke der Länder inklusive deren Netzzugangsbedingungen eingehalten.

Die Baureihe 408 profitiert von eigenen Vorleistungen seitens Siemens Mobility beziehungsweise von der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Velaro-Plattform, dem stetigen Wissensrückfluss aus dem weltweiten Betrieb und der Instandhaltung bestehender Flotten.

Im Rahmen der Velaro-Plattformarbeit wurden deutliche Verbesserungen eingeführt, im wesentlichen in Richtung gesteigerter Zuverlässigkeit und deutlich gesenkter Instandhaltungskosten. Durch das Wissen, generiert aus mehreren Milliarden Kilometern Lauf-

Technische Daten

Maximale Geschwindigkeit	320 km/h AC, 200 km/h (3 kV DC), 160 km/h (1,5 kV DC)
Länge des Zugs	201 m
Spannungssysteme	15 kV / 16,7 Hz, 25 kV / 50 Hz sowie 1,5 oder 3 kV DC
Traktionsleistung	8000 kW AC / 4200 kW DC
Bremsen	Generatorisch, Wirbelstrombremse, pneumatisch
Anzahl Achsen	32 (16 angetrieben)
Verteilung der Achsen	Bo'Bo'+2'2'+Bo'Bo'+2'2'+2'2'+Bo'Bo'+2'2'+Bo'Bo'
Anzahl Drehgestelle	16
Radsatzlast	< 17 t
Raddurchmesser neu	920 mm
Anzahl Wagen / Zug	8
Spurweite	1435 mm
Länge Wagenkasten EW	25,7 m
Länge Wagenkasten MW	24,2 m
Fußbodenhöhe	1240 mm (über SO)
Stromabnehmer	2 x DC 1,5 oder 3 kV, 2 x AC 15 kV / 16,7 Hz / 2 x AC 25 kV / 50 Hz
Betriebseinsatz	Dezember 2022
Anzahl Sitzplätze (gesamt / davon Bordrestaurant / 1. Klasse / 2. Klasse)	439 / 16 / 99 / 340

Zugbildung

Wagennummer (Gattung)	Beschreibung	Sitzplätze
29/39 (Apmzf 408.0)	Endwagen 1. Klasse (EW01)	Tz 8001– 8016 45 (1. Klasse)
28/38 (Apmz 408.1)	Trafowagen 1. Klasse (TW02)	54 (1. Klasse)
26/36 (BRmz 408.2)	Stromrichterwagen 2. Klasse und Bordrestaurant (SW03)	23 (2. Klasse) 16 (Restaurant)
25/35 (Bpmsz 408.3)	2.Klasse- und Servicewagen (MW04)	38 (2. Klasse) 2 Rollstuhlplätze
24/34 (Bpmz 408.8)	Mittelwagen 2. Klasse (MW05)	76 (2. Klasse)
23/33 (Bpmz 408.7)	Stromrichterwagen 2. Klasse (SW06)	76 (2. Klasse)
22/32 (Bpmz 408.6)	Trafowagen 2. Klasse (TW07)	76 (2. Klasse)
21/31 (Bpmdzf 408.5)	Endwagen 2. Klasse und Fahrradabteil (EW08)	51 (2. Klasse) 8 Fahrradstellplätze

Der neue Velaro / ICE 3neo: Triebzug 8806 anlässlich einer Testfahrt am 18. August 2022 auf der Rendsburger Hochbrücke (Foto: Siemens).

leistung der Velaro-Fahrzeuge, sind Neuerungen im Fahrzeug auch in kurzer Zeit umsetzbar.

Damit treffen beim Velaro MS ausgereifte Technik und die Erfahrungen aus dem Betrieb auf sinnvolle und notwendige Neuerungen. Durch diese Weiterentwicklungen ist er auf dem neuesten Stand der Technik. Allerdings ist aufgrund der zahlreichen Änderungen eine Kuppelbarkeit mit den Vorgängerbaureihen nicht mehr gegeben.

Im folgenden sollen einige der technischen Neuheiten näher betrachtet werden.

Digitaler Zwilling

Bevor die Baureihe 408 ihre ersten Kilometer im Testcenter absolviert hat, hatte sie als Digitaler Zwilling bereits tausende Kilometer im Labor zurückgelegt. Dafür wird der komplette Zug vor der Produktion virtuell zum Leben erweckt und als Digitaler Zwilling in Computer-Modellen als Virtual-Reality-Modell oder in Simulationen hinterlegt. Diese virtuellen Fahrzeuge bilden den aktuellen Entwicklungsstand ab und ermöglichen es den Fahrzeugentwicklern, direkt in diesen laufenden Stand weiterzuentwickeln und anschließend zu testen. Alle Details, ob Hard- oder Software betreffend, werden am Computer geplant und simuliert. Später kann das Verhalten des realen Zuges auf der Strecke validiert werden. Auch die Montage und der schnelle Austausch von Komponenten in der Instandhaltung werden durch Simulationen sichergestellt. Diese Vorgehensweise ist einer der grossen Unterschiede zur Entwicklung der bisherigen Velaro-Generationen und hat massgeblich zur optimierten Entwicklungszeit und dem termingerechten Betriebsstart beigetragen.

