

*SPD Koblenz*: BUGA 2011. Positive Ökobilanz der Seilbahn zur BUGA 2011 bei Unterzeichnung des Konzessionsvertrages vorgestellt

*Spiekermann AG*, 2012: Petrisbergaufstieg Trier Potentialuntersuchung. Düsseldorf

*Stadt Trier*, 2006: ÖPNV-Querachse Trier – Petrisbergaufstieg. Sachstandbericht und weiteres Verfahren. Vorlage zur Sitzung des Stadtrates Nr. 010/2006

*Stadt Trier*, 2012: Petrisbergaufstieg: Ergebnisse der Potenzialstudie Seilbahn sowie weiteres Vorgehen. Vorlage zur Sitzung des Stadtrates Nr. 162/2012

*Stadtverwaltung Koblenz*, 2014: Bebauungsplan Nr. 120. Seilbahnanlage Bundesgartenschau 2011. Änderung und Erweiterung Nr. 2. Begründung. Konzeptionsfassung

*Weiß, H.-J.*, 2012: Wozu noch objektive Marktzugangsbeschränkungen im straßengebundenen ÖPNV? In: *Wirtschaftsdienst* 92/8 (2012), S. 547–553

*Wilke, G.; Bongardt, D.*, 2004: Akzeptanz innovativer Konzepte bei Bahn und Bus bei professionellen Akteuren: Analyse der Akteure auf nationaler und europäischer Ebene. In: Monheim, H.; Schroll, K.-G. (Hg.): *Akzeptanz innovativer ÖPNV-Konzepte bei professionellen Akteuren*. Trier, S. 94–185

## Kontakt

Max Reichenbach, M.A.Sc.  
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Karlstraße 11, 76133 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-22313  
E-Mail: [max.reichenbach@kit.edu](mailto:max.reichenbach@kit.edu)

« »

## Öffentlicher Personennahverkehr im Jahre 2050 – Was könnte wirklich anders sein?

Flexibilisierung des Nahverkehrs

von Lars Schnieder, DLR

**Zunehmende räumliche Disparitäten, ein wachsender Zwang zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit sowie veränderte technologische Paradigmen sind zentrale Herausforderungen für den öffentlichen Personennahverkehr in den nächsten Jahrzehnten. In urbanen Räumen resultiert dies in einer beschleunigten Evolution des Nahverkehrs, der in seinen Grundzügen immer noch wiederzuerkennen sein wird. In ländlichen Räumen wird dies drastisch anders sein: Hier bedarf es revolutionärer Innovationen in Verkehrstechnologie und Verkehrsorganisation, um die Lebensfähigkeit des Nahverkehrs zu erhalten. Auf der Grundlage eines systemischen Verständnisses identifiziert dieser Beitrag zukünftige Entwicklungslinien des öffentlichen Personennahverkehrs, zeigt limitierende Rahmenbedingungen auf und gibt einen Ausblick auf mögliche positive und negative Konsequenzen.**

### 1 Der ÖPNV als Verkehrssystem

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) wird als Verkehrssystem in seine vier grundlegenden Systemkonstituenten *Verkehrsobjekte*, *Verkehrsorganisation*, *Verkehrsmittel* sowie die *Verkehrsinfrastruktur* differenziert (Schnieder 2007). Für jede dieser Konstituenten wird im Rahmen dieses Beitrags in den folgenden Abschnitten eine Abschätzung ihrer zukünftigen Entwicklung vorgenommen:

- *Verkehrsobjekte* sind die Personen oder Sachgüter, welche mit dem Verkehrssystem befördert werden. Bis 2050 haben erhebliche demografische Umwälzungen und ein verändertes Mobilitätsverhalten einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung des ÖPNV.
- Die *Verkehrsorganisation* im Sinne dieses Beitrags ist der rechtliche und organisatorische Rahmen, in dem sich die Entwicklung

des ÖPNV vollzieht. Die Politik kann den vorhandenen Rechtsrahmen an bereits eingetretene Realitäten anpassen bzw. im Vorfeld durch bewusste Regelsetzung die zukünftige Entwicklungsrichtung kanalisieren.

- Die *Verkehrsmittel* sind die Fahrzeuge im ÖPNV. Hierunter werden Straßenfahrzeuge (Personenkraftwagen und Busse in verschiedenen Größen) sowie Straßen- und U-Bahnen verstanden.
- In diesem Beitrag werden unter der *Verkehrsinfrastruktur* nicht nur die Verkehrswege, sondern auch die Informations- und Kommunikationssysteme der Verkehrsunternehmen subsummiert. Dies umfasst somit auch die technischen Komponenten für die Fahrgastinformation sowie die leittechnische Implementierung eines verteilten (Informations- und Kommunikations-)Systems aus dezentralen ortsfesten und mobilen Einrichtungen mit ihrer Anbindung an eine Leitstelle.

