

Zukünftige Entwicklungen und Herausforderungen im Straßenverkehr

Manfred Boltze

Zukünftige Entwicklungen werden neue Chancen und Herausforderungen im Straßenverkehr schaffen. Die kontinuierliche Auseinandersetzung damit ist Voraussetzung für die zukunftssichere Gestaltung unserer Verkehrssysteme. In diesem Beitrag werden zunächst die allgemein erwarteten Entwicklungen in Demografie, Wirtschaft, Technologie, bei Lebensstilen und Werten sowie zum Umwelt- und Klimaschutz zusammengefasst. Anschließend werden zwölf zukünftige Herausforderungen im Straßenverkehr erläutert. Die Finanzierung des Verkehrs muss auskömmlich und nachhaltig werden. Die Verkehrsnachfrage muss stärker beeinflusst werden, und dafür sind auch im Straßenverkehr verstärkt preisliche Anreize zu nutzen. Infrastruktur muss zukunftssicher, d. h. robust und flexibel, gestaltet werden, und sie ist zukünftig noch mehr dynamisch, situationsangepasst zu nutzen. Die Verkehrssicherheit ist weiter zu verbessern, und wirksame Maßnahmen zum Umwelt- und Klimaschutz sind umzusetzen. Dabei sind Gesundheitsaspekte im Verkehr stärker zu beachten. Neue Mobilitätskonzepte müssen gefördert und die Qualität des Verkehrs muss transparenter werden. Der institutionelle Rahmen für den intermodalen Verkehr ist zu verbessern. Neue Technologien werden eine wichtige Grundlage für viele Entwicklungen sein und sind zielorientiert zu nutzen.

Future developments will create new opportunities as well as challenges in road transport. The continuous examination of these developments is a precondition for creating sustainable transport systems. In the first part, this article summarizes the generally expected developments regarding demography, economy, technology, life styles and values as well as related to environmental and climate protection. In the second part, twelve future challenges in road transport are explained. Sufficient financing of transport systems must be secured. Transport demand must be controlled, and for this purpose mobility pricing schemes have to be used more extensively. Infrastructure shall be robust and flexible to cope with future requirements, and it must be used in a dynamic and situation-responsive way. Traffic safety needs to be further improved, and effective measures must be implemented to protect environment and climate. Health aspects need to be considered more extensively. New concepts of mobility must be promoted, and the quality of traffic and transport needs to become more transparent. Improvements are also needed for the institutional framework to cope with intermodal transport. Overall, new technologies will be an important basis for many developments, but they need to be utilized in a goal-oriented way.

Verfasserschrift:
Prof. Dr.-Ing. M. Boltze,
boltze@verkehr.
tu-darmstadt.de,
Technische Universität
Darmstadt,
Fachgebiet Verkehrsplanung
und Verkehrstechnik,
Otto-Berndt-Straße 2,
64287 Darmstadt

1 Einführung

Die Auseinandersetzung mit zukünftigen Entwicklungen dient dazu, das aktuelle Handeln richtig auszurichten, Fehlentwicklungen und Fehlinvestitionen zu vermeiden, Chancen aus den neuen Entwicklungen zu nutzen und Verbesserungen herbeizuführen. Dass es im Straßenverkehr Verbesserungsbedarf gibt, ist den meisten aus eigener Erfahrung bewusst. In allen Bereichen – Leistungsfähigkeit, Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit – gibt es erhebliche Probleme sowohl für den Personenverkehr als auch für den Güterverkehr. Wenn man diese Probleme zu einem Gesamtbild zusammenfügt, entsteht sicher nicht das Wunschbild des Verkehrssystems, wie wir es anstreben und wie es eine leistungsfähige

Gesellschaft mit hoher Lebensqualität braucht. Dabei gibt es aber ausdrücklich keinen Grund zum Schwarzmalen oder Schlechtreden. Der Vergleich mit anderen Ländern zeigt immer wieder, dass wir in Deutschland nach wie vor gute Verkehrssysteme haben und ein insgesamt gutes Verkehrsmanagement betreiben. Aber wir können durchaus noch besser werden. Und wir wollen ja auch zukünftig mit modernen, leistungsfähigen, sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Verkehrssystemen unsere Lebensqualität und unseren hervorragenden Wirtschaftsstandort in Europa sichern.