Drehgestell

Das Drehgestell SF 500 für die Baureihe 408 ist eine konsequente Weiterentwicklung der Ausführung für die Baureihen 403 (ICE 3-Einssystem), 406 (ICE 3-Mehrsystem) und die Baureihe 407. Das modulare Konzept des SF 500 erlaubt die Verwendung sowohl als Trieb- als auch als Lauffahrwerk. Die Drehgestellrahmen sind als verwindungsweiche offene H-Rahmen in Form einer Schweiss-Verbundkonstruktion ausgeführt; die Radsatzführung erfolgt über eine Schwingenkonstruktion. Ein Luftfedersystem mit grossem Zusatzluftvolumen ermöglicht eine sehr komfortable Sekundärfederstufe. In den angetriebenen Drehgestellen sind jeweils zwei querliegende Fahrmotoren über einen Motorträger und ein innovatives Blattfeder-Dämpfersystem querelastisch aufgehängt. Die Drehmomentübertragung von den Fahrmotoren erfolgt pro Radsatz jeweils über ein teilgefederes Stirnradgetriebe in Verbindung mit einer Bogenzahnkupplung.

Im Zuge der Velaro-Plattform wird das Fahrwerk laufend auf dem neuesten Stand der Technik gehalten. Dank dadurch vorliegender Nachweise konnte eine rasche und un-

Laufdrehgestell SF 500 mit Wirbelstrombremse (Foto: Siemens).



komplizierte Zulassung des Drehgestells erreicht werden. Für die Baureihe 408 werden erstmals komplett festgewalzte Radsatzwellen verwendet. Deren Festigkeit wird durch eine mechanische Oberflächenbehandlung erhöht.

Weiterhin wurde das Drehgestell SF 500 an die aktuellen kundenspezifischen Anforderungen und auf den neuesten Normenstand gebracht. Unter anderem wurde die aktuelle Brandschutznorm EN 45545-2 umgesetzt.

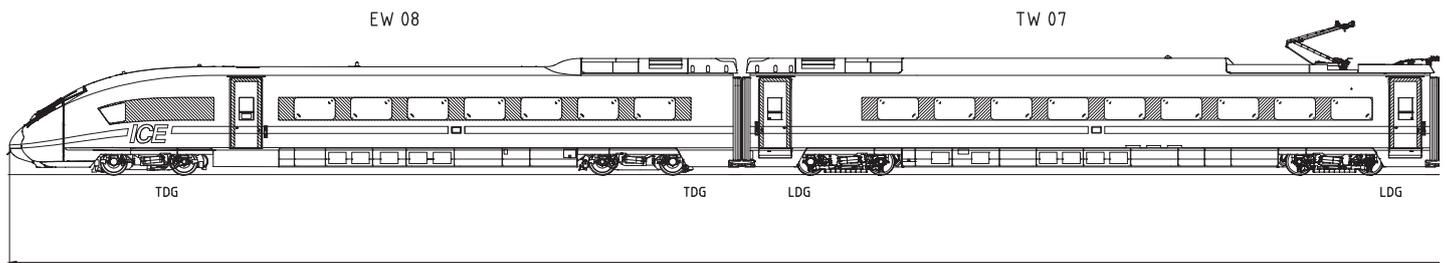
Antriebssystem und Bordnetz

Aufgrund der hervorragenden Betriebserfahrungen mit der aktuellen Evolutionsstufe des Velaro gab es im Bereich Motor, Getriebe, Transformator, Energieversorgungsblöcke und der Traktionsumrichter nur Änderungen im Detail. Nach den in der Velaro-Plattform ausgearbeiteten und angewandten Verbesserungen der Aerodynamik des Fahrzeugs wird eine Restbeschleunigung von $0,05 \text{ m/s}^2$ bei 320 km/h mit der Antriebsleistung von 8 MW erreicht.

Die Baureihe 408 verfügt antriebseitig über vier baugleiche, unabhängige Traktionseinheiten mit Stromrichtern in IGBT-Technologie, die jeweils vier forciert belüftete Fahrmotoren mit je 500 kW in Asynchrontechnik treiben – davon sind jeweils zwei Motoren an einem Pulswechselrichter (PWR) und in einem Drehgestell. Beim Ausfall einer Traktionseinheit lässt sich diese ohne Einfluss auf die übrigen Antriebseinheiten isolieren. Der Zug kann so mit 75% der maximalen Traktionsleistung sein Ziel erreichen. Das Antriebskonzept gestattet eine Rückspeisung in die AC- und DC-Netze, sofern diese aufnahmefähig sind.