In diesem Beitrag werden aus historisch evidenten, langfristigen Innovationszyklen der einzelnen Systemkonstituenten Aspekte ihrer zukünftigen Entwicklung abgeleitet. Nach Gertz/Gertz (2012, S. 4) lassen sich in einer Betrachtung der historischen Entwicklung des ÖPNV verschiedene Phasen mit einer jeweils vorherrschenden Entwicklungsrichtung identifizieren. Standen in den siebziger und achtziger Jahren in einer ersten Phase die Systemkonstituenten *Verkehrsinfrastruktur* und *Verkehrswege* im Sinne einer technischen Modernisierung des ÖPNV im Vordergrund, verlagerte sich in den folgenden Jahrzehnten der Fokus der Entwicklung zunehmend auf die *Verkehrsorganisation*. Mitte der neunziger Jahre „rückte ausgehend von veränderten Rahmenseetzungen der [Europäischen Union] und des Bundes die Liberalisierung in den Fokus der ÖV-Branche“ (Gertz/Gertz 2012). Dieser Entwicklungsrichtung schließt sich die Entwicklung eines umfassenden Mobilitätsverbundes inklusive der Nutzung der Potenziale des E-Ticketing an (Gertz/Gertz 2012).

Um die Entwicklungstendenz des ÖPNV bis zum Jahre 2050 zu umreißen, werden in den nächsten Abschnitten rückblickend historisch evidente Innovationsfelder identifiziert und durch geeignete Merkmale sprachlich beschrieben. Die identifizierten Merkmale des Verkehrssystems

ÖPNV werden anschließend in die Zukunft projiziert. Zukünftig absehbare Veränderungen dieser Merkmale werden durch die Benennung mit Gegenworten (Antonymen) sprachlich gefasst. Die identifizierten Gegensatzpaare zeigen Entwicklungsrichtungen auf, für die im Sinne einer Technologiefolgenabschätzung die existierenden Barrieren und Hemmnisse identifiziert werden, bzw. ein Versuch unternommen wird, intendierte und/oder nicht-intendierte Konsequenzen der aufgezeigten Entwicklungen zu beschreiben.

## 2 Verkehrsobjekte – Wer und wie viele werden wir sein?

Für die Bundesrepublik Deutschland zeichnen sich in den nächsten Jahrzehnten dramatische demografische Verwerfungen ab. Die *Bevölkerung verringert sich* von aktuell 80,2 Millionen Menschen auf 56,9 Millionen Menschen im Jahr 2050 (-29 Prozent). Gleichzeitig *steigt die Lebenserwartung* in den Industriestaaten im gleichen Zeitraum von heute 78 Jahren auf 89 Jahre. Der *Altersstruktur der Bevölkerung* wird sich weiter verschieben. Der Anteil der unter 20-jährigen nimmt von 19 Prozent im Jahre 2008 bis 2050 auf 15,4 Prozent ab. Der Anteil der 20 bis 60 Jahre alten Personen sinkt von 54,4 Prozent in 2008 auf 44,4 Prozent im Jahre 2050. Gleichzeitig steigt der Anteil der über 60-jährigen von 25,6 Prozent auf 40,2 Prozent (Statistisches Bundesamt 2009). Zusätzlich hierzu verändert sich die räumliche Verteilung der Bevölkerung: Der Anteil der städtischen Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland wird von 73,8 Prozent im Jahre 2010 auf 81,8 Prozent im Jahre 2050 steigen (UN 2012) – es kommt zu einer zunehmenden Entvölkerung ländlicher Räume.

Diese vier generellen Trends überlagern sich in ihren Effekten. Der demografische Wandel verstärkt die bereits heute bestehenden räumlichen Disparitäten: In den Städten bleibt die Verkehrsnachfrage hoch oder wächst, auf dem Land geht sie zurück. Dies bringt insbesondere in der Versorgung der ländlichen Bevölkerung mit einem adäquaten Bedienungsangebot des ÖPNV dramatische Konsequenzen mit sich. Unter Berücksichtigung aller zuvor genannten Effekte sinken die Schülerzahlen um 60 Prozent. Dies hat zum

einen Auswirkungen auf die Erlösseite, da Schülerverkehre die tragende Säule der Finanzierung der ÖPNV-Bedienung in der Fläche sind. Gleichzeitig haben durch Schulschließungen verlängerte Schulwege einen negativen Einfluss auf die Kostenseite, was im Saldo das Finanzierungsproblem weiter verschärft (Ringat 2013). ÖPNV wie wir ihn heute kennen, ist in absehbarer Zukunft in ländlichen Räumen nicht mehr lebensfähig. Während sich in den Städten der Weg *evolutionärer Innovationen* im ÖPNV abzeichnet, an dessen Ende eine höhere Sicherheit und Effizienz der Erbringung der Verkehrsleistungen steht, bedarf die Erhaltung der Lebensfähigkeit des Nahverkehrs in der Fläche *disruptiver Innovationen*.

