

# Assistierter, automatischer oder autonomer Betrieb – Potentiale für den Schienenverkehr

Der spurgeführte Verkehr weist gegenüber dem Straßenverkehr systembedingt Vorteile für einen automatischen oder autonomen Betrieb auf. Aufgeteilt in Schienenpersonennah- und fernverkehr sowie Schienengüterverkehr ergeben sich hierbei für jedes Marktsegment unterschiedliche Chancen und Handlungsempfehlungen, um zukünftig ein attraktives Angebot zu schaffen.

## 1. EINLEITUNG

Stand der Wissenschaft ist, dass der beobachtete und vorhandene Verkehr eine Folge von Standortgelegenheiten und deren Erreichbarkeit, der Verkehrsangebote sowie des persönlichen Verhaltens der Verkehrsteilnehmer ist. Verkehr ist insoweit Folge des Grundbedürfnisses nach Mobilität, die der Gewährleistung von Aktivitäten und Austauschbeziehungen von Menschen und Gütern zu den Zwecken Wohnen, Arbeiten/Ausbildung, Versorgung (einschließlich Warentransport) und Freizeit dient. Diese Grundbedürfnisse werden auf der Basis der Standortverteilung, der vorhandenen Verkehrsangebote sowie der persönlichen Präferenzen oder von Zweckmäßigkeitüberlegungen in Form nicht motorisierter Verkehre (zu Fuß, per Fahrrad) sowie im Personen- und Güterverkehr mit Kollektivverkehrsmitteln (Bahn, Bus, Straßen- und U-Bahn) oder individuellen Kraftfahrzeugen (Pkw, Lkw) umgesetzt. Die Verkehrsinfrastruktur ist dabei ein wesentlicher Bestandteil, da sie die Erreichbarkeit von Standorten maßgeblich beeinflusst. Der umweltpolitischen Trias „vermeiden – vermindern – verträglich gestalten“ folgend, kommt es heute vor allem darauf an, physischen Verkehr mit verbrennungskraftgetriebenen Fahr-/Flugzeugen zu vermeiden, die Umweltwirkungen des verbleibenden Verkehrs so weit wie möglich zu vermindern und dafür die notwendigen Voraussetzungen zu schaffen, also die Verkehrsanlagen und -angebote entsprechend stadt- und umweltverträglich zu gestalten. Zudem eröffnen Informations- und Kommunika-

**Im Bereich Schienenverkehr sind die Grundvoraussetzungen für einen fahrerlosen Betrieb sehr gut und es sind bereits wesentliche Schritte vorbereitet.**

tionstechnologien Vernetzungspotenziale zwischen den einzelnen Verkehrsarten und erweitern die technischen und organisatorischen Anforderungen an die Verkehrsplanung und Infrastrukturgestaltung um den Aspekt der Verkehrsträger übergreifenden Organisation und Angebotsgestaltung. So kann der gesellschaftliche Trend des „Teilen statt Besitzen“ durch Verknüpfung von Fahrradverleihsystemen oder Carsharing-Angeboten mit dem ÖPNV unterstützt werden. Im „Endausbau“ kann eine vollständige Integration solcher Angebote zu einer Erweiterung

der klassischen Verkehrsverbünde zu einem umfassenden Mobilitätsverbund führen [1] und neue Kundenpotenziale anziehen,

damit die Wirtschaftlichkeit des ÖPNV verbessern und auch die Umweltbelastungen in den Städten reduzieren. Dabei ist allerdings auf eine kundenfreundliche und zuverlässige Gestaltung der Angebote zu achten.

Die zunehmende Verbreitung preiswerter und teilweise mobiler Sensoren eröffnet zunächst die Möglichkeit, aktuellere und umfassendere Informationen über die jeweilige Verkehrs- und Immissionslage zu erhalten, um darauf aufbauend Verkehrssteuerungs- und -managementstrategien aktueller, individualisierter und effizienter anzusetzen. Mobile Endgeräte und Navigationssysteme in Fahrzeugen sind heute in der Lage, die Routenführung sowohl im öffentlichen wie auch im individuellen Verkehr aufgrund aktueller Lageinformationen zu dynamisieren, sodass Staus gemieden und damit reduziert werden, sowie bei Verspätungen und Ausfällen Alternativen gewählt werden können. Mittelfristig ist so



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen**  
Leiter des Verkehrswissenschaftlichen Instituts, RWTH Aachen  
niessen@via.rwth-aachen.de



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler**  
Leiter des Lehrstuhls und Instituts für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme, RWTH Aachen  
schindler@ifs.rwth-aachen.de



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée**  
Leiter des Lehrstuhls und Instituts für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, RWTH Aachen  
vallee@isb.rwth-aachen.de

auch denkbar, räumlich und zeitlich dynamische Umweltzonen zu schaffen und auch dafür Ausweicheempfehlungen zu geben.