Auch in Mobilität, Transport und Verkehr wird es schon in naher Zukunft zahlreiche und sehr wesentliche Veränderungen geben. Dies wird immer weiter verlangen, dass wir

unsere Systeme anpassen. Den verantwortlichen Akteuren im Straßen- und Verkehrswesen muss bewusst sein, welche Chancen und Herausforderungen in den Veränderungen liegen, damit sie gemeinsam die Zukunft in diesem für unsere Gesellschaft so wichtigen Bereich gestalten können.

Dieser Beitrag fasst die für den Straßenverkehr wichtigen zukünftigen Veränderungen zusammen und zeigt wesentliche Herausforderungen auf, mit denen wir uns zukünftig zu beschäftigen haben.

2 Zukünftige Entwicklungen

Es wäre naheliegend, zum 60-jährigen Jubiläum dieser Fachzeitschrift *Straßenver-*

kehrstechnik auch 60 Jahre in die Zukunft zu schauen. Aber zukünftige Entwicklungen über einen so langen Zeitraum sind schwer vorhersehbar. Wer hatte im Jahr 1956 schon eine zutreffende Vorstellung davon, wie unser Verkehr heute aussieht – in einer Europäischen Union mit wiedervereinigtem Deutschland, mit den heutigen Kraftfahrzeugen und E-Bikes, mit dynamischer Seitenstreifenfreigabe, adaptiver Lichtsignalsteuerung, SmartPhones, Satellitenortung, Verkehrsverbänden, Jobtickets und Carsharing? Der Zeitraum, in dem wir die Entwicklungen noch einigermaßen verlässlich absehen können, erstreckt sich im besten Fall über 10 bis 20 Jahre, in wenigen Aspekten vielleicht auch über 30 Jahre. Und auch Prognosen in diesem begrenzten Zeitraum unterliegen erheblichen Unsicherheiten, sodass es zweckmäßig ist, in unterschiedlichen Szenarien zu arbeiten, wie dies auch in verschiedenen Zukunftsstudien zum Verkehr üblich ist. Für detailliertere Zukunftsszenarien und Prognosen wird hier auf diese Studien verwiesen (z. B. Schubert et al. 2014; Phleps, Feige et al. 2015; Hertelendy, Prössl et al. 2016; BMVI 2016). Hier soll nur knapp gefasst auf die wichtigsten Entwicklungen in unserer Gesellschaft, die das Straßen- und Verkehrswesen beeinflussen, hingewiesen werden.

Die **demografische Entwicklung** ist ein wichtiger Einflussfaktor für die Verkehrsnachfrage. Auch wenn dies erheblich von der schwer vorhersehbaren Zuwanderung abhängt, wird in Deutschland insgesamt ein deutlicher Rückgang der Bevölkerung bis 2060 erwartet. Dies führt von derzeit 82,2 Mio. Einwohnern auch bei stärkerer Zuwanderung auf 73,1 Mio. Einwohner im Jahr 2060 (Statistisches Bundesamt 2016). Diese Gesamtentwicklung braucht jedoch eine räumlich differenzierte Betrachtung. Während besonders prosperierende Städte sogar noch einen Zuwachs haben könnten, wird der Rückgang vor allem in den strukturschwachen Räumen stattfinden und dort neue Herausforderungen für die Versorgung der Bevölkerung und insbesondere auch für den öffentlichen Verkehr schaffen. Gleichzeitig wird sich die Altersstruktur erheblich verändern. Die Anzahl der Kinder und Jugendlichen wird deutlich zurückgehen und die Anzahl der Personen über 65 Jahre wird, auch bedingt durch die längere Lebenserwartung, deutlich zunehmen.

