



POSITIONSPAPIER

# Attraktiver Schienenverkehr 2020+ Moderner und flexibler durch Digitalisierung

Positionspapier der Lenkungsreise Bahntechnologie und Schienenverkehr

**#fastlanemobilität**

# Attraktiver Schienenverkehr 2020+

## Moderner und flexibler durch Digitalisierung

### Management Summary

Die Digitalisierung des Schienenverkehrs kann einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, dringend benötigte Kapazitäten zu erhöhen, gestiegene Kundenanforderungen zu erfüllen und gleichzeitig zunehmendem Kostendruck zu begegnen. Sie ist eine große Chance für die Branche. Spurführung und die bereits vorhandene, fernsteuerfähige Bahninfrastruktur sowie die weitgehende Elektrifizierung sind Voraussetzungen, die dem Schienenverkehr eine zentrale Stellung bei der Digitalisierung im Verkehr zuweisen. Um sie nutzen zu können, müssen alle Beteiligten koordiniert vorgehen. Daher sollte unter neutraler Leitung des Bundes ein Dialog zur »Digitalisierung des Schienenverkehrs« eingeleitet werden, der den technischen Migrations- und Innovationsprozess begleitet und Akteure aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Genehmigungsbehörden einbezieht. Die Erfahrungen aus parallel stattfindenden Demonstrationsprojekten im Nah-, Fern- und Güterverkehr sollten in die Anpassung der rechtlichen Regelwerke und die Fortschreibung der Strategie einfließen. Damit wird der Bahnsektor wieder zu einer Hochtechnologiebranche und stärkt nachhaltig den Wirtschaftsstandort Deutschland.

### Handlungsempfehlungen

Zur Digitalisierung des Schienenverkehrs sollte ein Dialog unter neutraler Leitung des Bundes eröffnet werden, um eine Strategie zur infrastruktur- und fahrzeugseitigen Modernisierung der Leit- und Sicherungstechnik, zur Automatisierung der Prozesse und Einführung neuer automatisierter Fahrzeuggenerationen zu erstellen. Dafür müssen Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden das Thema gemeinsam vorantreiben und die Erkenntnisse des Dialogs in eine Strategie und einen Migrationsplan zur Digitalisierung des Schienenverkehrs einfließen lassen.

Erprobte automatisierte Systeme des Nahverkehrs müssen weiter entwickelt und auf die Eisenbahn übertragen werden, die aufgrund höherer Geschwindigkeiten und Fahrten im Mischverkehr höheren Anforderungen unterliegt.

Die Europäische Leit- und Sicherungstechnik (ETCS) dient als Basis der Automatisierung. Die Nutzung automatisierter Steuerungssysteme im Regional-, Fern- und Güterverkehr muss darauf aufsetzen. Die Auswirkungen auf ETCS müssen dabei so gering wie möglich sein.

Die Einführung automatisierter Systeme im Schienenverkehr muss schrittweise und parallel zur Modernisierung der Leit- und Sicherungstechnik erfolgen. Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, sollte der Zielzustand der Automatisierung für Nah-, Fern- und Güterverkehr frühzeitig festgelegt werden.

Um Innovationen anwenden zu können, sind auch rechtliche Rahmenbedingungen und Regelwerke auf europäischer und nationaler Ebene anzupassen.

Die zukünftige Infrastrukturfinanzierung sollte dem Ziel der Innovation stärker Rechnung tragen, statt Bestandstechnologie zu bewahren. Während der technischen Migration bedarf es der Förderung von Fahrzeugen und Infrastruktur gleichermaßen. Die Transformation muss durch Forschung unterstützt werden, wobei betriebliche Fragestellungen und technologische Entwicklungen aufeinander abgestimmt zu gestalten sind, um in eine Einführungsstrategie münden zu können. Dies schließt die Personalentwicklung mit ein.