Im Moment stehen die technologischen Potenziale im Vordergrund der Diskussion. Die Nutzerperspektive und deren Akzeptanz sowie die Marktdurchdringungszeiträume sind noch zu erforschen. Als Empfehlung kann jedoch heute gegeben werden, dass bei allen baulichen, technischen und organisatorischen Maßnahmen Schnittstellen für zukünftige Sensoriken, die Datenübertragung und auch Aktoriken vorgesehen werden sollten, um in Zukunft Anpassungen und Erweiterungen zu eröffnen. Konkrete Auswirkungen können solche smarten Technologien bei der Vernetzung zwischen Verkehr- und Energieversorgung, aber auch bei der Abwicklung des Verkehrs, haben.

Konkret auf den Verkehr bezogen ist davon auszugehen, dass die Steuerung des Gesamtverkehrs sowie einzelner Fahrzeuge,



<sup>1</sup> GoA = Grade of Automation, Automatisierungsgrad nach International Electrotechnical Commission / Commission Electrotechnique Internationale, Internationaler Standard 62290-1

<sup>2</sup> SAE Levels 0 – 5: Automatisierungsgrade wie von der Society of Automotive Engineers (SAE) definiert

BILD 1: Automatisierungsstufen im Schienen- (oben) und Kraftverkehr (unten)

(© Siemens AG)

von den heute verwendeten Assistenzsystemen ausgehend, zunehmend automatisiert wird, bis hin zu autonomen Fahrzeugen. Von diesen Technologien werden Effizienzgewinne durch gleichmäßigere Auslastungen und Fahrweisen, eine Auslastungssteuerung und eine Optimierung der Kapazitätsausnutzung sowie eine deutliche Verbesserung der Verkehrssicherheit erwartet.

Wesentlich bei solchen Entwicklungen mit dem Ziel des Fahrerlosen Fahrens ist allerdings die Frage, bis zu welchem Stadium die Letztverantwortung beim Menschen/Bediener/Operator verbleibt. Die Problematik bei zunehmender Entlastung des Fahrers bzw. Bedieners durch Assistenzsysteme besteht also darin, beim Bediener das Aufmerksamkeitsniveau so hoch zu halten, dass im Bedarfsfall schnell und richtig reagiert und richtig entschieden wird [2]. Insofern gehen stark automatisierte oder teilautono-

me Prozesse auch mit Fehleranfälligkeiten einher, die es zu berücksichtigen gilt. Grundsätzlich kann jede Unterstützung durch ein Assistenzsystem zur Reduzierung von Fehleranfälligkeiten beitragen und damit die Verkehrssicherheit erhöhen.

## 2. POTENTIALE BEI DEN VERSCHIEDENEN VERKEHRSSYSTEMEN

In den Medien wird das Thema „Fahrerloses Fahren“ derzeit hauptsächlich durch den Straßenverkehr besetzt, dabei gibt es im Luftverkehr seit Jahrzehnten einen Autopiloten, der in den meisten Flugsituationen in der Lage ist das Flugzeug zu kontrollieren. Im Schienenverkehr sind es die U-Bahn- und People-Mover-Systeme, von denen weltweit mehr als 80 Linien in knapp 60 Systemen fahrerlos und vollautomatisch betrieben

werden [3]. Ebenfalls durch die intensive Berichterstattung lässt sich ein Begriffswirrwarr zu dem Thema feststellen. So ist etwa bei den derzeit u.a. von der acatech diskutierten Definitionen und Begriffsbestimmungen festzustellen, dass keine klare Abgrenzung zwischen dem autonomen und dem automatisierten Fahren erfolgt [4]. Insofern lohnt sich eine Begriffsklärung:

**Autonomes Fahren:** Das Verkehrsmittel bewegt sich vollkommen selbstständig aufgrund der an Bord installierten Sensorik und künstlichen Intelligenz im Verkehrsraum. Es kommt – ggfs. bei geringerer Performanz – ohne externe Informationen und Hilfsmittel ans Ziel. Es kann auf unvorhergesehene Änderungen der Umgebungsbedingungen reagieren.

Diese Technologie wird von der Kraftfahrzeugbranche als Endstufe des fahrerlosen Fahrens propagiert [5, 6]. Interes- »



Paris

24-29 April 2017

13<sup>th</sup> TRAINING ON  
HIGH SPEED SYSTEMS  
LEVEL 1



BILD 2: Metro Hongkong mit bahnsteigseitigen Türen (© IFS, RWTH Aachen)

santerweise werden die Zwischenschritte dorthin als teil-, hoch- und vollautomatisiert bezeichnet, müsste es doch eigentlich teil-, hoch- und vollautomat heißen. Schließlich soll doch das autonome System „Fahrzeug+Fahrer“ in ein autonomes System „Fahrzeug+Sensorik+künstliche Intelligenz“ überführt werden.