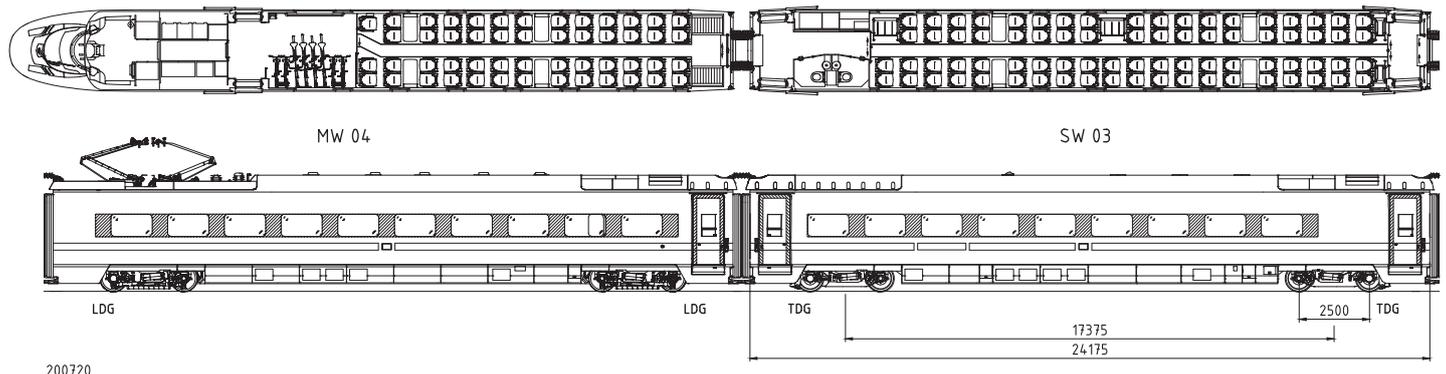
Das Bordnetz ist mit vier Energieversorgungsblöcken (EVB) und einer Gesamtleistung von zirka 800 kVA ausgeführt. Diese versorgt synchron eine Bordnetzschiene mit $3 \times \text{AC } 440 \text{ V} / 60 \text{ Hz}$ und die 110 V Gleichspannungsverbraucher. Die Eingänge der EVB sind an den Traktionszwischenkreisen der Stromrichter angeschlossen. Bei Ausfall eines EVB, übernehmen die verbleibenden EVB die Versorgung des Drehstromnetzes





2. Klasse - 51 Sitzplätze

2. Klasse - 76 Sitzplätze



200720

2. Klasse - 38 Sitzplätze
+2 Rollstuhlplätze2. Klasse - 23 Sitzplätze
16 Restaurantsitze
= 39 Sitzplätze

und dessen angeschlossene Verbraucher. Das Bordnetz bietet folgende Spannungsebenen: 3 x 440 V / 60 Hz, 230 V / 60 Hz (Kleinheizungen), 230 V / 50 Hz (Steckdosen) und 110 V DC.

Die beiden Transformatoren verfügen jeweils über eine Nennleistung von 5220 kVA. Sie sind einphasig für AC 15 oder 25 kV ausgeführt, besitzen eine Primär- und sechs Sekundärwicklungen und sind in einem Aluminiumkessel untergebracht. Die Isolation und Kühlung erfolgt durch Ester.

Stromabnehmer

Für die unterschiedlichen Fahrdrachtspannungen und den internationalen Einsatz ist die Baureihe 408 mit vier AC- und zwei DC-Stromabnehmern ausgestattet. Die Anordnung der Stromabnehmer ist so gewählt, dass sich die beiden AC-Stromabnehmer einen Dachgarten teilen und damit auch nur ein AC-Hauptschalter pro Zughälfte benötigt wird. Durch die Anordnung in der Zugmitte sind die Wechselwirkungen der verschiedenen Stromabnehmerkonfigurationen

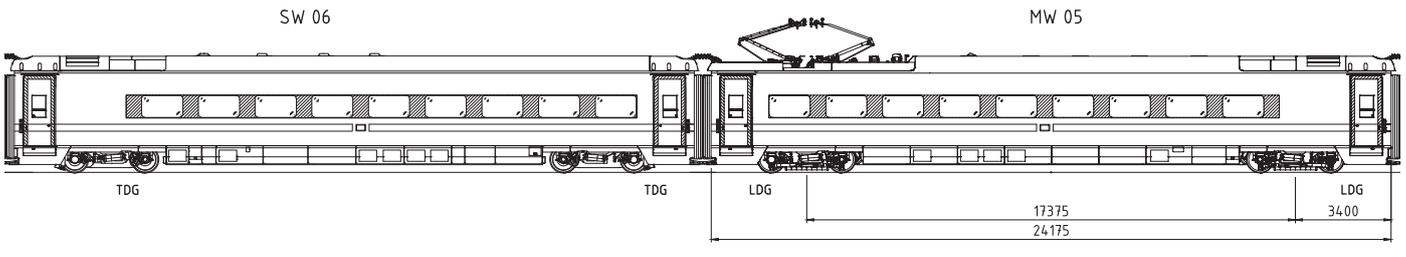
in Doppeltraktion mit der Oberleitung minimiert. Der Abstand der DC-Stromabnehmer ermöglicht dagegen sogar den Betrieb von zwei Stromabnehmern an der Fahrleitung.