Erstes digitales Stellwerk Europas in Betrieb

## Einleitung

Der Mobilitätssektor in Deutschland steht vor gewaltigen Herausforderungen. Die Nachfrage nach Mobilität wächst sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr stetig an. Gleichzeitig müssen die sektorspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt und die Stickoxidbelastung insbesondere in den Ballungsräumen deutlich reduziert werden – und alles nach Möglichkeit ohne zusätzlichen Flächenverbrauch. Um diese Herausforderungen zu meistern, müssen die Mobilität insgesamt sowie Produktionskonzepte und Betriebsabläufe intelligenter durchdacht und realisiert werden. Bund und Branche haben sich dazu bekannt, Deutschland zum Leitmarkt und damit zum Leitanbieter dieser so genannten **Mobilität 4.0** zu machen. Dabei spielt der **Schieneverkehr eine Schlüsselrolle**.

Deutschland ist mit seinem dichten Schienennetz, seiner innovativen Bahnindustrie, hervorragenden Forschungseinrichtungen und investitionswilligen Unternehmen ein führender Eisenbahnmarkt. Digitalisierung und Automatisierung bieten große Chancen, die Produktivität, Qualität und Attraktivität des Schienenverkehrs deutlich zu erhöhen. Für den Erhalt und die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit ist eine **ganzheitliche Strategie zur Automatisierung des Bahnverkehrs erforderlich**, die gesellschaftliche, rechtliche, technische, zeitliche und finanzielle Fragen klärt. Die schrittweise Einführung digitaler und automatisierter Prozesse sowie die Anpassung der Technik sind teilweise mit hohen Anfangsinvestitionen ver-

bunden und erfordern abgestimmte Investitions- und Migrationspläne, auf die sich die Beteiligten verständigen müssen. Die Vorteile der digitalen Prozesse und Systeme werden erst nach der Umstellung vollständig wirksam. Deshalb sind während der Investitions- und Migrationsphase Technologieentwicklungen in den jeweiligen Entwicklungsphasen (Forschung, Entwicklung, Standardisierung, Erprobung und Einführung) im Schienenverkehr bedarfsgerecht zu unterstützen.

## Herausforderungen

Die weitere Verstärkung wird zu einer gesteigerten Nachfrage im Personenverkehr zuvorderst in dicht besiedelten Ballungsräumen führen. Durch zunehmende Arbeitsteilung wächst der Güterverkehr vor allem auf bereits hoch belasteten Strecken. Damit sind **Kapazitätsengpässe** absehbar, die allein durch einen Infrastrukturausbau nicht zu lösen sind. Die **Bedürfnisse der Kunden** haben sich geändert und Anforderungen an Mobilitätsdienstleistungen sind gestiegen. Echtzeitinformationen zu nahtlosen Reise- und Logistikketten rund um die Uhr werden erwartet. Neue Mobilitätsangebote erhöhen den (intermodalen) **Wettbewerbsdruck**. Den niedrigeren Systemkosten neuer Anbieter stehen steigende **Gesamtkosten** des Systems Schiene gegenüber. Die Umsetzung der Ziele des internationalen Pariser Klimaabkommens und die Ziele des nationalen Klimaschutzplans 2050 erfordern **neue Mobilitätskonzepte**.

Durch Ersatz- und Instandhaltungsinvestitionen kann das bestehende System zwar bewahrt werden, wird den oben genannten Herausforderungen aber nicht gewachsen sein. Der Schienenverkehr steht vor einem entscheidenden Transformationsprozess, um **mehr Personen und Waren pünktlicher, kostengünstiger, umweltfreundlicher, sicherer und flexibler transportieren** zu können. Für eine digitalisierte Schiene ist eine strategisch ausgerichtete und **flächendeckende Infrastruktur- und fahrzeugeitige Modernisierung** der Leit- und Sicherungstechnik, die Einführung neuer automatisierter Fahrzeuggenerationen und die **Einführung automatisierter Prozesse**, wie beispielsweise beim Kuppeln, Be- und Entladen, sowie Disponieren, nötig.

