

Automatisiertes Fahren am Beispiel der „Digitalen S-Bahn Hamburg“

Automatisierter Bahnbetrieb mit ATO und ETCS



Inhalt

- **Rückblick**
- **Basis**
- **Projekt**
- **Ausblick**

Siemens besitzt langjährige Erfahrung mit automatisiertem Fahren

Wir setzen auf standardisierten Systemen

ATO im Nahverkehrsbereich (seit 2004)
 1700 km mit CBTC-Technologie, 300 km GoA4
 Hochgradig skalierbar (punkt- oder linienförmig)
 51 Linien, 30 Betreiber



ATO2 Basic_Phase1 mit SBB (2018)
 ATO over ETCS L2 mit ETCS BL 2.3.0d.
 Einbau in Bestandesfahrzeug, GoA2



First field tests for S2R specification

ATO2 Basic_Phase2 mit SBB (2019-2020)
 ATO over ETCS L2 mit ETCS BL 2.3.0d.
 Erstmögliche Anwendung der UNISIG-Schnittstellen in Bestandesfahrzeug

„Digitale S-Bahn Hamburg“ (2020-2021)
 Referenzprojekt für die „Digitale Schiene Deutschland“, Einbau in Bestandesfahrzeuge, BL3R2 (ca. TS12022), GoA2, GoA4



Localization

Sensors 4Rail (2021)
 DB Innovationsprojekt zur Demonstration der Lokalisierung auf Grund bestehender Infra



PoC GoA4



ATO im Güterverkehr (2016)
 Demonstrator für automatisiertes Fahren GoA3&4 im Schienengüterverkehr.
 Sensorunterstütztes Bremsen, Kuppeln und Hinderniserkennung

S2R Güterzug Demo (2020)
 ATO over ETCS Einbau in bestehende TRAXX mit BL2.3.0d. Testfahrten Sion-Sierre mit OBU's von AZD, HITACHI, ALSTOM und Siemens



First field tests for freight application

Hinderniserkennung Fernverkehr (2020-2022)
 Integration in ICE-TD



Mainline assistant



Shift2Rail „ATO over ETCS“ (X2Rail-1)
 Spezifikation und Entwicklung einer interoperablen ATO (09/2016 - 08/2019)



First ATO over ETCS worldwide

Thameslink (2018)
 Erste kommerzielle ATO-Anwendung im Fernverkehr mit ETCS L2 (AoE)

World Premiere 2018



Autonome Straßenbahn (2018)
 Demonstrator für automatische Hinderniserkennung im echten Betrieb, GoA3

Führerloses Tram in Depot (2019-2022)
 Diverse Prototypen, BMVI finanziert
 Tram mit Hinderniserkennung und ATO



Depot operation

Besonderheiten bei der Einführung des automatisierten Fahrens im Regional- und Fernverkehr

METROVERKEHR Non-IOP-Bahnen

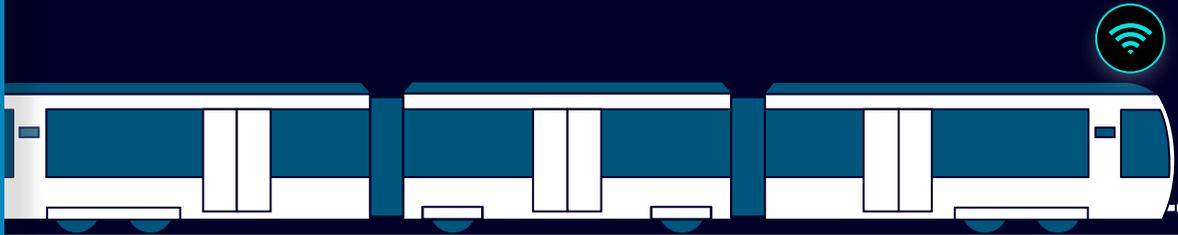
Ein Betreiber
für Infrastruktur und
Fahrzeuge