Automatisches oder automatisiertes Fahren: Das Verkehrsmittel bewegt sich wie ein Automat. Es wird weitgehend von außen geleitet und muss bei Verlust der Verbindung zur Leitstelle in den sicheren Zustand zurückfallen, d.h. Stillstand oder Fahren auf Sicht.

Wegen der externen Überwachung des Fahrzeugs und der gleichzeitigen Sicherung der Strecke können hohe Fahrgeschwindigkeiten gefahren werden. Diese Technologie bevorzugt die Schienenverkehrsbranche [7]. Aufgrund der langen Bremswege bei Schienenbahnen ist Fahren auf Sicht nicht sinnvoll möglich, sodass auch heutige Schienenfahrzeuge nicht ohne eine externe zentrale Leittechnik betrieben werden können.

Assistiertes Fahren: Assistenzsysteme können sowohl das autonome fahrerlose Fahren als auch das automatische fahrerlose Fahren und das Fahren mit Fahrer unterstützen und

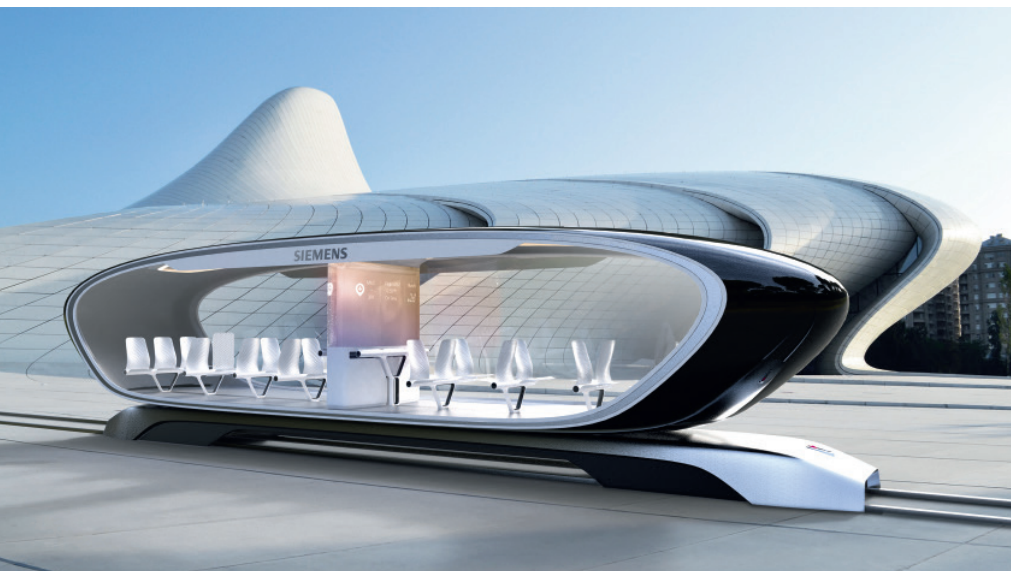
damit die Performanz und die Sicherheit erhöhen. Sie sind aber nicht zwingend für den autonomen oder den automatischen Betrieb erforderlich.

Im Bereich Schienenverkehr sind die Grundvoraussetzungen für einen fahrerlosen Betrieb sehr gut und es sind bereits wesentliche Schritte vorbereitet. Zunächst ist festzustellen, dass durch die Spurführung nur ein Freiheitsgrad nämlich in Fahrzeuginnenrichtung besteht. Durch die signaltechnische Infrastruktur, die Überwachung der Strecken sowie vorhandene Technologien wie LZB oder ETCS etc. sind Betriebsführungstechnologien vorhanden, die fernsteuerfähig sind und die Steuerung vor Ort bzw. durch Fahrzeugführer prinzipiell ersetzen können bzw. das in Teilen bereits tun.

Im Straßenverkehr besitzt das Fahrzeug zwei translatorische Freiheitsgrade in der Fläche (Längs- und Querbewegung). Auf Außerortsstrecken, Fernstraßen sowie in abgeschotteten Gebieten (Häfen, Flughäfen etc.) ist, unter Nutzung und Weiterentwicklung der modernen Fahrerassistenzsysteme, heute ein fahrerloser, automatisierter oder auch autonomer Betrieb denkbar. Solche Szenarien beschreiben jedoch einen Betrieb, in den ein Fahrzeugführer noch eingreifen kann und schlussendlich im Bedarfsfall auch muss. Alternativ sind sehr niedrige Geschwindigkeiten mit der Option eines jederzeitigen Halts denkbar (z.B. in Lagern), was im Straßenverkehr mit dem sogenannten „valet parking“ propagiert wird.