Bei der **wirtschaftlichen Entwicklung** gibt es zahlreiche Unsicherheiten bei den Prog-

nosen. Zurzeit wird verbreitet von einem zunehmenden Online-Handel, sich weiter reduzierender Wertschöpfungstiefe in den Unternehmen und einem Zuwachs in der Güterverkehrsnachfrage ausgegangen. Der aktuelle Erfolg der deutschen Wirtschaft spricht klar für weiteres Wachstum des Bruttoinlandsprodukts, wie es beispielsweise auch im Bundesverkehrswegeplan 2030 (BMVI 2016) mit im Mittel 1,14 % pro Jahr unterstellt ist. Andererseits nähren die politischen Ereignisse der jüngsten Vergangenheit auch Zweifel daran, ob der Zusammenhalt in der Europäischen Union und die Globalisierung weiterhin eine positive Entwicklung begünstigen werden.

Die **technologische Entwicklung** hat immer mehr Einfluss auf unsere Gesellschaft. Nachdem das Internet und das SmartPhone bereits so viel für uns geändert haben, werden die weitere Digitalisierung und die Vernetzung zum „Internet der Dinge“ den Wandel noch weiter beschleunigen. Die Wirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt sind erheblich. Gerade im Verkehr hat die technologische Entwicklung starke Auswirkungen. Vor allem das vollautomatische Fahren wird zu fundamentalen Veränderungen nicht nur im Verkehr, sondern in vielen Lebensbereichen unserer Gesellschaft führen.

Mit geprägt durch die anderen Megatrends wird es zu erheblichen **Veränderungen von Lebensstilen und Werten** kommen. Beispielsweise wird es – nicht zuletzt durch den demografischen Wandel und höhere Lebenserwartung – zu einem größeren Anteil kleinerer Haushalte kommen. Weitere wichtige Einflüsse auf die Lebensstile kommen aus der technologischen Entwicklung, wie im Bereich der sozialen Netzwerke. Zu den wichtigsten Werten der Deutschen machen aktuelle Studien deutlich, dass ihnen ganz besonders an ihrer Gesundheit liegt. Nachdem die Gesundheit 2009 noch Rang 4 unter den Top-Zehn der Werte einnahm, hat sie seit 2014 den Spitzenplatz inne (Wippermann, Krüger et al. 2015).

Das steigende Gesundheitsbewusstsein wird auch die Forderung nach einem wirksamen **Umwelt- und Klimaschutz** verstärken. Zwar gibt es bisher mangels unmittelbarer Betroffenheit an vielen Stellen noch zu wenig Motivation, Maßnahmen allein aus Gründen des Klimaschutzes zu ergreifen (Groer 2015). Aber es wird durch mehr Bewusstsein für die Gesundheitsfolgen der Luftverschmutzung dazu kommen, dass die Bereitschaft für Investitionen und auch restriktive Maß-

nahmen zur Minderung der Belastungen steigt. Viele Maßnahmen zur Luftreinhaltung werden auch gut für den Klimaschutz sein.

3 Zukünftige Herausforderungen

Aus der heutigen Situation für das Straßen- und Verkehrswesen und den erwarteten zukünftigen Entwicklungen ergibt sich eine Reihe von Herausforderungen. Ohne den Anspruch auf Vollständigkeit sollen im Folgenden einige dieser Herausforderungen dargestellt werden. Die Reihenfolge stellt dabei keine Prioritätenreihung dar.

Verkehr auskömmlich und nachhaltig finanzieren

Es ist an den vielen sanierungsbedürftigen Autobahnbrücken und Bahnstrecken wie auch an verschlissenen Markierungen und Schlaglöchern in unseren Straßen leicht ablesbar, dass ein erheblicher Druck bei der Finanzierung der Verkehrssysteme besteht. Ein weiterer Substanz- und Funktionsverlust der Infrastruktur muss verhindert werden, und auch der Ausbau des öffentlichen Verkehrs darf nicht zurückstehen.