Reiner
Personenverkehr

Identische Fahrzeuge
mit gleichen
Eigenschaften

Einfaches Streckennetz
geschützt und
zugangsbeschränkt

Integriertes System
als geschlossene Lösung
eines Anbieters



FERNVERKEHR IOP-Bahnen

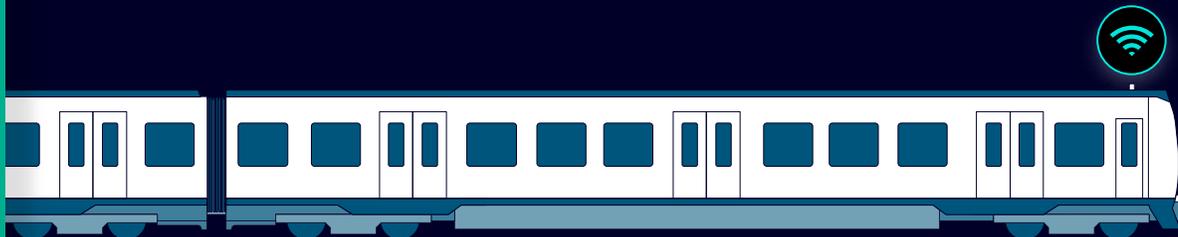
Mehrere Betreiber
für Infrastruktur und
Fahrzeuge

Mischverkehr
von Hochgeschwindigkeits-,
Regional- und Güterverkehr

Verschiedene Fahrzeuge
mit unterschiedlichen
Eigenschaften

Komplexes Streckennetz
öffentlich zugänglich

Netzweite Interoperabilität
bei einer Vielzahl von
Signaltechniklösungen
verschiedener Anbieter



Stufen bei der Einführung des hoch- und vollautomatisierten Fahrens

Manuelles Fahren
Überwachung durch den Fahrer



GoA 1

Manueller Zugbetrieb mit Fahrer
Supervision and control train operation (SCO)

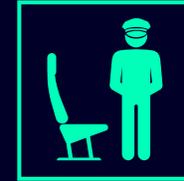
Hochautomatisiertes Fahren
Begrenzter Eingriff durch den Fahrer



GoA 2

Automatischer Zugbetrieb mit Fahrer
Semi-automated train operation (STO)

Vollautomatisiertes Fahren
Fahren ohne Fahrer



GoA 3

Automatischer Zugbetrieb ohne Fahrer
Driverless train operation (DTO)



GoA 4

Automatischer Zugbetrieb ohne Zugbegleiter
Unattended train operation (UTO)

Bereitstellung von Fahrempfehlungen für eine energieoptimierte Zugfahrt			
Fahrer fährt vollständig manuell	Automatische Zugfahrt nach Fahrerbetätigung	Automatische Zugfahrt	
Gefahrenraumüberwachung durch Fahrer	●	Automatische Gefahrenraumüberwachung (Hinderniserkennung, Bahnsteigsicherung)	
Manuelle Zugabfertigung durch Fahrer oder Zugbegleiter	●	●	Zentrale oder automatische Zugabfertigung
Fahrzeugüberwachung und Eingreifen bei Notfallsituationen durch Fahrer oder Zugbegleiter	●	●	Zentrale Überwachung oder Automatisierungsfunktionen zum Handhaben von Fahrzeugstörungen und Notfallsituationen

GoA = Grade of Automation (Automatisierungsgrad)

Das hochautomatisierte Fahren mit ATO und ETCS ist eine Stufe der „Digitalen Schiene Deutschland“ der Deutschen Bahn



Wesentliche Ziele der „Digitalen Schiene Deutschland“

- Schaffung von mehr Kapazität im Netz
- Realisierung einer höheren Effizienz im Bahnbetrieb
- Erreichung der Klimaziele
- Steigerung der Zuverlässigkeit des Systems Bahn



Die „Digitale Schiene Deutschland“ kommt in zwei Stufen

- Digitalisierung der Infrastruktur mit DSTW sowie ETCS und der Fahrzeuge mit ETCS
- Realisierung eines digitalisierten Bahnbetriebs mit neuen Technologien (z. B. hochautomatisiertes Fahren mit ATO)