### Chancen der Automatisierung

Für eine höhere Pünktlichkeit, zuverlässigere Anschlüsse, Taktverdichtungen in Ballungsräumen und für bedarfsgerechte Angebote geplanter und spontaner Verkehre, für eine effizientere Kapazitätsausnutzung auf hochbelasteten Strecken sowie eine insgesamt bessere Betriebsstabilität und höhere Kapazität des Schienennetzes sind die Prozesse und Systeme im Schienenverkehr auf einem weit umfangreicheren Niveau als bisher zu automatisieren. Auf diese Weise erhöht sich die Attraktivität des Schienenverkehrs für den Fahrgast und Logistiker deutlich. Gleichzeitig können die Betriebs- und Instandhaltungskosten des Systems gesenkt werden. Weniger Außenanlagen reduzieren die Wartungs- und Instandhaltungskosten. Sensorische Echtzeitüberwachung der Systeme erleichtert deren Wartung vor einem potenziellen Ausfall. Bahnen fahren energie-, fahrplan- oder wartungsoptimiert (z. B. bremschonend). Weitere Assistenzsysteme reduzieren signifikant menschliche Fehler und steigern dadurch das hohe Sicherheitsniveau des Schienenverkehrs weiter.

- **Bessere Verfügbarkeit und Verlässlichkeit:** Automatisierte Systeme verfügen über diverse Sensoren, die den Zustand von Fahrzeug und Infrastruktur erfassen können. Neue Technologien ermöglichen zudem eine leistungsfähigere Kommunikation und bessere Datenkonnektivität zwischen Fahrzeug und Infrastruktur. Dadurch können z. B. Fahrempfehlungen besser umgesetzt werden, die eine materialschonende Fahrweise unterstützen und so den Verschleiß und Wartungsaufwand reduzieren. Das senkt die Kosten, erhöht die Verfügbarkeit und Verlässlichkeit der Fahrzeuge und kommt somit auch dem Kunden zugute.
- **Optimierte Energienutzung:** Automatisierte Systeme können bis zu 30 Prozent des Energieverbrauchs einsparen. Im automatisierten Bahnbetrieb wird optimal beschleunigt und

unter Rückgewinnung der Energie abgebremst. Abhängig vom Streckenprofil (Steigung, Kurven) und der Anzahl der Fahrgäste bzw. Beladung können die optimalen Geschwindigkeiten gefahren werden.

- **Höhere Pünktlichkeit:** Automatisierte Bahnen können nicht nur energieoptimiert, sondern auch fahrplanoptimiert fahren und so auch bei Verzögerungen im Betriebsablauf die geplanten Ankunfts- und Abfahrtszeiten besser einhalten.
- **Mehr Flexibilität:** Auf schwankende und kurzfristig stark steigende Nachfrage können automatisierte Systeme unmittelbar reagieren und zusätzliche Fahrzeugeinheiten einsetzen, was besonders in städtischen Systemen nützlich ist.
- **Höhere Kapazität / Durchsatzerhöhung:** Im automatisierten Zugbetrieb können mehr Fahrzeugeinheiten auf gleicher Strecke fahren. Durch genaue Positionsortung eines Zuges sowie durch rasche und leistungsfähige Kommunikation können die bislang üblichen statischen Zugabstände durch das deterministische Verhalten automatisierter Fahrzeuge und Abläufe flexibler und somit besser ausgenutzt werden. Für U-Bahnen stehen bereits Technologien zur Verfügung mit denen statische Blockabstände verlassen und im dynamischen Bremswegabstand gefahren wird. Dies verbessert die effiziente Nutzung der Schienenwege und erhöht nochmals deutlich die Kapazität.
- **Entlastung der Umwelt:** Automatisierte und elektrifizierte Schienenverkehre leisten einen wesentlichen Beitrag zur Senkung von Emissionen.

### Schritte zur Automatisierung

#### Automatisierungsgrade im Schienenverkehr

Je nachdem, wie viele Abläufe von automatisierten Systemen oder einem Fahrer übernommen werden, spricht man von verschiedenen Automatisierungsstufen (Grades of Automation - GoA). Im Schienenverkehr werden fünf Stufen (GoA 0-4) der Automatisierung unterschieden. Im vollautomatisierten Betrieb erfolgen das Fahren und Anhalten des Zuges, das Öffnen und Schließen der Türen und der unmittelbare Halt des Zuges bei Störungen voll automatisch. Man spricht von der Automatisierungsstufe vier (GoA 4). Bei der Automatisierungsstufe null (GoA 0) wird ohne Zugbeeinflussung und auf Sicht gefahren. Alle Prozesse werden vom Triebfahrzeugführer eingeleitet. In den Stufen eins bis drei unterstützen und überwachen technische Systeme den Menschen und passen beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit der Beladung und dem Streckenprofil bzw. der zulässigen Geschwindigkeit an. Gleichzeitig können durch Automatisierung im Bereich der Planung und Disposition enorme Potenziale realisiert werden.