Akute Finanzierungsprobleme sind im Stadtverkehr besonders offensichtlich. Technische Innovationen können kaum genutzt werden, und die technische Infrastruktur ist zu einem großen Teil veraltet. Verbreitet ist zu wenig Fachpersonal mit der Kompetenz zur Gestaltung eines modernen Verkehrssystems vorhanden. Aufgaben wie die zwingend notwendige Reduzierung von Umweltbelastungen müssen viel zu sehr mit Restriktionen und Nachteilen in anderen Zielfeldern erzwungen werden, anstatt sie durch den Einsatz moderner Straßenverkehrstechnik zu erreichen. Es fehlen geeignete Förderprogramme, wie vor Jahrzehnten zur Beschleunigung von Bussen und Bahnen, obwohl sie für die Modernisierung der städtischen Verkehrssysteme und für die Realisierung eines intermodalen und intelligenten Verkehrssystems dringend nötig wären. Bund und Länder müssen sich hier nicht nur in der Zuständigkeit für die Bundesfernstraßen und Landesstraßen sehen, sondern in einer Gesamtverantwortung für den Verkehr. Dafür sollten Wege gefunden werden, die Weiterentwicklung der Verkehrssysteme auch in den kommunalen Gebietskörperschaften zu stärken.

Die Finanzierung des Verkehrs muss insge-

samt auskömmlich und nachhaltig werden. Die traditionelle Haushaltsfinanzierung wird dies auf Dauer jedoch nicht leisten können, und neue Finanzierungsinstrumente, die auch Elemente der Nutzerfinanzierung und eine stärkere Beteiligung des privaten Sektors enthalten, werden erforderlich. Vor allem erscheint der Wissenschaft ja schon lange eine Straßenmaut als probates Mittel. Als neue Instrumente bieten sich auch Optionen, neben den Verkehrsteilnehmern die weiteren Nutznießer des Verkehrs in die Finanzierung einzubeziehen, z. B. anliegenden Gewerbe (vgl. Boltze, Groer 2012).

Mehrbelastungen für Verkehrsteilnehmer erscheinen dabei aber nur akzeptabel, wenn die Zweckbindung garantiert werden kann und wenn die neuen Einnahmen nicht durch Kürzung der regulären Haushaltsmittel kompensiert werden. Die Wirkungen der Preisinstrumente müssen in jedem Fall sorgfältig geprüft und abgewogen werden, sowohl in finanzieller Hinsicht als auch hinsichtlich der Mobilitätschancen von Bürgerinnen und Bürgern und hinsichtlich der Wirkungen auf das Verkehrsverhalten (Roth 2009).

Eine grundlegende Neugestaltung der Verkehrsfinanzierung erscheint also dringend erforderlich.

Verkehrsnachfrage stärker beeinflussen

Die meisten Probleme im Straßenverkehr ergeben sich aus einem unpassenden Verhältnis zwischen der Kapazität des Infrastrukturangebots und der Verkehrsnachfrage. Es ist dabei seit Langem bewusst, dass die Kapazität der Verkehrssysteme nicht so ausgebaut werden kann, dass sie in jeder Situation der Nachfrage gerecht wird. Dies hat nicht nur finanzielle Gründe, sondern ergibt sich auch aus den Geboten der Umweltverträglichkeit und des effizienten Mitteleinsatzes. Logische Konsequenz ist es, auch die Verkehrsnachfrage in einem für Menschen und Wirtschaft verträglichen Rahmen zu beeinflussen. Die Nachfragebeeinflussung sollte auf die Wahl der Abfahrzeit, des Verkehrsmittels, der Route oder auch auf die Wahl des Fahrziels einwirken, um letztlich einen effizienten und umweltfreundlichen Verkehr zu ermöglichen.

Die immer leistungsfähigeren Informations- und Beeinflussungssysteme im Verkehr tragen bereits erheblich dazu bei, die Verkehrsnachfrage räumlich und zeitlich besser zu verteilen. Insbesondere beim betrieblichen und schulischen Mobilitätsmanagement gibt es schon umfassende Erfahrungen

und Erfolge für eine weitergehende Beeinflussung der Nachfrage im Personenverkehr. Diese Ansätze sind zu intensivieren und auf weitere Zielgruppen auszuweiten.