Im Luftverkehr, dem alle drei translatorischen Freiheitsgrade im Raum zur Verfügung stehen, existiert mit dem „Autopiloten“ ein System, welches grundsätzlich einen vollautomatisierten Flug erlaubt, bei dem aber der Pilot jederzeit bereit zur Übernahme sein muss. Außerdem kann unter bestimmten Randbedingungen auch die Landung eines Flugzeugs bereits heutzutage vollautomatisch durchgeführt werden.

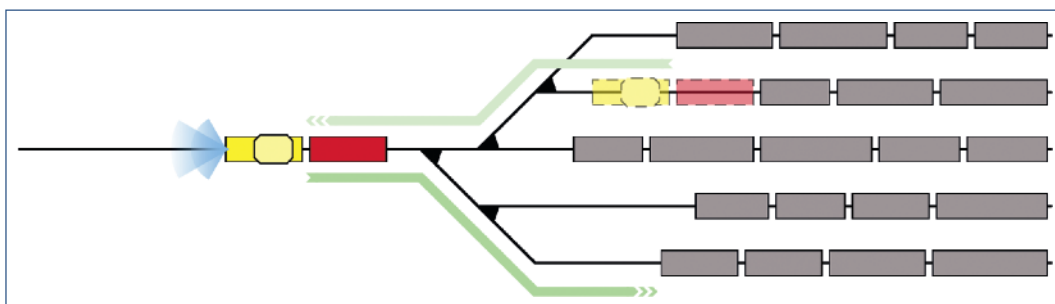
BILD 3: Kleine, komfortable, autonome Schienenfahrzeugeinheit (© Siemens AG)



### 3. POTENTIALE FÜR DIE VERSCHIEDENEN SCHIENENVERKEHRSARTEN

Die Potentiale und notwendigen Technologien sowie der Reifegrad für das fahrerlose Fahren stellen sich für die verschiedenen Schienenverkehrsarten unterschiedlich dar.

Beim U-Bahn- bzw. Metro-Verkehr und den People-Mover-Systemen, von denen Letztere hauptsächlich als Flughafenzubringer fungieren, ist das Thema fahrerloses, automatisiertes Fahren bereits Stand der Technik. Grund ist, dass diese spurgeführten Fahrzeuge auf einem von anderen Verkehrssystemen unabhängigen Fahrweg operie-



**BILD 4:**  
Autonomes oder automatisiertes Rangieren  
(© IFS, RWTH Aachen)

ren. Außer an den Haltestellen gibt es keine Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern. Hier wird durch gezielte Bahnsteigüberwachung (U-Bahn Nürnberg) oder durch bahnsteigseitige Türen (z.B. Metro Hongkong, Bild 2) sichergestellt, dass Fahrgäste nicht vom Schienenfahrzeug erfasst werden oder ins Gleis fallen. Bei aufgeständerten Systemen wie der H-Bahn am Düsseldorfer Flughafen sind in jedem Fall bahnsteigseitige Türen einzusetzen.

Gerade die modernen U-Bahn- und Metrosysteme sind für das Funktionieren von Megacities essentiell. Durch die Automatisierung lassen sich Personalkosten einsparen und eine noch genauere Einhaltung des Fahrplans erreichen. Die heute schon sehr kurzen Zugfolgezeiten von minimal etwa 90 Sekunden lassen sich kaum noch verringern. Daher und wegen der sehr hohen Fahrgastzahlen muss der U-Bahn-Verkehr mit Zügen hoher Kapazität durchgeführt werden.

Anders stellen sich die Möglichkeiten beim Regionalverkehr dar. Darunter wird Schienenverkehr in eher dünn besiedelten Räumen bzw. der Verbindungsverkehr von den Ballungszentren in diese oder zwischen Unterzentren über kurze bis mittlere Entfernungen verstanden. Außer an den Haltestellen gibt es im Regionalverkehr weitere Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern bzw. Zugangsmöglichkeiten für Unbefug-