Alle Pantographen und deren Pneumatik- und Steuerungsbaugruppen sind vollständige Neuentwicklungen von Siemens Mobility. Für den Betrieb in Deutschland unter 15 kV / 16,7 Hz kommt ein 1950 mm breiter Pantograf zum Einsatz, für den zukünftigen Betrieb unter 25 kV / 50 Hz in Belgien und den Niederlanden ein 1600 mm breiter. Dieser ersetzt den unter anderem bei der Baureihe 407 verwendeten 1450 mm breiten 25-kV-Stromabnehmer. Die AC-Stromabnehmer verfügen über Torsionsfedern in den Wippen und eine elektronische Steuerung, um den Druck entsprechend der Zugkonfiguration, der Geschwindigkeit und der äußeren Umgebungsbedingungen stufenlos einstellen zu können.

Für den DC-Betrieb mit 1,5 kV und 3 kV in Belgien und den Niederlanden stehen Stromabnehmer mit 1950 mm Wippenbreite zur Verfügung. Diese verfügen über Blattfedern aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) in der Wippe. Über die neuentwickelte Ventiltafel sind zwei verschiedene Druckniveaus anwählbar. Weiterhin ist eine Steighöhenbegrenzung und -überwachung realisiert.

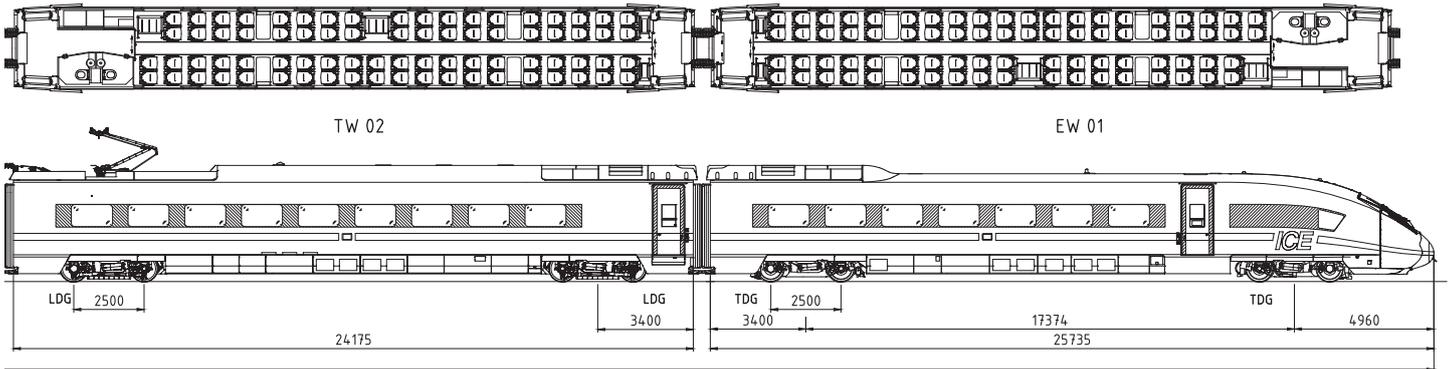


Der von Siemens neu entwickelte Stromabnehmer in der Bestückung für 15 kV / 16,7 Hz (Foto: Siemens).



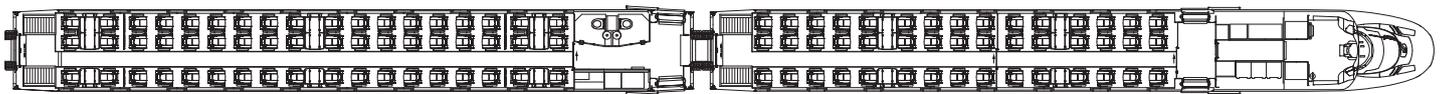
2. Klasse - 76 Sitzplätze

2. Klasse - 76 Sitzplätze



1. Klasse - 54 Sitzplätze

1. Klasse - 45 Sitzplätze



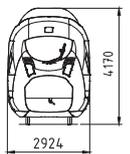
Bremssystem

Das Bremssystem der Baureihe 408 besteht aus drei voneinander unabhängigen Subsystemen, die durch ein busgestütztes Steuerungssystem eingesetzt und überwacht werden. Zur Anrechnung kommen nur die beiden fahrleitungsunabhängigen Bremssysteme: pneumatische Bremse und Wirbelstrombremse. Die pneumatische Bremse ist an den Lauffahrwerken mit jeweils drei Wellenbremsscheiben pro Radsatz ausgeführt. An den Triebdrehgestellen kommen Radbremsscheiben zum Einsatz. Magnetschienensbremsen sind nicht vorgesehen. Zur Reduktion der Lebenszykluskosten werden im Betrieb bevorzugt die weitgehend verschleisslosen Systeme Netzrückspeisung und Wirbelstrombremse eingesetzt. Die generatorische Bremse ist als Rekuperationsbremse ausgeführt und erhöht durch ihr verschleissfreies Bremsen mit Energierückspeisung die Wirtschaftlichkeit des Velaro MS erheblich. Die Feststellbremse wird mit jeweils sechs Federspeicherbremszylindern an den nicht angetriebenen Wagen realisiert. Die Erfahrungen aus den ICE-3- und Velaro-Flotten konnten auch hier direkt berücksichtigt werden und führten zu schnell und nachgewiesen hoch zuverlässig einsetzbaren Systemen. Zu den weiteren Besonderheiten des Bremssystems zählen der Einsatz wartungsarmer, umweltfreundlicher, ölfreier Kompressoren.