Es gibt aber auch beim Güterverkehr erhebliches Potenzial, Verkehrsprobleme durch eine bessere Abstimmung mit den Produktions- und Logistikprozessen zu verringern. Beispielsweise durch verstärkte Kooperation, flexible Lagerhaltung oder Berücksichtigung von Verkehrsfragen bereits bei der Wahl der Zulieferer könnten Unternehmen Anlieferungen und Auslieferungen verträglicher gestalten. Als "Smart Deal" könnten im Gegenzug von der öffentlichen Hand Maßnahmen ergriffen werden, mit denen die Erreichbarkeit der Unternehmen verbessert wird. Ein solches Transportmanagement setzt wie das Mobilitätsmanagement vor allem auf sogenannte weiche Maßnahmen der Information, Kommunikation, Organisation und Koordination. Dieser neue Ansatz wird durch eine intensive Abstimmung beispielsweise zwischen den Straßenverkehrsbehörden und den Unternehmen möglich werden (Boltze 2013a).

Preisinstrumente zur Nachfragebeeinflussung nutzen

Es steht in engem Zusammenhang mit den beiden vorangegangenen Abschnitten, dass Nutzerkosten im Verkehr nicht nur als Instrumente zur Finanzierung zu verstehen sind, sondern auch als wirksame Instrumente zur Nachfragebeeinflussung.

Bisher wird die Nachfrage auf unseren Straßen fast nur geregelt, wenn Verkehrsteilnehmer Stau erwarten und deshalb die Abfahrzeit verschieben, eine andere Route wählen oder auch ein anderes Verkehrsmittel nutzen. Stau sollte aber auf keinen Fall ein Instrument der Nachfrageregulierung sein, sondern sollte durch andere Anreize konsequent vermieden werden. Andere Verkehrsmittel machen es vor: Nachfrageorientierte differenzierte Preise werden im Luft- und Bahnverkehr bereits verbreitet zur Auslastungsregelung eingesetzt. Ein besonders günstiges Flugticket gibt es nicht zu Ferienbeginn, und um die Feiertage herum gibt es in der Regel auch keinen Supersparpreis bei der Deutschen Bahn. Auch im Öffentlichen Personennahverkehr (z. B. mit dem sogenannten „9-Uhr-Ticket“) und beim Parken gibt es bereits einige Ansätze dafür.

Diese Erfahrungen können auch für den Straßenverkehr genutzt werden, wobei aber – wie oben erwähnt – immer die soziale

Verträglichkeit und Nebenwirkungen zu beachten sind. Unerwünschte Verlagerungen, wie beispielsweise durch eine Autobahnmaut auf sicherheits- und lärmkritische Landstraßen, müssen vermieden werden. Deshalb müssten Landstraßen sogar teurer als die Autobahnen sein, denn schließlich treten dort die größeren Probleme hinsichtlich Lärm, Luftschadstoffen und Verkehrssicherheit auf. Außer der räumlichen Verteilung des Verkehrs muss eine Maut auch die zeitliche Verteilung der Nachfrage beeinflussen können. Eine pauschale Vignette nur für Autobahnen ist auch in dieser Hinsicht wenig hilfreich. Vielmehr braucht es in der Zukunft ein stimmiges Gesamtkonzept der Mauterhebung für alle Straßen, das entsprechende Verlagerungsziele mit räumlich und zeitlich unterschiedlichen Preisen umsetzt. Die richtige Richtung zeigt ein kleines Beispiel aus Japan: Dort gibt es nachts auf einigen weniger lärmempfindlichen Routen der Autobahnen Mautnachlässe, um andere Strecken vom Lärm zu entlasten.

Zur Akzeptanz solcher Bepreisungen ist anzumerken, dass eine situationsabhängige Bepreisung nicht zwangsläufig eine Mehrbelastung für Verkehrsteilnehmer bedeuten muss, wenn bei anderen Finanzierungsinstrumenten ausgeglichen wird. Es ist auch bekannt, dass anfängliche Skepsis gegenüber Mautkonzepten nach der Einführung schwindet. Die City-Maut in London zeigt beispielsweise klar auf, dass auch gravierende finanzielle Maßnahmen zur Nachfragebeeinflussung Akzeptanz in der Bevölkerung finden, wenn das Maßnahmenpaket sorgfältig gestaltet wird und wesentliche Verbesserungen erreicht werden. Dies gilt auch für aus unserer Sicht sehr hohe Nutzungsentgelte wie beispielsweise bei der City-Maut in London von 11,50 £ pro Tag (ca. 14,00 €) oder bei einem Parkentgelt in New York (China Town) von 20,27 \$ (ca. 19,50 €) für eine Parkdauer von bis zu einer Stunde (Bild 1).