Digitale S-Bahn Hamburg

SIEMENS

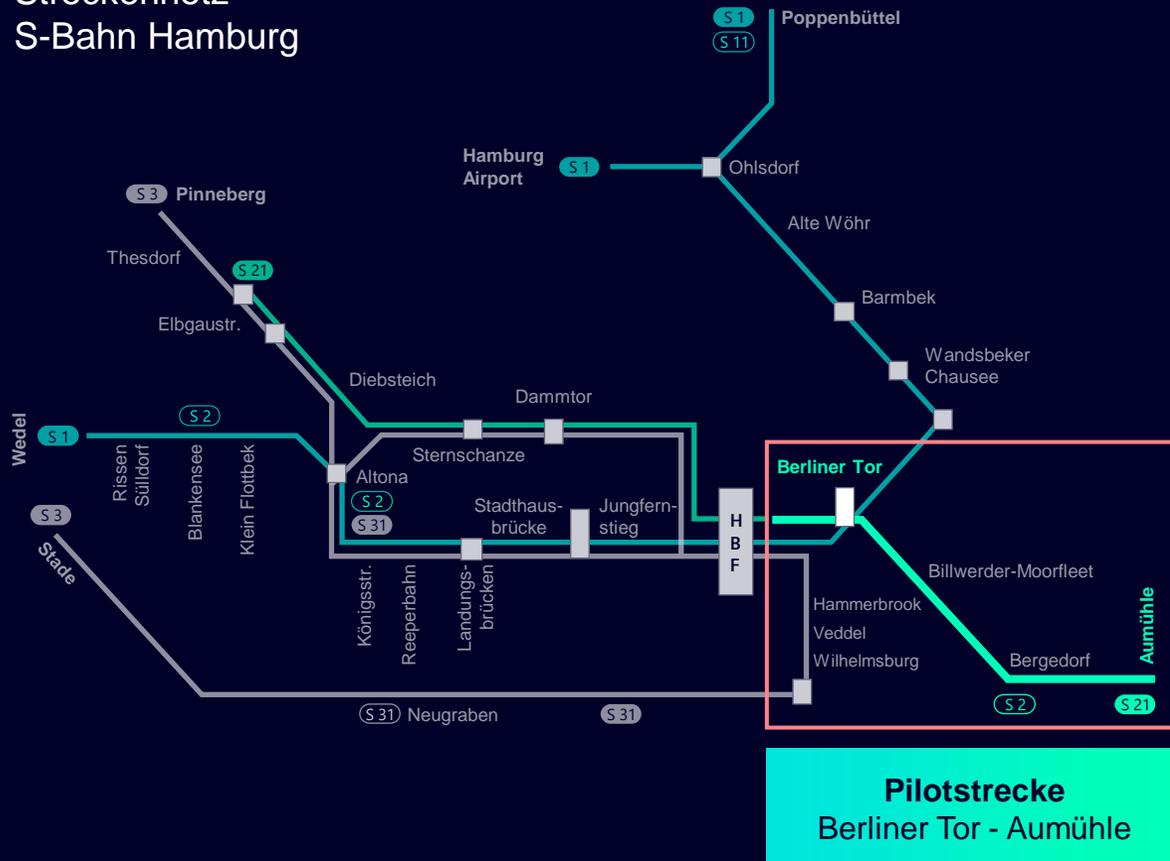
Hamburg



Digitale Schiene
Deutschland

„Digitale S-Bahn Hamburg“ - erstmalige Realisierung des hochautomatisierten Bahnbetriebs mit ETCS in Deutschland