### 3 Verkehrsorganisation – eine tragfähige Basis für Planung und Finanzierung des Nahverkehrs

Mit Gründung von *Verkehrsverbänden der ersten Generation* im Jahre 1965 wurde den Partikularinteressen der operierenden Verkehrsunternehmen zum ersten Mal eine einheitliche Basis für die (intramodale) Fahrplanung und (intramodale) Tarifierung entgegengestellt (Knieps 2009). Als Reaktion auf die veränderte Rollenaufteilung durch das Regionalisierungsgesetz erfolgt Mitte der neunziger Jahre eine zweite Gründungswelle und Weiterentwicklung bestehender Verbundorganisationen zu *Verbänden der zweiten Generation* als Misch- und Aufgabenträgerverbände (Knieps 2009). Für die Zukunft zeichnet sich eine Evolution von Verkehrsverbänden zu Mobilitätsverbänden (*Verkehrsverbände der 3. Generation*) ab. Nach Gertz/Gertz (2012) wird ein solcher Mobilitätsverbund definiert als „organisatorische Vernetzung von Verkehrsmitteln und Mobilitätsdienstleistungen zur Förderung von Inter- und Multimodalität mit einem Verkehrsverbund bzw. Verkehrsunternehmen als Koordinator“. Allerdings sind diese Mobilitätsverbände entsprechend der Verbundräume der Verkehrsverbände sowie der föderalen Struktur der Bundesrepublik nach wie vor überwiegend regional organisiert. Darüber hinaus stehen erhebliche personelle und finanzielle Aufwände zur Initiierung und technischen Integration verkehrsträgerübergreifender Angebote einer Einführung entgegen. Auch fehlen zum ak-

tuellen Zeitpunkt Erfahrungen und standardisierte Vorgehensweisen für die Gründung von Mobilitätsverbänden. In Bezug auf die kommerzielle Abbildung der Geschäftsmodelle werden darüber hinaus rechtliche Herausforderungen angeführt, die im Genehmigungs-, Beihilfe- und Vergaberecht begründet sind (Niemann/Koch 2012). Die Abschätzung möglicher Folgen von Mobilitätsverbänden bewegt sich zwischen den extremen Polen von Synergiepotenzialen und Kannibalisierungsprozessen. Erste Referenzprojekte müssen hierbei beweisen, ob eine synergetische Kopplung verschiedener Mobilitätsangebote gelingt und den Modalsplit nachhaltig beeinflussen kann. Möglicherweise bedeutet eine Vernetzung mit anderen Mobilitätsangeboten eine Zusammenarbeit mit der Konkurrenz und ist mithin kontraproduktiv für die Positionierung der Verkehrsunternehmen im Wettbewerb (Gertz/Gertz 2012).

Der Status Quo im Nahverkehr ist geprägt von einer öffentlichen Trägerschaft der *Erbringung von Verkehrsleistungen* als Element der Daseinsvorsorge. Das Ziel ist hierbei eine qualitativ hohe, flächendeckende und erschwingliche Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen. In den Städten wird der ÖPNV durch privatrechtliche, aber weiterhin in kommunalem Besitz befindliche Unternehmen erbracht (Tschandl/Schenlter 2013). Aus den Haushaltskonsolidierungen und den Schuldenbremsen des Bundes und der Länder ergeben sich geringere Spielräume für eine bedarfsgerechte Erhöhung der Zuwendungen (vgl. Ringat 2013). Verkehrsunternehmen unterliegen einem zunehmenden Wirtschaftlichkeitsdruck. In der Folge werden Kommunen in den nächsten Jahren verstärkt dazu übergehen, Verkehrsleistungen als Element der Daseinsvorsorge in *privatwirtschaftlicher Trägerschaft* zu erbringen. Die Privatwirtschaft steht grundsätzlich unter einem permanenten Wettbewerbsdruck, der idealerweise zu einer Verbesserung und Optimierung des Leistungsangebots führt. Erzielte Einsparungen können in den Ausbau des ÖPNV reinvestiert werden und eine zusätzliche Nachfrage stimulieren.