Insgesamt ist zu erwarten, dass in der Bevölkerung die Akzeptanz für Bepreisungen und Beschränkungen, die eine Minderung der Belastungen durch Verkehr versprechen, weiter steigen wird. Der Schweizer Sozialwissenschaftler Hermann Lübke hat den Grund dafür formuliert: „Als wichtigste Grenze der Verkehrsentwicklung erscheint am nahen Zukunftshorizont die wohlfahrtsabhängig sinkende Akzeptanz der Nebenfolgen des Verkehrs“ (Lübke 1993). Eine solche Abhängigkeit der Akzeptanz vom Wohlstand der Gesellschaft wird sehr gut

Bild 1: Preisinformation zum Parken in China Town, New York (Foto: Boltze 2015)



deutlich, wenn man an Lkw-Fahrverbote denkt, die in deutschen Städten vorrangig nachts aus Gründen des Lärmschutzes angeordnet werden, z. B. in vietnamesischen Städten aber tagsüber aus Kapazitätsgründen.

Neue Preisinstrumente im Straßenverkehr werden wohl sicher in nächster Zeit auch in Deutschland eingeführt. Auch wenn es bei den aktuellen Plänen zur Pkw-Autobahnmaut leider nicht mehr zu erwarten ist: Es wird hoffentlich bald bewusst, dass es nicht nur um Instrumente zur Finanzierung geht, sondern auch um sehr effiziente und notwendige Instrumente zur Nachfragebeeinflussung.

Infrastruktur zukunftssicher gestalten

Zukünftige Entwicklungen werden zahlreiche neue Anforderungen an die Verkehrsinfrastruktur stellen. Neue Verhaltensweisen und Anforderungen der Reisenden, sich verlagernde Verkehrsströme und neue Verkehrsmittel verlangen ständig nach Anpassungen.

Das in den letzten Jahren stark gewachsene Aufkommen an Fernbussen ist ein gutes Beispiel hierfür. Neue Anforderungen wird es aber auch an die Radverkehrsinfrastruktur, an Mobilitätsstationen für Carsharing

und Leihfahrräder oder an Ladestationen für Elektrofahrzeuge geben. Auch die Mobilitätsbedürfnisse der wachsenden älteren Generation müssen besonders beachtet werden und führen auch zu neuen Anforderungen an die Straßenverkehrstechnik (Boltze 2013b).

Die Anforderungen von automatisierten Fahrzeugen müssen frühzeitig geklärt werden, um die Infrastruktur zukunftssicher gestalten zu können. Welche Fahrstreifenbreiten brauchen wir noch? Wie ist der Fahrbahnaufbau zu dimensionieren, wenn viele Fahrzeuge exakt in der Spur fahren? Welche Qualität müssen Markierungen haben, um Assistenzsysteme und später vollautomatisches Fahren zu unterstützen? Wie viel Parkraum brauchen wir noch in unseren Städten, wenn sich Carsharing und Taxidienste durchsetzen?

Bauwerke wie Brücken, Tunnel und Bahnstrecken sollen teilweise durchaus eine Nutzungsdauer von über 100 Jahren haben, aber die Nutzungsmöglichkeiten müssen dabei dennoch flexibel sein. Es ist sicher eine der größten Herausforderungen, dabei durch grundlegende Robustheit und Flexibilität der Straßenverkehrsinfrastruktur auch den nicht vorhersehbaren zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden.

Infrastruktur situationsangepasst, dynamisch nutzen

Die Nachfrage variiert, und die Kapazitäten der Verkehrssysteme und die Belastbarkeit ihres Umfeldes sind auch nicht immer gleich. Es ist deshalb eine weitere Herausforderung, unsere Infrastruktur zunehmend situationsangepasst und dynamisch zu betreiben.