te, wie niveaugleiche Bahnübergänge oder auch der freie Zugang zur offenen Strecke. Heute verkehren diese Züge je nach Besiedlung und Strecke in Takten von etwa 20 Minuten bis zu zwei Stunden. Der Umstieg auf fahrerlose Züge würde die Möglichkeit bieten, den Takt mit kleineren Einheiten zu verdichten und so die Attraktivität des Schienenverkehrsangebots zu steigern (Bild 3). Dabei müssen diese Einheiten nicht einmal besonders gut motorisiert sein, da es ausreichen würde, Reisezeiten in der Größenordnung des Kraftfahrzeugs zu bieten, welches im Überlandverkehr auch nicht schneller als mit durchschnittlich 60 km/h vorankommt. Problematisch dabei ist allerdings die heutige Limitierung der Streckenbelegung durch die in der Regel vorhandene Blockteilung. Zum Umstieg auf einen hohen Takt mit kleinen, fahrerlosen Einheiten wäre die Einführung einer kontinuierlichen Zugsicherung in Verbindung mit kürzeren Blockabschnitten oder gar einem Moving Block System (z.B. ETCS Level 2 oder 3) notwendig. Zusätzlich ist zu überprüfen, ob kritische Schnittstellen wie Bahnübergänge und ggfs. auch die freie Strecke vor unbefugtem Zutritt abzusichern sind.

Alternativ zum automatisierten Betrieb mit zentraler Leit- und Sicherungstechnik wäre beim Regionalverkehr mit kleinen Einheiten auch autonomer Verkehr möglich.

Dadurch wäre zwar die Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge stark eingeschränkt, da sie im „Sichtbereich“ der On-Board-Sensorik noch zum Stehen kommen müssen, wenn diese ein Hindernis detektiert. Externe Assistenzsysteme, wie z.B. die ständige Information über die Position vorausfahrender und nachfolgender Fahrzeuge oder den „Belegungszustand“ von Bahnübergängen können hierbei unterstützen. Bei Konzentration des Regionalverkehrs von verschiedenen schwach befahrenen Strecken hin zu einer Stammstrecke könnten sich die autonomen langsam fahrenden Einzelfahrzeuge oder Kurzzüge zu schnell fahrenden automatisierten Zügen konfigurieren und an einem Zielknoten zwecks Verteilung in die Fläche wieder trennen.

Im Fernverkehr sind die Fahrgeschwindigkeiten so hoch, dass Bremswege von einem Kilometer oder mehr auftreten. Bei diesen hohen Geschwindigkeiten werden üblicherweise die Zugfahrten und die Infrastruktur von einer Leitstelle aus überwacht. Ein vollständiges autonomes Fahren ohne eine zentrale Leit- und Sicherungstechnik ist bei diesen Geschwindigkeiten also gar nicht möglich. Unter Fernbahn wird Schienenverkehr über größere Entfernungen zwischen Ballungsräumen verstanden, also heutiger Intercity- und Hochgeschwindigkeitsverkehr. Neben Haltestellen, niveaugleichen »



Für zuverlässige Information und Kommunikation!



**3. und 4. Mai 2017 in Frankfurt a. M., Messe Frankfurt, Congress Center**  
Schirmherr: Staatsminister Peter Beuth, Hessischer Minister des Innern und für Sport

Unabhängige Plattform für sicherheitskritische Information und Kommunikation, professionellen Mobilfunk (PMR) und Leitstellen in allen Bereichen Kritischer Infrastrukturen.

Fachmesse namhafter Anbieter

Kommunikationskongress

14. Offizieller Leitstellenkongress

[www.CCExpo.de](http://www.CCExpo.de)

EMW Exhibition & Media Wehrstedt GmbH · Hagenbreite 9 · 06463 Falkenstein/Harz · E-Mail: [info@ccexpo.de](mailto:info@ccexpo.de)