Zum aktuellen Zeitpunkt ist der ÖPNV gekennzeichnet durch eine *Zwecktrennung der Verkehrssysteme*; d. h.: *Personen und Güter werden in unterschiedlichen Verkehrsmitteln befördert*. Während sich in Skandinavien der kombinierte

Transport von Menschen und Waren im Laufe der Jahrzehnte halten konnte, ist dieser in Deutschland inzwischen verschwunden. Das Wegbrechen der Schülerverkehre und das damit hervortretende Problem einer fehlenden Finanzierungsgrundlage der ÖPNV-Bedienung erfordert ein Umdenken. Ein möglicher Hebel für die Erhaltung der Lebensfähigkeit des Nahverkehrs in der Fläche liegt in der *Aufhebung der Zwecktrennung der Verkehrssysteme*. Vorhandene Ressourcen (Busse, Personal, Infrastruktur) können für zusätzliche Dienstleistungen genutzt werden. Dieser Ansatz kann in beide Richtungen gedacht werden. Zum einen können „Güter zum Personenverkehrssystem kommen“ (vgl. Kombibus der Uckermärkischen Verkehrsgesellschaft). Andererseits können „Personen zum Wirtschaftsverkehrssystem kommen“. Dies wären beispielweise Mitnahmen von Personen in Fahrzeugen, die täglich wiederkehrende Routen bedienen (z. B. Personenmitnahme in Pflege- und Kurierdiensten). Im Wesentlichen stehen transport- und haftungsrechtliche Fragen der flächendeckenden Einführung solcher Ansätze entgegen. Gelingt eine zufriedenstellende Lösung dieser Probleme, können die zusätzlichen Einnahmequellen dem ÖPNV in ländlichen Räumen helfen, dennoch ein einfaches Streckennetz und eine regelmäßige fahrplangestützte Bedienung aufrecht zu erhalten.

Für den Nahverkehr ist zum aktuellen Zeitpunkt das staatliche *Fürsorgeprinzip in der Versorgung mit Verkehrsleistungen* prägend. Dieses grundsätzliche Prinzip wird auch durch vereinzelt bürgerschaftliches Engagement in Bürgerbusystemen bislang nicht wirksam durchbrochen. Von ihrer (genehmigungs-)rechtlichen Struktur her lehnen sich diese, auf Basis bürgerschaftlichen Engagements organisierten Bedienungsformen an konventionelle Verkehre im ÖPNV an, da sie zentrale Konzepte eines institutionalisierten Nahverkehrs (Linien- und Tarifgenehmigung nach dem Personenbeförderungsgesetz) nicht verlassen. Zukünftig wird das *Solidaritätsprinzip in der Versorgung mit Verkehrsleistungen* in ländlichen Räumen stärker hervortreten müssen. Die Herausforderungen der Bevölkerungsentwicklung in ländlichen Räumen erfordert gegenseitige Hilfe und das Eintreten füreinander. Beispiele hierfür können alternative Verkehrsformen wie die Zu-

steigermitnahme sein. Es handelt sich hierbei um eine Form des organisierten Trampens. Erforderlich sind dazu Kennzeichnungen der Fahrzeuge, Legitimierungen der Fahrer, Festlegung von Tarifen und Haltestellen sowie die Integration in geeignete Plattformen für die Beauskunftung und Buchung solcher Angebotsformen. Vor der Einführung eines solchen Ansatzes sind auch hier im Wesentlichen rechtliche Fragestellungen (Haftung) zu lösen. Es bleibt die Frage offen, inwieweit eine Verlässlichkeit der Bedienung auf Basis ehrenamtlichen Engagements überhaupt aufrecht erhalten werden kann.

#### **4 Verkehrsmittel – zukünftige Fahrzeugkonzepte sichern die Nachhaltigkeit der Mobilität**

Bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen ist es bereits frühzeitig (seit den 1960er Jahren) zu einer hersteller- und markenübergreifenden Standardisierung der Fahrzeugkonzepte gekommen. Seit 1987 wurden sukzessive Niederflurfahrzeuge in den Betrieb eingeführt, was zu einem Anteil von 90 Prozent in den Busflotten in der Bundesrepublik im Jahre 2012 führte (VDV 2012). Seit Mitte der neunziger Jahre kommen im Busverkehr erste, vom Dieselantrieb abweichende Antriebsformen zum Einsatz. Lediglich mit Erdgas angetriebene Busse haben sich – fast zwanzig Jahre nach ihrer ersten prototypischen Erprobung in Basel – mit einem nennenswerten Anteil (1.500 Busse, 5 Prozent der gesamten Linienbusflotte) am Markt etabliert. Hybridbusse sind dabei, sich am Markt zu etablieren und weisen aktuell (2012) einen Anteil von einem Prozent an den Stadtbussen in Deutschland auf. Die seit 2005 prototypisch erprobten Brennstoffzellenantriebe und elektrischen Antriebskonzepte sind bislang nur punktuell im Einsatz und stehen daher noch vor dem Beginn ihrer Markteinführung als ausgereiftes Produkt. Die Regelmäßigkeit der Bedienung mit wiederkehrenden Routen lässt den ÖPNV ideal erscheinen für die Einführung elektrisch angetriebener Fahrzeugflotten. Das zentrale Hemmnis für eine flächendeckende Einführung elektrisch angetriebener Busse sind die aktuell noch hohen Investitionskosten. Es bleibt hier abzuwarten, inwieweit die erwartete Degression der Batteriekosten um 60 Prozent bis