Verfügbare Ressourcen im Öffentlichen Verkehr und Individualverkehr, innerorts und außerorts, müssen noch flexibler genutzt werden, d. h. zeitabhängig, situationsabhängig und entsprechend den aktuellen Prioritäten für die verschiedenen Verkehrsmittel.

Wir haben dazu im Straßenverkehr schon einige beeindruckende Erfolge, insbesondere mit den Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf den Autobahnen. Netzbeeinflussung, Streckenbeeinflussung und insbesondere die dynamische Seitenstreifenfreigabe sind hervorragende Beispiele für eine flexible Nutzung der Verkehrsinfrastruktur. Allerdings beschränkt sich das bisher allzu sehr auf die Autobahnen. In Zukunft müssen solche Ansätze auch auf anderen Straßen und für andere Verkehrsmittel noch mehr eingesetzt werden, um den Anforderungen der Verkehrsteilnehmer und auch den zumutbaren Belastungen des Umfeldes gerecht zu werden.

Die Lageerfassung und Steuerung dafür sind nur mit moderner Technik zu leisten, und es gibt dazu zahlreiche vielversprechende Entwicklungen. Aber es wird auch Innovationen in der Organisation und Zusammenarbeit brauchen, um Störungen im Verkehrsfluss möglichst von vornherein verhindern oder zumindest schnell darauf reagieren zu können. Von Evakuierungs- und Versorgungskonzepten im Katastrophenfall über große, komplexe Störungen im Verkehrssystem bis hin zu „normalen“ Unfällen und Störungen muss der Austausch zwischen den verschiedenen Akteuren noch weiter entwickelt werden, und die Maßnahmen müssen noch systematischer geplant, bewertet und institutionsübergreifend abgestimmt werden. Methodische Grundlagen hierfür liegen vor (FGSV 2003; FGSV 2011), es fehlt aber noch an der verbreiteten und systematischen Umsetzung.

Verkehrssicherheit weiter verbessern

Die Verkehrssicherheitsarbeit war in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten sehr erfolgreich. Die Anzahl der durch

Verkehrsunfälle getöteten Personen konnte bezogen auf das heutige Bundesgebiet von 21.332 im Jahr 1970 ab dem Jahr 2013 auf unter 3.500 Getötete reduziert werden – ein Rückgang um über 80 % (Statistisches Bundesamt 2016, Wissenschaftlicher Beirat 2011). Hierzu haben vielfältige Maßnahmen in den Bereichen Fahrzeugtechnik, Straßenverkehrsinfrastruktur, Straßenverkehrstechnik, Ausbildung, Aufklärung und Erziehung, Gesetzgebung und Überwachung, Koordination und Evaluation sowie wirtschaftliche Anreize beigetragen.

Die in den letzten Jahren in einigen Bereichen wieder ansteigenden Unfallzahlen zeigen aber auch, dass die Verkehrssicherheit weiterhin große Aufmerksamkeit verlangt. Anspruchsvolle Ziele zur Reduzierung der Unfallzahlen, wie bei der sogenannten „Vision Zero“, sollten die zukünftige Verkehrssicherheitsarbeit prägen. Dafür müssen die vielfältigen Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit genutzt werden, wie sie umfassend vom Wissenschaftlichen Beirat beim Bundesminister für Verkehr dargestellt wurden (Wissenschaftlicher Beirat 2011).

Für ein sichereres Verkehrsverhalten werden nutzergruppenspezifische Ansätze, z. B. für Kinder und Jugendliche oder für ältere Verkehrsteilnehmer, weiter eine große Rolle spielen. Bei Infrastruktur und Fahrzeugen ergeben sich große Verbesserungspotenziale, wenn Fahrfehlern im Ansatz entgegen gearbeitet wird und ihre Folgen entschärft werden. Neue Technologien zur Ausrüstung von Infrastruktur und Fahrzeugen werden dabei wesentlich helfen können. Assistenzsysteme und insbesondere die Automatisierung von Fahraufgaben versprechen einen erheblichen Sicherheitsgewinn. Gleichzeitig können neue Technologien aber auch zu neuen Gefahren und Handlungserfordernissen führen, wie sie beispielsweise durch Ablenkung von Fahraufgaben bestehen, z. B. bei der Nutzung von Smartphones und weiteren elektronischen Geräten während der Fahrt (vgl. HMWEVL 2016).