Streckennetz S-Bahn Hamburg

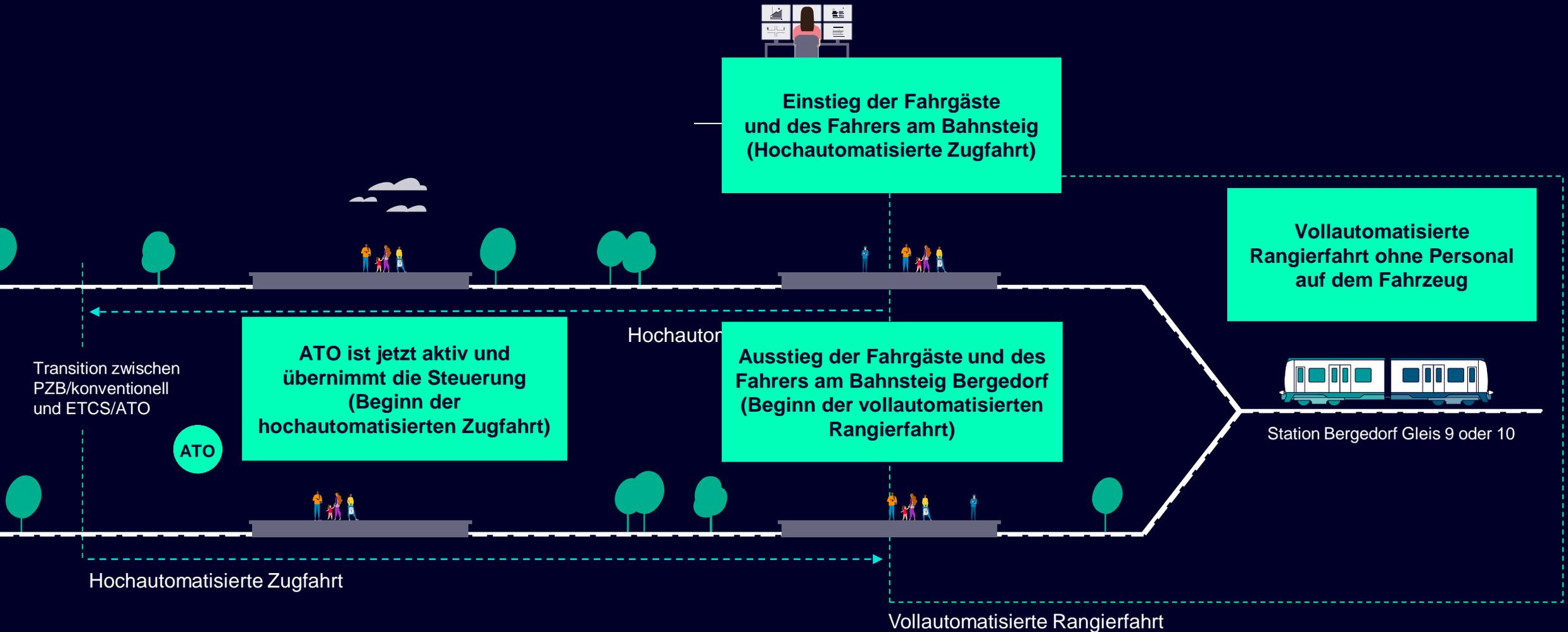


Quelle: Deutsche Bahn

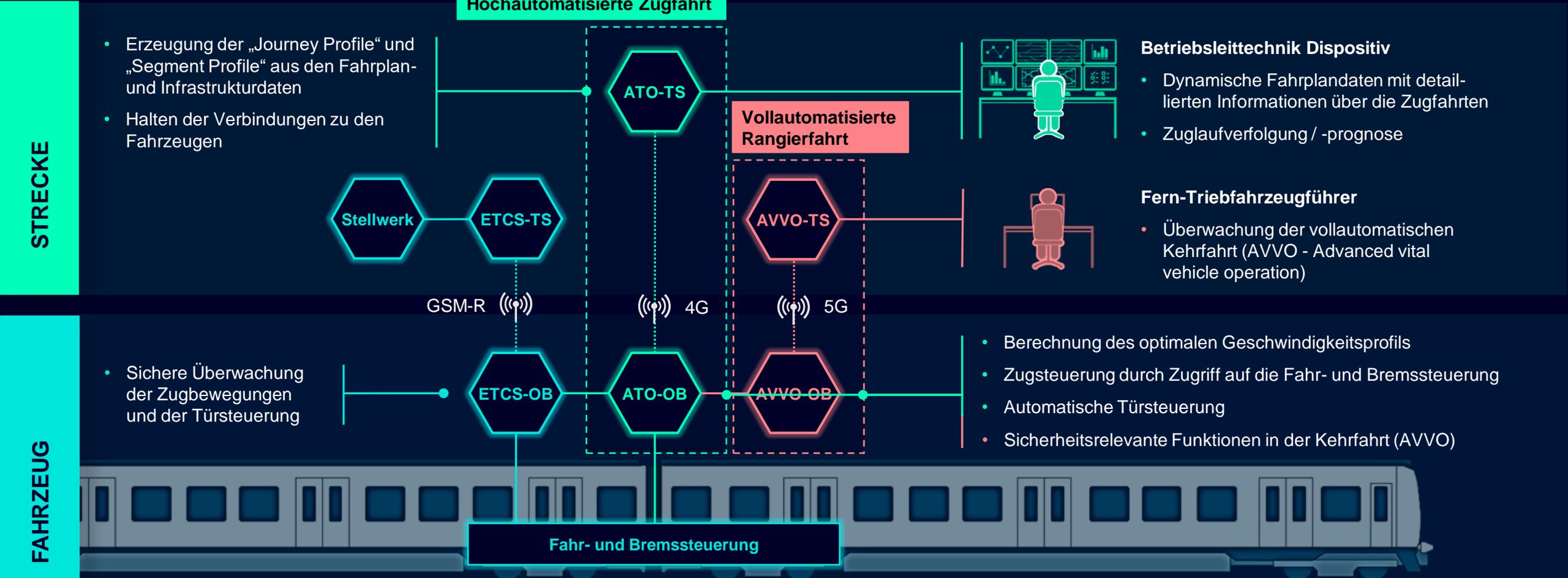
Pilotprojekt „Digitale S-Bahn Hamburg“

- Erstmalige Realisierung von ATO und ETCS in Deutschland im Netz der S-Bahn Hamburg bis Oktober 2021 (ITS-Weltkongress)
- Umsetzung des europäischen Standards „ATO over ETCS“
- Ausrüstung von vier Fahrzeugen (BR 474) und des Streckenabschnitts Berliner Tor - Aumühle
- Hochautomatisiertes Fahren auf 23 km langer Pilotstrecke
- Vollautomatisierte fahrerlose Rangierfahrt in einer Abstellanlage der Station Bergedorf
- Entwicklungskooperation zwischen Deutsche Bahn und Siemens Mobility
- Zulassung für den kommerziellen Betrieb und Einsatz im Regelbetrieb