Rollstuhl-Hublift

Auffälligster von aussen sichtbarer Unterschied sind die bei der Baureihe 408 realisierten zwölf statt bisher zehn Fahrgasttüren pro Seite. Die zusätzlichen Türen sichern einen schnelleren Ein- und Ausstieg und bieten mehr Komfort für die Fahrgäste. Eine wesentliche Verbesserung ist dabei der erstmalig festverbaute und vollautomatische Hublift. Von dieser kompletten Neuentwicklung profitieren das Zugpersonal und die Fahrgäste mit Rollstuhl gleichermaßen. Es

Oben: Typenskizze des ICE 3neo der DB: LDG: Laufdrehgestell, TDG: Triebdrehgestell, EW: Endwagen, MW: Mittelwagen, SW: Stromrichterwagen, TW: Transformatorwagen.



konnten die notwendigen Bedienhandlungen durch das Personal auf zwei reduziert und die Robustheit gesteigert werden. Die Anordnung an einem separaten Zustieg



Der neu entwickelte Hublift bei dem für Rollstuhlfahrer reservierten Einstieg (Foto: Siemens).



Rollstühle ohne (wie abgebildet) und mit Antrieb passen durch den Wagenübergang (Foto: Siemens).

sorgt darüber hinaus für geringere Fahrgastwechselzeiten und ist damit für den Betriebsablauf sehr vorteilhaft. Durch die neue Zwei-Arm-Auslenkung wird ein zügiger und komfortabler Ein- und Ausstieg von mobilitätseingeschränkten Fahrgästen mit Rollstuhl ermöglicht.

Passagierbereiche/Fahrgastraum

Viele weitere Unterschiede zur DB-Baureihe 407 finden sich in den Passagierbereichen. Mit jetzt 99 Sitzplätzen in der ersten Klasse, 340 Sitzplätzen in der zweiten Klasse, 16 Sitzplätzen im Restaurantbereich und den zwei PRM/Rollstuhlstellplätzen ergibt sich eine Gesamtkapazität von 457 Sitzplätzen. Alle Sitzplätze der ersten und zweiten Klasse verfügen über Tablet-Halterungen und 220-V-Steckdosen. Der Anteil der ersten Klasse wurde zugunsten der zweiten Klasse reduziert. Der Restaurantwagen beherbergt neben dem neu konzipierten Bordbistro und -restaurant jetzt einen Grossraumbereich



Das Fahrradabteil (Foto: Siemens).

der zweiten Klasse. Ein neu gestaltetes Kleinkindabteil mit eigenen Spielmöglichkeiten und Kinderwagenstellplatz ergänzt die zweite Klasse. Hinzu kommt ein kindgerechter Familienbereich mit einem weiteren Kinderwagenstellplatz und einer grosszügigen Gepäckaufbewahrung. Insgesamt verfügt die Baureihe 408 über mehr Gepäckregale, die in Funktion und Design optimiert wurden und über mehr Stauraum als bisher verfügen. Neu ist auch die Möglichkeit zur Mitnahme von Fahrrädern. Dazu befinden sich im Endwagen der zweiten Klasse acht reservierbare Fahrradstellplätze.

Den Passagieren stehen zehn Toiletten zur Verfügung, davon eine per Rollstuhl befahrbar. Eine weitere ist dem Personal vorbehalten. In den Toiletten finden sich jetzt berührungslose Seifen- und Desinfektionsspender. Auch die Bedienung der Toilettenspülung und des Mülleimers erfolgt berührungslos, um aktuelle Hygienestandards zu erfüllen und damit das gesund-

heitliche Wohl der Reisenden zu gewährleisten.

Eine neue LED-Innenraumbeleuchtung mit tageszeitabhängigem Farbtonwechsel sorgt für ein angenehmes Ambiente bei gleichzeitig bester Ausleuchtung.

Um innerhalb des Zuges den Passagieren eine uneingeschränkte Konnektivität zu ermöglichen, ist die Baureihe 408 mit mobilfunkdurchlässigen Scheiben ausgerüstet. Hierfür wird in die wärmeabweisende Metallschicht der Scheiben ein feines Raster gelasert, so dass durch die Fenster ein verbesserter Mobilfunkempfang ermöglicht wird.

Fahrgastinformationssystem

Das neu entwickelte Fahrgastinformationssystem (FIS) basiert auf einem unabhängigen und eigens dafür bereitgestellten Betreiber Netzwerk. Dieses wird durch ein Security Gateway von der zulassungsrelevanten Fahrzeugsteuerungsebene beziehungsweise deren Netzwerken getrennt. Die dafür geforderte neue Standard-Hardware und deren Schnittstellen sowie die darauf basierende Software bedienen die Anforderungen des

Fahrgastraum der ersten Klasse im Endwagen EW01 (Foto: Siemens).