zum Jahr 2020 die Investitionsentscheidungen der Verkehrsbetreiber positiv zu beeinflussen vermag, oder ob langfristig zusätzliche Investitionsanreize durch staatliche Förderung erforderlich sind. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt zeichnet sich ab, dass oftmals *herstellerspezifische Standards der Fahrzeug- und Antriebskonzepte* für den Markt prägend sind. Soll es zukünftig zu einer stärkeren Marktdurchdringung alternativer Antriebsformen im Busverkehr kommen, sind – wie bereits in der Vergangenheit für konventionelle Busse erfolgreich praktiziert – *herstellerübergreifende Standards der Fahrzeug- und Antriebskonzepte* erforderlich. Als Folge der Standardisierungsaktivitäten werden den Verkehrsunternehmen eine vereinfachte Vorhaltung von Ersatzteilen sowie die Bereithaltung fachkundigen Wartungs- und Reparaturpersonals überhaupt erst möglich. Ein weiteres Hemmnis ist die bislang nicht ausreichend geklärte Frage der Wiederverwendbarkeit und Entsorgung elektrischer Speichermedien. Nur wenn diese grundlegenden Fragen geklärt sind, gelingt die mögliche Verlagerung des Schwerpunktes des Energiemixes im Busverkehr von Dieselkraftstoffen auf Strom und Gas.

Der *vollverantwortliche Fahrer* stellt im Busverkehr den aktuellen Stand der Technik dar. Im Sinne der von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) definierten Automatisierungsgrade handelt es sich hier um die Betriebsart *driver only*, bei der kein in die Längs- und Querverführung eingreifendes (Fahrerassistenz-)System aktiv ist (BASt 2012). Im Betrieb spurgebundener Systeme auf unabhängigem Bahnkörper sind höhere Automatisierungsgrade punktuell eingeführt, aber bislang nicht flächendeckend etabliert. Für die Zukunft zeichnet sich eine weitergehende Erhöhung des Assistenz- und Automationsgrades ab, der jedoch in seiner spezifischen Ausprägung verkehrssystemspezifisch differenziert werden muss. Im *Straßenverkehr* erscheinen bis zum Jahr 2050 Entwicklungen in Richtung assistierten Fahrens (Der Fahrer übt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus) oder teilautomatisierten Fahrens (Das System übernimmt Quer- und Längsführung und der Fahrer überwacht die Systemfunktion dauerhaft) möglich. Für ausgewählte Anwendungsfälle, z. B. logistische Prozesse des Waschens und Betankens im

Depot, erscheint die Betriebsart des vollautomatischen Fahrens bis zum Jahr 2050 realistisch einführbar. Die Nutzung der über das assistierte und teilautomatisierte Fahren hinausgehenden Potenziale eines hoch- und vollautomatisierten Fahrens im Fahrgastbetrieb ist für den straßengebundenen ÖPNV zum aktuellen Zeitpunkt nicht absehbar. Die für Verkehrsunternehmen aus dem Betrieb von Fahrzeugen mit höheren Automatisierungsgraden entstehenden Haftungsrisiken sind zum aktuellen Zeitpunkt nicht ausreichend untersucht worden. Zwar sind in ersten Untersuchungen im Bereich des motorisierten Individualverkehrs haftungsrechtliche Aspekte erörtert worden (Haftung nach dem Straßenverkehrsgesetz, Haftung des Herstellers für fehlerhafte Produkte nach dem Produkthaftungsgesetz). Etwaige Implikationen auf den Betrieb öffentlicher Verkehrssysteme sind hier bislang nicht beachtet worden. Zum aktuellen Zeitpunkt stehen allgemein – auch für den motorisierten Individualverkehr – rechtliche Fragestellungen einer Systemeinführung entgegen. Die Erreichung der Zulassungsfähigkeit autonom fahrender Fahrzeuge setzt Rechtsänderungen voraus, die nicht vom nationalen Gesetzgeber beschlossen werden können, sondern neuer internationaler Übereinkommen bedürfen (vgl. Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr).