## Erprobte Technik übertragen

Bereits seit den 1980er Jahren fahren U-Bahnen im unbegleiteten Betrieb. Vor allem in Asien, aber auch in London, Paris, Barcelona, Budapest und Kopenhagen verkehren inzwischen voll automatisch fahrende Metros. Weltweit sind mehr als 100 Metrolinien automatisiert. In Deutschland fährt die Nürnberger U-Bahn seit 2008 automatisch. Das fahrerlose System fährt zu 99 Prozent pünktlich und ist hoch flexibel. So können zusätzliche Fahrzeuge bei starker Nachfrage, wie im Vorfeld von oder im Anschluss an Sportereignisse, direkt aus dem Depot eingesetzt werden. Bei 15 Prozent weniger Energieverbrauch konnte die Kapazität um 50 Prozent gesteigert werden. Die kürzeste Zugfolge beträgt 85 Sekunden. Weltweit fahren hoch automatisierte Bahnen, so genannte Peoplemover, auf Flughäfen und transportieren die Flugpassagiere sicher zum gewünschten Gate. Für diese Anwendungsfälle sind die rechtlichen Grundlagen in der nationalen Verordnung für den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) gegeben. Die Herausforderungen liegen nun darin, die Systeme des Nahverkehrs weiter zu entwickeln und auf die Eisenbahn zu übertragen, die aufgrund höherer Geschwindigkeiten und Fahrten im Mischverkehr höheren Anforderungen unterliegt.

Der Regional- und Fernverkehr in Deutschland fährt bislang weitgehend manuell mit Zugbeeinflussung zur signaltechnischen Sicherung, teilweise unterstützt durch Assistenzsysteme zur teilautomatisierten Fahrt (AFB: Automatische Fahr- und Bremssteuerung). Anwendungen sind kurz- bis mittelfristig ohne Zulassungsprobleme erweiterbar, da die Steuerung auf dem bestehendem Sicherungssystem aufsetzt und die manuelle Steuerung des Fahrzeuges durch den Fahrzeugführer jederzeit ohne Verzug wieder aufgenommen werden kann. Die Assistenzsysteme unterstützen den Triebfahrzeugführer im Regelbetrieb. Sie berechnen auf Grundlage der aktuellen Geschwindigkeit, der Beladung, des Fahrplans und des Streckenprofils kontinuierlich Fahrempfehlungen, die dem Lokführer helfen, energieeffizient und in der geplanten Fahrzeit unterwegs zu sein. Die technischen Voraussetzungen für die Nutzung automatisierter Steuerungssysteme sind im Hochgeschwindigkeitsnetz prinzipiell vorhanden. Sie sollten auf dem European Train Control System (ETCS) aufsetzen und weiter entwickelt werden. Die Auswirkung auf das Leit- und Sicherungssystem sind so gering wie möglich zu gestalten.

In einem Pilotprojekt im Rangierbahnhof München-Nord wird seit 2017 die automatisierte und digitalisierte Zugbildungsanlage getestet. Dabei sollen die Prozessschritte Planung, Dispo-



**DIANA-Sensoren erkennen frühzeitig Störungen an den Weichenantrieben, bevor sie entstehen.**

sition, Rangieren, Kuppeln, Prüfung und Abfertigung sowie Vernetzung und Information mit innovativen Ansätzen verbessert werden und Erkenntnisse für die Optimierungsbeispiele vollautomatisches Rangieren, Abdrücken und Kuppeln liefern. Diese Ergebnisse sollten, zusammen mit den Ergebnissen der Pilotprojekte in europäischen Nachbarstaaten, für Weiterentwicklungen genutzt werden.