Fahrgastraum der zweiten Klasse im Servicewagen (MW04) mit Blick in Richtung PRM-Bereich und Kleinkindabteil (Foto: Siemens).





Die Galley im Bistro (Foto: Siemens).



Blick durch das Bordrestaurant im Wagen SW03 in Richtung zur zweiten Klasse (Foto: Siemens).

neuen Fahrgastinformationssysteme auf Basis der DB-Eigenentwicklung „Einheitlich Universelles Linux für Ein- und Ausgabegeräte“ (EULE).

Damit kann die DB AG schnell und ohne Unterstützung von Siemens Mobility eigene Änderungen oder Erweiterungen in das FIS einbringen, ohne das Risiko einzugehen, in zulassungsrelevante Anteile der Fahrzeugsteuerung einzugreifen.

Die Reservierungsanzeigen im Bereich der Gepäckablage der Baureihe 408 verfügen über eine zusätzliche LED-Statusleuchte über jedem Sitzplatz. Diese ergänzt die Reservierungsanzeigen mit einer farblichen Kennzeichnung. So lässt sich schnell erfassen, ob ein Sitzplatz im Wagen belegt ist oder nicht – auch aus der Ferne. Eine rote LED zeigt an, dass eine Reservierung vorliegt, die ab dem Einstiegsbahnhof gültig ist. Eine gelbe LED signalisiert, dass es eine Reservierung gibt, die erst später auf der

Das Gepäckregal in der Mitte des Abteils zweiter Klasse im Triebwagen 07 (Foto: Siemens).



Strecke gültig wird. Ist ein Sitzplatz frei, erfolgt keine Anzeige über die LED-Statusleuchte.

Insgesamt wurde bei der Baureihe 408 die Fahrgastinformation durch die Installation weiterer Monitore und eine überarbeitete Darstellung verbessert.

Klimatisierung

Zahlreiche Verbesserungen weisen auch die Klimaanlage aus. Diese sind für Aussen-temperaturen von -25°C bis $+45^{\circ}\text{C}$ ausgelegt. In den Wagen messen Sensoren kontinuierlich den CO_2 -Gehalt, so dass die Frischluftzufuhr immer optimal geregelt ist. Dies minimiert den Energieverbrauch des Klimasystems.

Darüber hinaus werden ab dem 31. Zug neuentwickelte Klimaanlage mit dem natürlichen Kältemittel R290 (Propan) in den Einsatz gelangen. Ab diesem Zeitpunkt wird die Baureihe 408 als erstes Hochgeschwindigkeitsfahrzeug weltweit über eine Klimatisierung verfügen, deren CO_2 -Fussabdruck gegenüber den herkömmlichen Anlagen drastisch reduziert ist. Das Global Warming Potential (GWP) der Anlagen reduziert sich von 1430 für das Kältemittel R134a auf 3 für R290. Damit werden die neuen Züge einen weiteren wesentlichen Beitrag zum nachhaltigen und ökologischen Fernverkehr leisten.

Galley

Auch im Bereich der neuentwickelten Galley und deren Kühlsystemen wird auf umweltschädliche Kühlmittel mit hohem Treibhauspotential verzichtet. Erstmals gelangen im Schienenfahrzeugbereich Kühlaggregate mit dem Kältemittel CO_2 in den Einsatz. Durch den Einbau der innovativen Geräte für Tief- und Normalkühlung mit dem Kältemittel CO_2 (R744) mit einem GWP von 1 konnten Kältemittel wie R134a und R404A mit einem relativen Treibhauspotential von 1430 beziehungsweise 3922 ersetzt werden.

Innovative Schnell-Wechselsysteme ermöglichen jetzt den direkten und schnellen Austausch von kompletten Küchengeräten, beispielsweise der Kaffeemaschine.

European Train Control System

Die Zulassung für das European Train Control System (ETCS) war einer der komplexesten Meilensteine für die pünktliche Betriebsaufnahme der Baureihe 408. Das ETCS ermöglicht es, die Fahrzeuge im Streckennetz zu überwachen und im Notfall automatisch zu bremsen, um beispielsweise Geschwindigkeitsüberschreitungen zu verhindern.

Das neuentwickelte Herzstück der Zugsicherung ist die Trainguard 200 OBU (On-Board Unit) von Siemens Mobility Rail Infrastructure. Sie besteht aus der notwendigen Hardware und Software für die Kommunikation mit der ETCS-Strecke und den relevanten Fahrzeugschnittstellen. Für die Baureihe 408 hat Siemens Mobility sehr komplexe Anforderungen erhalten, die bisher in dieser Form noch nie realisiert wurden. In Kombination mit dem straffen Zeitplan wurde dies zu einer

Der Triebzug 8005 in der Klimakammer von Rail Tec Arsenal in Wien am 6. Oktober 2022 (Foto: Siemens).





Der Zugsicherungsschrank mit Trainguard 200 OBU, TBL1+, LZB 80E und ATB EG (Foto: Siemens).