Im *Schiienenverkehr* sind höhere Automatisierungsgrade angestrebt und durch bereits vorgenommene Fahrzeugbeschaffungen bis zum Jahr 2050 konkret absehbar. Im Gegensatz zum Straßenverkehr ist bei unabhängigen Bahnen keine europaweite Interoperabilität erforderlich, so dass hier Innovationen als „Insellösungen“ schneller implementiert werden können. In den nächsten Jahrzehnten kommt es daher zu einer graduellen Verschiebung der Allokation grundlegender Sicherungsfunktionen vom Betriebspersonal zu technischen Einrichtungen (IEEE 1999; IEC 2006). Aufgrund der langen betrieblichen Nutzungsdauer der Fahrzeuge von 30 Jahren zeigen aktuelle geplante oder konkret initiierte Fahrzeugbeschaffungen im Bereich von U-Bahnen einen realistischen Entwicklungspfad für die Entwicklung verkehrstechnischer Infrastrukturen in Ballungsräumen auf. Die *Hamburger Hochbahn* hat mit Überlegungen für die nächste U-Bahn-Generation begonnen (Muth 2013). Ziel der ab 2020 vorge-

sehenen Fahrzeugbeschaffung ist die Einführung eines fahrerunterstützenden Fahrens (Grade of Automation 2 nach IEC 2006). Gemäß einer von der Münchner Verkehrsgesellschaft bekanntgegebenen Fahrzeugbeschaffung werden in den nächsten Jahren Fahrzeuge mit einer Vorrüstung für den fahrerlosen Betrieb (Grade of Automation 3 nach IEC 2006) beschafft. Hierbei kann der Fahrerstand entfallen bzw. reduziert werden, um auch eine höhere Fahrgastkapazität zu erreichen. Auch bei der Berliner U-Bahn ist eine Umrüstbarkeit des Fahrzeugkonzepts für einen fahrerlosen Betrieb vorgesehen. Die allgemeine Tendenz in Richtung höherer Automatisierung ermöglicht – zumindest für unabhängig vom Straßenverkehr verkehrende spurgebundene Verkehrssysteme – eine weitgehende Flexibilisierung des Betriebs automatischer Bahnen. Dies eröffnet wirtschaftliche Vorteile ebenso wie eine variabelere Anpassung des Fahrzeugeinsatzes bei Lastspitzen.

## 5 Verkehrsinfrastruktur – Paradigmenwechsel in der Gestaltung leittechnischer Systeme

Hinsichtlich der Verkehrsinfrastruktur werden nachfolgend zentrale Entwicklungsrichtungen der Fahrgastinformation, des Vertriebs (Ticketing) sowie Aspekte der systemtechnischen Gestaltung leittechnischer Systeme umrissen.

Für die Fahrgastinformationen sind die folgenden Entwicklungsrichtungen absehbar:

- Von der *kollektiven Fahrgastinformation* zu einer *individuellen Fahrgastinformation*: Werden Fahrgastinformationen zum aktuellen Zeitpunkt noch undifferenziert allen Fahrgästen angeboten, so werden zukünftig individuelle Bedürfnisse des Fahrgastes in der Auskunft berücksichtigt. Jeder Fahrgast bekommt eine, auf ihn zugeschnittene Information.
- Von der *kontextlosen Fahrgastinformation* zu einer *kontextsensitiven Fahrgastinformation*: Aktuell wird durch fehlendes Wissen über individuelle Nutzerkontexte die Fahrgastinformation nicht auf die aktuelle Situation des Fahrgastes zugeschnitten. Durch Berücksichtigung von Wissen über das Nutzerverhalten wird es zukünftig möglich, die Fahrgastinfor-

mation auf die aktuelle Situation des Nutzers hin anzupassen.

- Eine durchgängige elektronische Fahrplaninformation (Solldaten) auf nationaler Ebene wird zukünftig durch eine durchgängige Fahrplaninformation (Soll- und Istdaten) auf europäischer Ebene ergänzt. In Deutschland besteht seit 1999 mit DELFI eine unternehmens- und verbundübergreifende Informationsplattform für die Fahrplanauskunft (<http://www.delfi.de>). Diese stellt aktuell jedoch nur Fahrplandaten bereit. Zukünftig werden vorhandene Ansätze einer europaweiten Fahrplaninformation (EU-Spirit) weiter ausgebaut (<http://eu-spirit.eu/>). Die aktuell zur Verfügung gestellten Fahrplandaten werden um Echtzeitdaten aus dem Betrieb ergänzt.

Für den Vertrieb ist die folgende Entwicklungsrichtung absehbar:

- Die für den aktuellen Nahverkehr prägende *standardisierte (unpersönliche) Dienstleistung* wird von einer *personalisierten bzw. individualisierten Dienstleistung* abgelöst. Wurden bislang individuelle Bedürfnisse der Fahrgäste nicht betrachtet, werden Kundenwünsche zukünftig direkt in unternehmerisches Handeln (neue Dienstleistungen) umgesetzt. Grundlage hierfür ist die Analyse der direkt von den Kunden freiwillig gelieferten Daten im Sinne eines Customer-Relationship-Management-Ansatzes.
- Zum aktuellen Zeitpunkt ist das elektronische Ticket in *Erprobung in lokalen (Verkehrsbetreiber) und regionalen Pilotvorhaben*. Die Zukunft geht hier in Richtung einer *allgemeinen Einführung des elektronischen Tickets auf nationaler und internationaler (europäischer) Ebene*. Da die Einführung des elektronischen Tickets gesellschaftlich, wirtschaftlich und technisch risikobehaftet ist, wurden seit 2005 in nationalen Pilotprojekten Großversuche durchgeführt, um Fragen der Akzeptanz, der Wirtschaftlichkeit, des Marktpotenzials und der technischen Optimierung im Feldversuch zu erproben. Auf dieser Grundlage zeigten sich in der Wiesbadener Erklärung (2010) sechs der größten deutschen Verkehrsverbände und die Deutsche Bahn bereit, die Einfüh-