## Automatisierung durch Demonstratoren weiterentwickeln

Auf entsprechend ausgerüsteten Strecken kann die Automatisierung stufenweise von GoA2 bis GoA4 erhöht werden. Dabei sollte der automatisierte Bahnbetrieb (ATO) unabhängig von der darunter liegenden Zugsicherung und -beeinflussung sein. Die Einführung automatisierter Systeme im Schienenverkehr muss schrittweise und parallel zur Modernisierung der Leit- und Sicherungstechnik erfolgen. Durch die schrittweise

Ausweitung des Anwendungsbereichs können Erfahrungen für den Betriebsablauf gesammelt und Herausforderungen frühzeitig angegangen werden, lange bevor eine Vollautomatisierung möglich ist. Diese Erfahrungen können als Anforderungen in den parallelen Prozess der Entwicklung eines Zielsystems »Automatisierung« eingespeist werden.

Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, sollte frühzeitig der Zielzustand des Automatisierungsgrades festgelegt werden. Die Automatisierungsgrade können in den einzelnen Marktsegmenten (Nah-, Fern- und Güterverkehr), je nach Wirtschaftlichkeit und Nutzen, unterschiedlich eingeführt werden. Inwiefern z. B. bei Strecken des Regionalverkehrs, die bislang über keine kontinuierliche Zugbeeinflussung verfügen, die gleichen technischen Lösungen für die Automatisierung zum Einsatz kommen können, bleibt zu diskutieren. Um jedoch in der Summe den maximalen Effekt zu erzielen, sind hohe Automatisierungsgrade in weiten Teilen der Netze erforderlich. Denn durch automatisiertes Fahren, netzweites Planen und Disponieren kann in Summe bei höchster Kapazität die beste Stabilität gewährleistet werden.

### **Modernisierung der Leit- und Sicherungstechnik als Basis der Automatisierung**

Die Modernisierung der Leit- und Sicherungstechnik sowie der Stellwerkstechnik steht aus technischen und vertraglichen Gründen an. Im Europäischen Umsetzungsplan (European Deployment Plan) zur Leit- und Sicherungstechnik ist die Umstellung von nationalen Systemen auf das gemeinsame Europäische Zugsicherungs- und Leitsystem (ERTMS/ETCS) vereinbart. Technisch gesehen bildet ERTMS/ETCS auch die einheitliche Basis für weitere Innovationen wie Assistenzsysteme oder die Erhöhung des Automatisierungsgrades. Schon heute wird die bestehende Linienzugbeeinflussungstechnik (LZB) bei Neu- und Ausbau von Strecken nicht mehr durch den Bund finanziert. Auch im Bestandsnetz ist die LZB ein Auslaufmodell, da die technische Unterstützung zirka 2030 endet. In Deutschland wird das ERTMS/ETCS die bestehenden unterschiedlichen Sicherungstechniken ersetzen. Eine netzweite standardisierte Nutzung von ETCS erleichtert eine zunehmende Automatisierung.

Im Öffentlichen Nahverkehr der Städte gilt es, die bestehenden ITCS (Intermodal Traffic Control System) zur Betriebssteuerung der Verkehrsunternehmen weiterzuentwickeln und mit den städtischen Verkehrsleitsystemen zur Steuerung des Individualverkehrs dahingehend zu vernetzen, dass eine gesamtheitliche Steuerung von zunehmend automatisierten Ver-

kehrsflüssen im Sinne kommunaler Erfordernisse möglich und der Schienenverkehr dabei als leistungsfähiges und stadtverträgliches Rückgrat positioniert wird.

### **Rechtlichen Rahmen weiterentwickeln**

Neben den technischen und betrieblichen Fragen sind auch rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Bei der Automatisierung ist das Bahnsystem als Gesamtsystem (Fahrzeug und Strecke) zu betrachten, um einen optimalen Lösungsansatz zu gewährleisten. Dies bedarf der frühzeitigen politischen und administrativen Unterstützung durch eine Anpassung der Regelwerke.

Um möglichst viele Potenziale nach der Umstellung der Sicherungssysteme auf ETCS nutzen zu können, sind parallel Automatisierungsprojekte zu erproben. Auch über neue Wege in der Zulassung muss nachgedacht werden. Das führerlose Fahren ist bereits heute über den Ausnahmetatbestand für die Erprobung von speziell dafür ausgerüsteten Schienenfahrzeugen als Versuchsfahrten möglich. Soll der Automatisierungsgrad deutlich steigen, ist die Überführung in den Regelbetrieb durch gesetzliche Anpassungen auf europäischer und nationaler Ebene zu erarbeiten. Dabei müssen die automatisierten Systeme die gleiche Sicherheit wie die heutigen Systeme gewährleisten.