Blick auf das Führerpult mit Driver Machine Interface (DMI) der Zugsicherung in der Mitte (Foto: Siemens).

besonderen Herausforderung für die Entwicklung und Zulassung des Fahrzeugs. So war die Inbetriebsetzung des ersten Zuges mit ETCS für Testfahrten schon zum Herbst 2021 notwendig.

In die Baureihe 407 wurde ein sogenanntes Bi-Standard-ETCS-System integriert, das konform zur Baseline 2 (Software Requirements Specification (SRS) 2.3.0.d) ausgeführt wurde. Dieses System ist eine Kombination aus dem französischen Transmission Voie-Machine (TVM) und ETCS.

Bei der Baureihe 408 sollte die Realisierung der ETCS-Funktionen gemäss der Union Industry of Signalling (Unisig) Baseline 3 Release 2 (SRS 3.6.0) erfolgen und die ETCS-Level 1 Limited Supervision, Level 2 und NTC (National Train Control System) unterstützen. Dazu gab es die Anforderung, dass die Fahrzeuge in Deutschland zugelassen werden sollen, darüber hinaus auch für den Betrieb in Belgien, den Niederlanden und bis zum Bahnhof Basel SBB in der Schweiz – und dies nicht nur mit ETCS, sondern auch mit den jeweiligen nationalen Zugsicherungssystemen (NTC). In Belgien wird das Zugsicherungssystem Transmission Balise-Locomotive 1+ (TBL 1+) eingesetzt, in einer von Siemens selbst hergestellten Ausführung, in den Niederlanden das Automatische treinbeïnvloeding Erste Generatie (ATB EG). Darüber hinaus muss die Zugsicherung über die Linienförmige Zugbeeinflussung (LZB) und die Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB) für den Betrieb in Deutschland auf nicht mit ETCS ausgerüsteten Strecken verfügen.

Die Zugsicherungssysteme sind in einem dreitürigen Zugsicherungsschrank hinter dem Führerstand untergebracht. Das linke Schrankfeld ist nicht bestückt und steht für einen späteren Ausbau mit weiteren Länderpaketen zur Verfügung.

Die NTC sind entweder über den Multi Vehicle Bus (MVB) an die Trainguard 200 OBU angebunden oder über Profibus (ATB EG). Die

Bedienung aller NTC ist im zentralen Driver Machine Interface (DMI) der Trainguard 200 OBU integriert, so dass der Triebfahrzeugführer mit nur einem Display die Systeme bedienen kann. Das DMI besitzt zwei geteilte Displayhälften mit getrennten Ansteuerungen. Bei einem Ausfall einer Displayhälfte ist eine Bedienung der wichtigsten Funktionen über die verbleibende Displayhälfte sichergestellt.

Die Kernaufgabe der Trainguard 200 OBU ist die Überwachung der zulässigen Fahrzeuggeschwindigkeit, der Bremskurven in Abhängigkeit des aktuellen Bremsvermögens sowie die Überwachung von Haltepunkten. Bei Abweichungen von den einzuhaltenden Parametern gibt es verschiedene Eskalationsstufen, die es dem Triebfahrzeugführer ermöglichen, noch rechtzeitig zu reagieren, um eine automatische Zwangsbremmung zu verhindern.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben ist eine präzise Geschwindigkeitsermittlung und eine hohe Genauigkeit bei der Positionsbestimmung des Zuges erforderlich. Die Trainguard 200 OBU verfügt dafür über eine hochentwickelte und robuste Odometrie, die aus zwei Wegimpulsgebern und zwei diversitären Radaren besteht. Diversitär bedeutet hier, dass zwei verschiedene Radarsensortypen von unterschiedlichen Herstellern eingesetzt werden.

Der Ausfall eines Wegimpulsgebers oder eines Radarsensors ermöglicht die Weiterfahrt ohne betriebliche Einschränkung. Selbst ein Radar und ein Wegimpulsgeber oder beide Radare können gleichzeitig ausfallen, ohne dass dies Auswirkungen auf den Betrieb hat. Zu diesem Konzept gehört, dass sich die Wegimpulsgeber an nicht angetriebenen Achsen befinden.

Die Baureihe 408 verfügt über eine Ortung per Global Positioning System (GPS). Diese wird neben der Zeitreferenz für Zwecke der Positionsaufzeichnung im Juridical Recorder (JRU) verwendet.

Die Aufzeichnung der relevanten Betriebsdaten und Bedienhandlungen des Triebfahrzeugführers erfolgen für alle Systeme der Automatic Train Protection (ATP) zentral im JRU. Die Daten aus dem Recorder dienen der Betriebserfassung, der Instandhaltung, der Fehleranalyse und der Rekonstruktion von Unfallereignissen.

Trainguard 200 OBU besteht aus zwei Ebenen:

- dem European Vital Computer (EVC),
- dem non vital Computer (NVC).

Der EVC besteht aus zwei Rechnerbaugruppen in 2v2-Architektur und erreicht zusammen mit weiteren Ein- und Ausgabebaugruppen und seiner Software den Safety Integrity Level 4 (SIL4). SIL4 steht dabei für das höchste Sicherheits- und Zuverlässigkeitsniveau im Bahnsystem.