rung des „eTickets Deutschland“ als Standard mit hoher Priorität voranzutreiben. Barrieren auf dem Weg zu einer allgemeinen Einführung des elektronischen Tickets über einzelne Regionen hinaus liegen möglicherweise im Datenschutzrecht begründet. Aktuell wird die EU-Datenschutzrichtlinie in den Mitgliedstaaten unterschiedlich in nationale Gesetzgebung umgesetzt. Gelingt die Lösung der mit der Einführung verbundenen Probleme, profitieren die Verkehrsunternehmen von besseren Auswertungsmöglichkeiten. Die Planung der räumlichen und zeitlichen Verkehrsbedienung kann auf der Grundlage tatsächlich realisierter Mobilitätsverhaltens genauer als bislang geplant werden. Darüber hinaus können Vertriebskosten durch den Wegfall von Kostenpositionen wie Fahrscheinautomaten und des Aboversands deutlich reduziert werden.

In den nächsten Jahren ist die leittechnische Infrastruktur im Nahverkehr einem Umbruch unterworfen. Dies lässt sich an den folgenden Entwicklungslinien festmachen:

- Monolithisch *aufgebaute leittechnische Systeme* werden durch *modularisierte leittechnische Systeme* abgelöst. Bislang bestehende leittechnische Systeme „aus einem Guss“ sind für die Verkehrsunternehmen kostenintensiv und führen zu langen Entwicklungszyklen auf Seiten der Hersteller. Der Trend geht in Richtung eines modularisierten Aufbaus aus standardisierten Einzelbauteilen entlang definierter Schnittstellen. Die Modularisierung führt zu einem höheren Wettbewerb der Zulieferer, da diese Anbieter weitgehend standardisierter Einzelkomponenten sind. Für die Verkehrsunternehmen folgt hieraus ein Risiko der Systemintegration, welche erhebliche Aufwände und möglicherweise technologische Risiken in sich birgt.
- Die aktuelle *Proprietarität von Software, Protokollen und Dateiformaten* wird zukünftig von einer *Offenheit und Standardisierung von Software, Protokollen und Schnittstellen* abgelöst (Schnieder et al. 2014). Gestaltet sich aktuell die Implementierung und Integration neuer Funktionsmodule als schwierig, wird dies zukünftig vereinfacht. Zwar bietet

die Verwendung von Standard- und Webtechnologien wesentliche wirtschaftliche Vorteile. Allerdings wird durch die Verwendung von Standardtechnologien auch ein unberechtigter Zugriff von außen erleichtert. Bislang boten proprietäre Formate hiergegen einen gewissen Schutz. Zukünftig muss ein höheres Augenmerk auf Schutzmaßnahmen für Authentifizierung, Verschlüsselung und Datenintegrität gelegt werden.

- Der Betrieb *dedizierter Infrastrukturen* (bspw. Kommunikationssysteme wie der analoge Betriebsfunk bzw. eine eigene IT-Infrastruktur) wird zukünftig durch die Partizipation an *geteilten Infrastrukturen* abgelöst (Schnieder et al. 2014). Getrieben aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sowie gefördert durch das Erreichen der technologischen Lebensdauer von Bestandssystemen (insbesondere des analogen Betriebsfunks) wenden sich Verkehrsunternehmen zunehmend vom Betrieb einer eigenen Kommunikationsinfrastruktur ab. Die (Mit-)Nutzung vorhandener Infrastruktur – beispielsweise öffentlicher Mobilfunksysteme – eröffnet die Potenziale geringerer Investitions- und Betriebskosten. Die gleiche Tendenz zeigt sich im Betrieb von Rechnernetzwerken. Dedizierte selbst betriebene IT-Infrastrukturen werden zunehmend durch cloudbasierte Ansätze verdrängt. Den positiven wirtschaftlichen Effekten stehen aber auch negative Folgen entgegen. Die Unternehmen verzichten auf eigene IT-Kompetenz, außerdem müssen alternative Konzepte sorgfältig geprüft werden vor dem Hintergrund des möglichen Umgangs Externer mit unternehmenskritischen Daten. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf gültige (nationale?) Datenschutzbestimmungen.
- Die *Physizität der (Kommunikations-)Infrastruktur* weicht zukünftig einer *Virtualität der (Kommunikations-)Infrastruktur*. Besitzen die Verkehrsunternehmen aktuell eigene Kommunikationsinfrastrukturen (s. Punkt zuvor; z. B. TETRA-Mobilfunknetz), können sie zukünftig auf virtuelle Netzwerkbetreiber zugreifen (Schnieder et al. 2014). Verschiedene Infrastrukturen und Technologien unterschiedlicher Telekommunikationsanbieter werden bedarfsgerecht für die Verkehrsun-