### **Die Migration der Technik fördern**

Die heutige Finanzierung der Leit- und Sicherungstechnik läuft auf den Erhalt der Bestandstechnologie hinaus. Benötigt werden aber eine leistungsfähigere Infrastruktur und eine Transformation zur digitalen Technik. Die zukünftige Finanzierung sollte daher dem Ziel der Innovation stärker Rechnung tragen. Der volle Nutzen der Automatisierung entfaltet sich nur, wenn synchronisierte Investitionen in Infrastruktur und Fahrzeuge fließen. Daher bedarf es einer Förderung der Fahrzeuge und der Infrastruktur gleichermaßen. Die Vorteile der digitalen Prozesse und Systeme werden nach der Umsetzung vollständig wirksam. Während der Umstellung werden Mischsysteme bestehen, die aller Voraussicht nach zunächst Mehrkosten verursachen. Diese Mehrkosten treffen zum großen Teil die Fahrzeughalter. Daher sind während der Migrationsphase auskömmliche nationale und europäische Mittel für die Fahrzeugrüstung zu sichern. Die bestehende EU-Förderung ist auszubauen. Die Art der Umstellung entscheidet dabei über die Kosten. Entscheidend für die Wahl eines Migrationspfades wird sein, wie schnell der größtmögliche Nutzen für alle Akteure eintritt, wodurch der Betrieb leistungsfähiger, kostengünstiger, zuverlässiger und flexibler wird.



Strecke VDE 8.2 mit ETCS Level 2. Die Züge werden ausschließlich mit Führerstandssignalisierung geführt ohne ortsfeste Hauptsignale an der Strecke.

### Transformation durch Forschung unterstützen

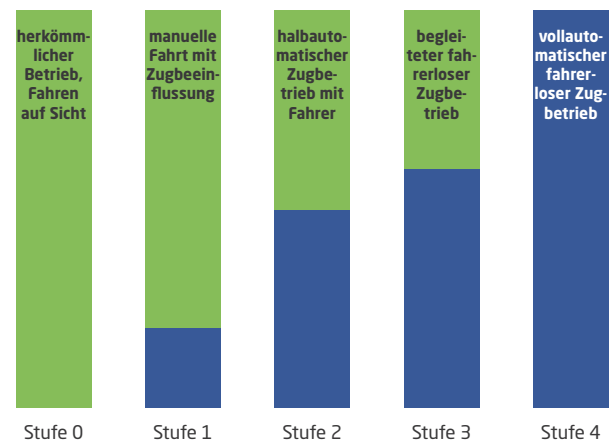
Für einen automatisierten Schienenverkehr sind zahlreiche Konzeptions- und Entwicklungsaktivitäten auf Infrastruktur- und Fahrzeugseite sowie der Prozesse erforderlich. Sowohl bei der Umsetzung der Demonstratoren als auch in der Migrationsphase bedarf es der Forschungsbegleitung. Dabei müssen betriebliche Fragestellungen und technologische Entwicklungen passfähig gestaltet werden und in einer Einführungsstrategie münden.

### Strategie mit konkreten Maßnahmen im breiten Dialog erarbeiten

Die schrittweise Automatisierung steigert die Effizienz und damit auch die Attraktivität des Schienenverkehrs. Sie hat damit nicht nur positive volkswirtschaftliche Effekte, sondern ermöglicht es, die Umweltbilanz des Mobilitätssektors weiter zu verbessern. Darum müssen Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden das Thema gemeinsam vorantreiben und rasch konkrete Projekte, Demonstratoren oder Pilote für zunehmend automatisiertes Fahren im Nah- und Fernverkehr definieren. Parallel sind regulatorische und rechtliche Fragestellungen sowie die Finanzierung zu klären. Die Erkenntnisse des Dialogs sollten in die Strategie und den Migrationsplan zur Digitalisierung des Schienenverkehrs einfließen.