Der NVC verfügt neben einer eigenen Stromversorgung über eine eigene Central Processing Unit (CPU) als Prozessrechner für Diagnose und den Datenfunk Global System for Mobile Communications-Rail (GSM-R) als Steuereinheit der peripheren Baugruppen.

Die Kommunikation zwischen der Trainguard 200 OBU und der Strecke findet neben den im Gleis verlegten Eurobalisen über GSM-R statt. Pro Endwagen sind dazu zwei Datenfunkgeräte im NVC eingebaut, die auch bei einem Geräteausfall noch den Datenaustausch mit dem Radio Block Center an der Strecke sicherstellen.

Mit der ETCS-Einrichtung in der Baureihe 407 waren zwei Balisenantennen pro Endwagen erforderlich, um das Verfügbarkeitsziel zu erreichen. Mit Trainguard 200 OBU ist bei der Baureihe 408 nur noch eine Balisenantenne pro Endwagen für den ETCS-Betrieb notwendig.

Trainguard 200 OBU erfordert keine Instandhaltungsarbeiten, die über eine Sichtprüfung oder das Nachstellen des Raddurchmessers hinausgehen.

Die Genehmigung der Baureihe 408 wurde im ersten Schritt für Deutschland erwirkt. Die Bewertung des fahrzeugseitigen ZSS-Teilsystems (Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung) stützt sich dabei auf den aktuell gültigen Stand der TSI ZSS ((EU) 2016/919, zuletzt geändert durch (EU) 2020/420)) in Verbindung mit den in Deutschland gültigen nationalen Vorschriften an fahrzeugseitige ZSS-Komponenten und deren sichere Integration (gemäß Eisenbahn-Bundesamt, Bekanntgabe 09, Version 6.0a). Gegenüber früheren Genehmigungsverfahren war insbesondere der Nachweis der nationalen Vorschriften, das heisst der Bekanntgabe 09, sehr herausfordernd, insbesondere infolge unterschiedlicher Auslegungen des Regelwerks bei den verschiedenen beteiligten Stellen. Dank enger Zusammenarbeit aller Beteiligten ist es gelungen, die Nachweisführung im Detail rechtzeitig beizubringen, so dass die Fahrzeuggenehmigung im November 2022 und damit rechtzeitig vor der geplanten Betriebsaufnahme im Dezember 2022 erteilt werden konnte. Die Zulassung für die Grenzbetriebsstrecke nach Basel SBB wurde unmittelbar danach beim Schweizer Bundesamt für Verkehr (BAV) erwirkt. Die Genehmigung in den Niederlanden und in Belgien sind in der nächsten Projektstufe im Rahmen einer Erweiterung des Verwendungsgebiets geplant und sollen bis Ende 2024 abgeschlossen sein.

Ausblick

Die Einführung der Baureihe 408 in den Betriebsablauf beim Kunden DB befindet sich derzeit noch am Anfang. Vor drei Jahren wurde der Rahmenvertrag unterschrieben, und schon im Juni 2023 befinden sich zehn Züge im Fahrgastbetrieb. Dieser gestaltet sich sehr zuverlässig in allen Bereichen.

Mit den kommenden Fahrzeugen werden weitere Innovationen einfließen, wie beispielsweise die neue Klimaanlage, aber auch im Passagierbereich wird es Neuerungen geben, die das Reiseerlebnis für die Fahrgäste und das Zugpersonal weiter steigern.

Diese Neuerungen werden mit zusätzlichen Zulassungen in Europa gepaart sein; als Viersystem-Fahrzeug auf dem neuesten Stand der Technik bietet der Velaro MS dafür die ideale Grundlage.

Mit seinen Vorteilen im Fahrzeugkonzept, der konsequenten Reifung seiner Systeme unter den Aspekten „Zuverlässigkeit und Lebenszykluskosten“ sowie der weltweiten Erfahrung im Einsatz stellt der Velaro MS den aktuellen Benchmark für Hochgeschwindigkeitszüge mit verteilter Traktion dar.

Oben: Velaro-MS-Doppelgarnitur mit der führenden Einheit 8008 (408 008) unterwegs als ICE 917 Düsseldorf Hbf – München Hbf am 4. Februar 2023 in Altbach zwischen Esslingen am Neckar und Plochingen (Foto: P. Klein).

Mitte: Der Triebzug 8006 (408 006) absolvierte am 16. August 2022 eine Testfahrt auf der elektrifizierten Allgäubahn München – Memmingen – Lindau; im Anschluss fuhr die Garnitur vom Bodensee über die Südbahn in Richtung Ulm und weiter ins Badi-sche. Das Bild entstand im Allgäu bei Unterzell zwischen Memmingen und Leutkirch (Foto: R. Krammer).

Unten: Der ICE 3neo 408 006 am 27. März 2023 auf Testfahrt in Belgien bei Antoing auf der Strecke Tournai – Saint-Ghislain (Foto: F. Henneghien).