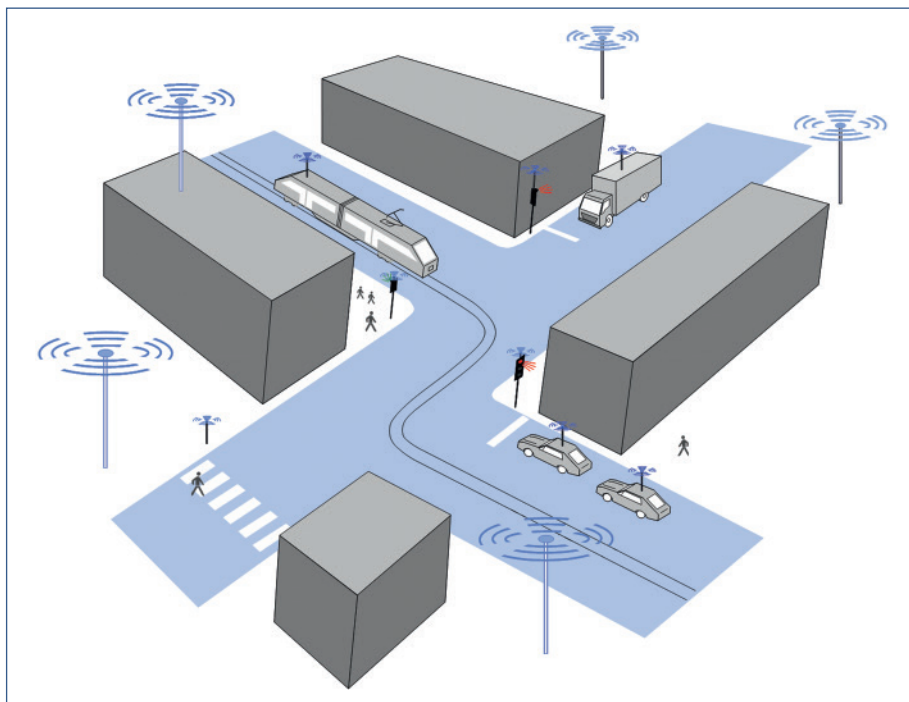


BILD 5: Autonome Straßenbahn im vernetzten Verkehrsumfeld (© IFS, RWTH Aachen)

Bahnübergängen und der freien Strecke liegt mit Bahnsteigen von Durchfahrbahnhöfen eine weitere kritische Schnittstelle vor, die bei automatischem Betrieb der Fernzüge sicher überwacht werden muss. Die Vorteile des fahrerlosen Betriebs liegen hier in einer zuverlässigen Fahrplaneinhaltung aufgrund von Optimierungsmöglichkeiten bei der Betriebsdurchführung und weniger bei den Kosteneinsparungen. Gerade der Hochgeschwindigkeitsfernverkehr muss gegenüber Flugzeug und Kraftfahrzeug konkurrenzfähig bleiben, bzw. seine Vorteile hinsichtlich Komfort und kurzer Reisezeit weiter ausbauen. Solange es nicht möglich ist, zwischen den meisten ICE-Bahnhöfen in Deutschland eine Tagesgeschäftsreise durchzuführen, wird das Flugzeug auch im innerdeutschen Verkehr weiterhin eine wichtige Rolle spielen.

Eine Weiterentwicklung des Systems Fernbahn ist dann auch eher durch die Optimierung des von Menschen überwachten automatisierten Betriebs hin zum autonomen Betrieb durch Automatisierung der Leit- und Sicherungstechnik zu erwarten.

Eine besondere Herausforderung im Schienenverkehr stellt der Gütertransport dar. Trotz stark steigenden Transportvolumens stagniert der Anteil des Schienengüterverkehrs in Deutschland und Europa bei 16–17% [8]. Hauptgründe sind die langen Vorlaufzeiten zur Bestellung eines solchen Transports und, zumindest im Einzelwagenverkehr, die langen Transportzeiten. Letztere werden dadurch erzeugt, dass aus Einzelwagen an den Knotenbahnhöfen zunächst Züge gebildet werden müssen. Diese

werden dann häufig in der Nacht zum Zielknoten gefahren, wo sie in kleinen Einheiten weitertransportiert werden. Oftmals erfolgt die finale Zustellung von kleinen Einheiten dann schließlich mit dem Lkw. Ein reiner Lkw-Transport ist daher deutlich schneller, vorausgesetzt die Fahrt ist staufrei. Im Containerverkehr ist aus Sicht des Güterwaggon wenigstens die Ladung artrein und erlaubt somit vorkonfigurierte Züge. Trotzdem ist ein Umladen vom Lkw auf den Waggon und am Ziel zurück auf den Lkw zeit- und personalintensiv. Nur die dritte Kategorie des Gütertransports, nämlich der artreine Massentransport von Schüttgütern oder Massenstückgut wie Stahlcoils oder Autos lässt sich in kürzerer Zeit durchführen.

Viel Zeit und Personal kann durch das automatisierte oder autonome Rangieren eingespart werden (Bild 4).

Für den Güterzug auf der Strecke gelten ähnliche Überlegungen wie beim Personenfernverkehr. Auch das Be- und Entladen in den Containerbahnhöfen lässt sich weiter automatisieren. Große Seehäfen zeigen dazu viele Beispiele [9]. Ein relevanter Engpass für die Zugfahrt zwischen Start- und Zielbahnhof, dem Hauptlauf, ist, dass Güter- und Personenzüge dieselben Gleise nutzen, wobei der Güterzug oftmals in der Betriebsabwicklung nachrangig behandelt wird und bei Konflikten oft auf einem Ausweichgleis warten muss, bis der nachfolgende Personenzug überholt hat. Diesen Zustand kann auch ein automatisierter Verkehr nicht lösen, da zwischen Personen- und Güterzügen unterschiedliche Geschwindigkeiten

vorliegen. Die Maßnahme, Güterzüge auch mit Hochgeschwindigkeit zu betreiben, was High-Tech-Waggons erfordern würde, erscheint unwirtschaftlich. Eher sinnvoll wäre die weitere Trennung von Personen- und Güterverkehrsstrecken durch den Bau von zusätzlichen Gleisen und Strecken.