### Glossar

#### Automatisierungsgrad im Schienenverkehr



Automatisierungsgrade (Grade of Automation - GoA) nach IEC 62267 (International Electrotechnical Commission, ein Normungsgremium für Elektrotechnik)

Automatisierungsgrade (Grade of Automation – GoA) nach IEC 62267 (International Electrotechnical Commission, ein Normungsgremium für Elektrotechnik)

**Automatisierungsstufen:** In der **ersten** Automatisierungsstufe GoA1 erfolgt eine manuelle Fahrt mit Zugbeeinflussung, wobei der Fahrer die Fahrt regelt und zuständig für Start, Stopp und Türsteuerungen ist. Der Zug fährt nicht automati-

siert, aber einige Parameter der Fahrt können über eine Zugbeeinflussung geregelt werden. In der **zweiten** Stufe GoA2 wird im teilautomatischen Zugbetrieb mit Fahrer gefahren. Die Fahrt erfolgt vom Start bis Stopp vollautomatisch, jedoch löst der Fahrer den Start und die Türsteuerung aus und überwacht den Fahrgastwechsel sowie die Abfertigung. Im Bedarfsfall kann er die Fahrsteuerung sofort übernehmen. Die Fahrt in der **dritten** Automatisierungsstufe GoA3 erfolgt als begleiteter, fahrerloser Zugbetrieb. Statt einer ständigen Kontrolle durch einen Fahrer übernimmt dies der Zugbegleiter. Dieser ist für die Abfertigung zuständig und kann über ein Notfall-Bedienfeld den Zug kontrollieren. In der **vierten** und vollautomatischen Stufe GoA4 erfolgt die Fahrt ohne Fahrer. Es befindet sich kein bahnbetrieblich geschultes Personal im Zug und alle Operationen erfolgen automatisch. Die Leitstelle kann zentral von außen in den Zugbetrieb eingreifen z. B. über Funkschnittstellen. Daher kommt auf das zukünftige Funksystem (Nachfolger des heutigen GSM-R) eine zentrale Bedeutung für die Automatisierung der Bahn zu. Gleiches gilt für die Berücksichtigung und Beherrschung der Cybersicherheits-Anforderungen. In allen vier Stufen wird die netzweite Steuerung und Optimierung von einem Traffic Management System übernommen, auch hier sind verschiedene Ausbaustufen in Anpassung an die Automatisierungsstufen vorgesehen.

**Signaltechnik:** Grundlage für den automatisierten Betrieb ist eine moderne Leit- und Sicherungstechnik (Stellwerke, Zugbeeinflussung, etc.) Für den automatisierten Zugbetrieb sind vielzählige (Echtzeit-) Informationen notwendig. Dafür sind die Strecken mit moderner Sensorik, Ortungseinrichtungen und sehr leistungsfähigen Übertragungstechnologien auszustatten. ETCS: Das europäische Zugsicherungssystem kann die Datenkommunikation der Züge mit den Leitzentralen standardisieren. Die über Sensoren gesammelten Daten der Fahrzeuge und Infrastruktur werden per Mobilfunk ausgetauscht.

**Fahrzeugtechnik:** Auch die Fahrzeuge sind mit einer neuen Technik für die Automatisierung auszustatten. Das sind insbesondere Systeme zur Zugortung, -sicherung und -steuerung sowie zur Kommunikation mit dem stationären Leitsystem und ggf. der Züge untereinander.

**Bahnanlagen:** Technische Systeme müssen verhindern, dass Personen in die Bahnanlagen gelangen, da auch die Bahnhöfe über kein bahnbetriebliches Personal mehr verfügen. Dabei müssen Lösungen für die Bahnsteigüberwachung und Abfertigung installiert werden, um die Sicherheit der Personen zu gewährleisten.

#### Herausgeber:

Deutsches Verkehrsforum e.V. | 10785 Berlin, Klingelhöferstraße 7

Telefon: 030 263954-0 | Telefax: 030 263954-22

Internet: [www.verkehrsforum.de](http://www.verkehrsforum.de) | E-mail: [info@verkehrsforum.de](mailto:info@verkehrsforum.de)

2 Auflage, Juni 2018

Fotos: Deutsche Bahn AG

Dieses Produkt wurde klimaneutral gedruckt.