ternehmen kombiniert. Aus einer Vielzahl von Infrastrukturen verschiedener Carrier, also Telekommunikationsunternehmen, die mit dem Datentransport befasst sind, werden die für das jeweilige Verkehrsunternehmen optimalen Infrastrukturen ausgewählt. Für Verkehrsunternehmen bietet dies den Vorteil, dass sie sich auf ihr Kerngeschäft fokussieren können. Ausgelagerte Aufgaben werden von Externen effizienter und qualitativ hochwertiger erfüllt. Allerdings verlieren die Verkehrsunternehmen Know-how und geraten in Abhängigkeit von externen Dienstleistern.

## 6 Fazit

In der Zukunft wird das System ÖPNV, wie wir es heute kennen, verwundbarer. Die technologischen Entwicklungen, Transformationen von Wertschöpfungs- und Lieferketten (z. B. Outsourcing) sowie die Unwägbarkeiten in der Finanzierung des Nahverkehrs infolge demografischer Verwerfungen sind hierfür ursächlich. Die Gestaltung eines zukunftssicheren Nahverkehrs erfordert einen Kraftakt aller Beteiligten. Technologische Innovationen müssen im gesamten System (Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsmittel) einen Beitrag zu höherer Kosteneffizienz und Flexibilität leisten. Gleichzeitig muss ein flexibler rechtlicher Regelungsrahmen es ermöglichen, Innovationen in Technologie und Geschäftsmodellen auch tatsächlich umzusetzen.

## Literatur

*BAST – Bundesanstalt für Straßenwesen*, 2012: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. BAST-Bericht F83. Bergisch-Gladbach

*Gertz, C.; Gertz, E.*, 2012: Vom Verkehrs- zum Mobilitätsverbund. Die Vernetzung von inter- und multimodalen Mobilitätsdienstleistungen als Chance für den ÖV; <http://www.vdv.de/vdv-positionspapiermmm.pdf?forced=true> (download 18.1.14)

*IEC – International Electrotechnical Commission*, 2006: Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 1: System principles and fundamental concepts. Genf

*IEEE – The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1999: IEEE Standard for Communications-Based

Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements (IEEE Std 1474.1-1999). New York

*Knieps, M.*, 2009: Entwicklung der Verkehrsverbünde in Deutschland. In: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hg.): Verkehrsverbünde – Durch Kooperation und Integration zu mehr Attraktivität und Effizienz im ÖPNV. Hamburg, S. 12–27

*Muth, F.*, 2013: Mehr Mobilität für Hamburg. In: Der Nahverkehr 10 (2013), S. 41–49

*Niemann, J.; Koch, H.*, 2012: Multimodale Verkehrsangebote im Personenverkehr. In: Der Nahverkehr 4 (2012), S. 44–47

*Ringat, K.*, 2013: Der ÖPNV im Wandel – Auswirkungen auf Unternehmenssteuerung und Controlling. In: Schneider, C. (Hg.): Unternehmenssteuerung und Controlling im ÖPNV – Instrumente und Praxisbeispiele. Hamburg

*Schnieder, E. (Hg.)*, 2007: Verkehrsleittechnik – Automatisierung des Straßen- und Schienenverkehrs. Berlin

*Schnieder, L.; Wermser, D.; Renz, A.*, 2014: Potenziale einer integrierten Modellierung von Geschäftsprozessen und Kommunikationsereignissen für den Betriebsfunk im ÖPNV. Beitrag angenommen für EKA 2014 – Entwurf komplexer Automatisierungssysteme. Magdeburg, 14.–15.5.14

*Statistisches Bundesamt*, 2009: Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorberechnung. Wiesbaden

*Tschandl, M.; Schentler, P.*, 2013: Empfehlungen und Gestaltungsansätze zur Optimierung der Planung und Budgetierung. In: Schneider, Chr. (Hg.): Unternehmenssteuerung und Controlling im ÖPNV, S. 52–76

*UN – United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division*, 2012: World Urbanization Prospects: The 2011 Revision. New York

*VDV – Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.*, 2012: VDV-Statistik 2012. Köln

## Kontakt

Dr.-Ing. Lars Schnieder  
Institut für Verkehrssystemtechnik  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
(DLR)  
Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig  
Telefon +49 531 295-3444  
E-Mail: [lars.schnieder@dlr.de](mailto:lars.schnieder@dlr.de)