Als letzte zu betrachtende Schienenverkehrskategorie bleibt die Straßenbahn oder, moderner, die Stadtbahn. Der Unterschied zwischen diesen beiden innerstädtischen Verkehrsmitteln ist, dass eine klassische Straßenbahn ausschließlich im Straßenverkehr eingesetzt wird, während die Stadtbahn auch Streckenteile auf eigenem Bahnkörper, ober- oder unterirdisch, befährt. So gesehen sind die meisten dieser Systeme heute Stadtbahnen. Hinsichtlich des Verkehrs auf unterirdischer, aufgeständerter oder abgezügelter Strecke gelten die gleichen Überlegungen wie bei der U-Bahn. Auf freier Strecke auf eigenem Gleiskörper kann mit langsamer Geschwindigkeit (autonom) auf Sicht gefahren werden. Möchte man aber schneller und fahrerlos fahren, so wären auch hier die Strecke und vor allem die oft unbeschränkten Bahnübergänge zu sichern. Auf der Straße muss die Straßenbahn autonom fahren, wenn zukünftig die Kraftfahrzeuge diese Technologie nutzen. Um Unfälle zu vermeiden und den Verkehrsfluss aufrecht zu erhalten, werden die innerstädtischen Verkehrsteilnehmer sogar im ständigen Kontakt zueinander stehen, sog. Car-to-X-Communication [10] (Bild 5). Die Straßenbahn muss dieselbe Kommunikationstechnologie und dieselben Aktionsalgorithmen wie die Kraftfahrzeuge nutzen, sonst wird sie im Zeitalter autonomer Kraftfahrzeuge als Sicherheitsrisiko eingestuft und abgelehnt.

Eine vollständige Automatisierung des Kfz-Verkehrs würde allerdings auch zu autonomen Bussen führen. In diesem Szenario stellt sich dann insbesondere die Frage, ob und wo Systemvorteile für die Straßenbahn liegen (können). Wenn die Busse dann noch Überlänge haben dürfen, reduziert sich der Kapazitätsvorteil der Bahn. Generell bleibt offen, ob kleine autonome Straßenbahneinheiten in hoher Taktfolge attraktiver sind als weniger häufig fahrende 30 bis 40 m lange Züge. Nachts könnten diese Einheiten dann auf Abruf fahren. Das Ergebnis ließe sich allerdings auch mit dem Bus erzielen. Als Vorteil für die Straßenbahn bleibt allerdings der um Längen bessere Fahrkomfort.

#### 4. FAZIT

Die derzeitige Diskussion über das assistierte, automatisierte oder autonome Fahren fokussiert sehr stark auf den Straßenverkehr.

Dabei ist im Schienenbahnwesen ein automatisierter Verkehr bereits jetzt in vielen Bereichen umgesetzt. Neben abgeschlossenen Systemen wie U-Bahnen oder People Movers, welche heute bereits vollautomatisch betrieben werden, liegen auch für die Vollbahn mit LZB oder ETCS Technologien vor, die einen automatisierten (Teil-)Betrieb ermöglichen. Durch die aufgrund der mechanischen Spurführung geringere Anzahl an Freiheitsgraden im Vergleich zu Straßenfahrzeugen sind Schienenbahnen besonders prädestiniert für weitere Entwicklungen, bis hin zu autonomen Fahrzeugen. Besondere Vorteile von autonom agierenden Schienenfahrzeugen ergeben sich in Regionalnetzen und für den Rangierverkehr, wo flexible und nachfrageorientierte Angebote umgesetzt werden können. Autonomes Fahren kann zu völlig neuen Fahrzeugkonzepten und einer Anpassung des derzeitigen Betriebs führen, was am Verkehrsmarkt Reaktionen bewirken kann. Ist die Bahn heute vor allem in Ballungszentren (als Massentransportmittel) und im Fernverkehr bei hohen Reisegeschwindigkeiten konkurrenzfähig, so können autonome Schienenfahrzeuge auch ein attraktives Angebot in der Fläche erzeugen und eine Alternative zum (autonomen) Straßenverkehr darstellen. Diese Entwicklung wird sich auch auf die zukünftigen Schienenfahrzeuge auswirken, welche durch kleinere, individuelle Einheiten ergänzt werden, die die regionale Nachfrage abdecken können und sich auf Hauptstrecken zu einem Zugverband vereinigen können. Die Potentiale für den Schienenverkehr müssen genutzt

und umgesetzt werden, damit dieses umweltfreundliche Verkehrssystem im Wettbewerb bestehen kann. ◀