Das Projekt „Digitale S-Bahn Hamburg“ realisiert die Anwendungs-fälle hochautomatisierte Zug- und vollautomatisierte Rangierfahrt



Die zugrundeliegende Systemarchitektur der „Digitalen S-Bahn Hamburg“ basiert auf dem Standard „ATO over ETCS“



— = Standardisierte Komponenten / Schnittstellen | OB = Onboard | TS = Trackside | AVVO = Advanced Vital Vehicle Operation

Das neu entwickelte sicherheitsrelevante System ist ein wichtiger Baustein auf dem Weg zum vollautomatisierten Fahren nach GoA 3/4

Vollautomatisierte Rangierfahrten mit dem sicherheitsrelevanten System „Advanced Vital Vehicle Operation“ (AVVO)

- Klare funktionale Trennung in der Architektur von
 - Überwachung der Zugfahrt (ETCS)
 - Automatisierung der Zugfahrt (ATO)
 - Automatisierung der Fahrzeugbedienung (AVVO)



Sifa = Sicherheitsfahrerschaltung



- Automatisierung von Bedienhandlungen des Triebfahrzeugführers, wie z.B.
 - Aufschließen eines Führerstandes
 - Lösen der Feststellbremse
 - Zyklisches Bedienen der Sifa
- Abbildung der Basisfunktionalität auf den standardisierten Funktionsumfang von ETCS und ATO

Digitalisierung in Rekordzeit: In drei Jahren von der Konzeptphase bis zur Genehmigung für den regulären Fahrgastbetrieb



Kooperationsvereinbarung
DB - Siemens - Hamburg
12. Juli 2018



Abnahme ETCS-Strecke
Juli / August 2020



Erster Zug ausgerüstet
27. August 2020



Start betrieblicher Feldtests (tags)
April 2021



2018

2019

2020

2021

Architekturspezifikation Gesamtsystem final
Dezember 2019

„Feature-Freeze“
Februar 2019

Start Labortests Gesamtsystem
März 2020

Start Feldtests Gesamtsystem (nachts)
Oktober 2020

Genehmigung für den Fahrgastbetrieb
Oktober 2021

Gutachten OBU EG-Prüferklärung
Mai 2021

Mit der Einführung des hochautomatisierten Fahrens wird eine deutliche Leistungssteigerung erreicht



Steigerung der Strecken- und Transportkapazität durch Verringerung der Zugfolgeabstände



Verbesserung der Fahrplanstabilität und Pünktlichkeit durch ein reproduzierbares Fahrverhalten



Energieeinsparung durch optimierte Fahrweise



Verringerung von mechanischer Beanspruchung, Verschleiß und Lärm durch gleichmäßiges Fahren mit weniger Bremsvorgängen



Erhöhung des Fahrgastkomforts durch sanftes und gleichmäßiges Fahren



Erhöhung der Flexibilität für einen bedarfsorientierten Zugverkehr (bei GoA 3/4)

Ausblick 2025

- **Definition durch die Kunden, welche Use Cases umgesetzt werden sollen**
- **Setzen klarer Rahmenbedingungen von Seite Behörde für ATO**
- **Erweiterung der Standards um ATO GoA4 Funktionen**
- **ATO GoA2 TSI 2022 kompatibler Release**
- **ATO GoA2 für Cargo Züge: Optimierung der Algorithmen durch Felderfahrung**
- **ATO GoA2 Energieoptimiertes Fahren mit intelligentem Betriebsleitsystem**
- **ATO GoA2 Adhäsion Management**
- **ATO GoA4 Zugbereitstellung und Parken**

Ausblick 2030

- **ATO GoA2 Remote Driving in Depot inklusive Zugbereitstellung und Wartung**
- **ATO GoA4 Autonomes Fahren in Depot**
- **ATO GoA4 Autonomes Rangieren**
- **ATO GoA4 Umstellung FRMCS**
- **ATO GoA4 Autonomes Fahren auf offener Strecke**

Kontakt



Markus Scheidegger
Head Sales Rail Infrastructure
Siemens Mobility AG
Hammerweg 1
8304 Wallisellen

Mobil: +41 79 221 20 63

E-Mail: markus.ms.scheidegger@siemens.com