**Literatur**

- [1] Vallée, Dirk, 2013: Innovative kommunale Verkehrskonzepte; In: Klaus J. Beckmann, Anne Klein-Hitpaß (Hrsg.): Nicht weniger unterwegs, sondern intelligenter? – Neue Mobilitätskonzepte; Edition Difu Stadt Forschung Praxis, Band 11, Mai 2013, ISBN 978-3-88118-521-9, Seiten 162 bis 178
- [2] Schlag, Bernhard, 2016: Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr – offene Fragen aus Sicht der Psychologie; in: Straßenverkehrstechnik 2.2016, 60. Jahrgang, Februar 2016, Kirschbaum Verlag, Bonn, ISSN 0039-2219, Seiten 94 bis 98
- [3] N.N.: en.wikipedia.org/wiki/List\_of\_automated\_urban\_metro\_subway\_systems
- [4] Acatech 2015: Neue autoMobilität – Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft; acatech – Akademie für Technikwissenschaften (Hrsg.), Berlin, September 2015
- [5] N.N.: Automated Driving – Levels of Driving Automation are defined in new SAE International Standard

- J3016, SAE International 2014, Global Ground Vehicle Standards, In: [http://www.sae.org/misc/pdfs/automated\\_driving.pdf](http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf); zuletzt geöffnet am 2.12.2016
- [6] Gasser, T.M.; et al.: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung, Bundesanstalt für Straßenwesen (bast), 2012, In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Fahrzeugsicherheit“, Heft F 83, Januar 2012
- [7] N.N.: Press Kit – Metro Automation Facts, Figures and Trends, Internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen (UITP), <http://www.uitp.org/sites/default/files/Metro%20automation%20-%20facts%20and%20figures.pdf>, zuletzt geöffnet am 2.12.2016
- [8] N.N.: Marktanteile, der Erfolgskurs der Güterbahnen, Allianz pro Schiene e.V.; <https://www.allianz-proschiene.de/themen/gueterverkehr/marktanteile/>, zuletzt geöffnet am 2.12.2016
- [9] N.N.: Wie von Geisterhand; HHLA <https://hlla.de/de/container/altenwerder-cta/so-funktioniert-cta.html>, zuletzt geöffnet am 09.12.2016
- [10] Lange, B.: Sichtweite erhöhen, iX Magazin für professionelle Informationstechnik, 2009, Heft 11, <https://www.heise.de/ix/artikel/Sichtweite-erhoehen-820516.html>, zuletzt abgerufen am 2.12.2016

▶ **SUMMARY**

Assisted, automated or autonomous operation – potential railway operations

The levels of automation in both railway and road traffic are going to continue to develop in years to come, arriving in the end at self-driving vehicles. The term “autonomous” is used for vehicles that drive completely independently, whereas “automated” driving is to a large extent controlled from the outside. Both types offer potential for different forms of rail-guided transport. In the case of people movers and metros, automated driving is already state-of-the-art today. A high degree of automated operation is worth aiming for, especially for long-distance passenger operations, whereas autonomous vehicles would be able to cover the demand for individual local services in less heavily trafficked parts of the network. It ought to be possible for freight trains to operate both autonomously (on local lines) and on an automated basis in the form of block trains (on long-distance lines).



**UNSERE KOMPETENZ – IHR ERFOLG**

Ihr zuverlässiger Partner in der Technologie-Beratung und in Engineering-Services

Jeden Tag sind Personen und Güter auf den Schienen unterwegs. Wir tragen dazu bei, dass höchste Anforderungen an die Sicherheit und Verfügbarkeit von Bahnsystemen erfüllt werden. Unsere Kunden schätzen uns als leistungsstarken, verlässlichen und verantwortungsbewussten Engineeringdienstleister.

Profitieren auch Sie von unseren ausgeprägten Kompetenzen im RAMS-Management, im Safety und Security Engineering sowie der CENELEC-konformen Systementwicklung. Wir begleiten Ihr Projekt von der Idee bis zur erfolgreichen Zulassung.

**Kontakt zum ESE-Team:**  
 Heike Drescher  
 Assessment Service Center  
 Telefon: +49 531 23880-70  
 Heike.Drescher@ese.de

[www.ese.de](http://www.ese.de) ▶

ESE GmbH Am Alten Bahnhof 16 • 38122 Braunschweig • Tel.: +49 531 238 8-30 • info@ese.de • www.ese.de