Das Bemühen um Verkehrssicherheit darf also auch in Zukunft nicht nachlassen.

Umwelt- und Klimaschutz umsetzen

Eine sehr dringende Aufgabe für die nächsten Jahre ist es, im Verkehr wirksame Maßnahmen zum Lärmschutz, zur Reduzierung der Luftschadstoffbelastung und zum Klimaschutz umzusetzen. Ähnlich wie bei der „Energiewende“ wird es auch im Verkehr



Bild 2: Plug-in-Elektrofahrzeug im Jahr 2000 in Japan (Foto: Boltze 2000)

einiger Anstrengungen und des Ausräumens von Zielkonflikten bedürfen, um Verkehr nachhaltig zu gestalten. Allein die weitere Optimierung von Verbrennungsmotoren erscheint nicht geeignet, die notwendigerweise anspruchsvollen Minderungsziele zu erreichen. Auch von weiteren Umweltzonen ist keine wesentliche Verbesserung zu erwarten, wenn diese Maßnahme nicht mit schärferen Grenzwerten ausgestaltet wird (Boltze, Jiang et al. 2014). Es wird also noch weitergehende Maßnahmen als bisher zum Schutz von Umwelt und Menschen geben müssen. Gerade bei erforderlichen Beschränkungen für den Verkehr müssen die Instrumente zur Ermittlung der komplexen und vielfältigen Wirkungen und zur ausgewogenen Bewertung von Maßnahmen weiterentwickelt werden.

Eine zentrale Entwicklung zur Verbesserung des Umwelt- und Klimaschutzes ist die Elektrifizierung des Straßenverkehrs. Die Wahl der Quellen für den dann von den Fahrzeugen verwendeten Strom ist natürlich wesentlich für den ökologischen Erfolg. Die Elektrifizierung des Straßenverkehrs eröffnet diesbezüglich jeden Falls Flexibilität, mit der klaren Zielstellung, den Strom-Mix hin zu den ökologisch verträglichen Verfahren der Stromerzeugung zu verschieben. Darüber hinaus versprechen elektrische Antriebe erhebliche Verbesserungen bei lokaler Luftverschmutzung und Lärmbelastung.

Die Bemühungen zum Elektroverkehr in

Deutschland sind in den vergangenen Jahren intensiviert worden. Trotz umfassender Förderprogramme kommt die Umrüstung der Fahrzeugflotte aber nur langsam voran und steht deutlich hinter den Erfolgen in anderen Ländern wie z. B. Japan oder Norwegen zurück. In Deutschland haben die Bemühungen der Automobilindustrie um Elektrofahrzeuge aber auch erst deutlich später eingesetzt als in anderen Ländern. (Das Foto in Bild 2 von einem Plug-in-Elektrofahrzeug in Japan entstand bereits im Jahr 2000.) Seit 2015 wird die zunehmende Aktivität der deutschen Automobilindustrie zur Verbesserung des Angebots an Elektrofahrzeugen sicher auch durch den sogenannten Abgasskandal getrieben. Es wird in Deutschland auf jeden Fall weiterer Anstrengungen bedürfen, um die verkehrspolitisch angestrebte Verbreitung von elektrisch angetriebenen Personenkraftwagen zu erreichen.

Noch schwieriger stellt sich die Situation für den Schwerverkehr dar. Es wird erwartet, dass die Transportleistung auf deutschen Straßen von ca. 437 Mrd. tkm im Jahr 2010 auf über 600 Mrd. tkm im Jahr 2030 wächst (Schubert et al. 2014). Dabei gibt es im Güterverkehr keine größeren Vermeidungspotenziale, und die zukünftig noch kleiner werdenden Sendungsgrößen und kürzeren Lieferzeiten werden nennenswerten Verlagerungen auf den Verkehrsträger Schiene noch mehr entgegenstehen. Der Fokus zukünftiger Entwicklungen muss deshalb auf



Bild 3: Oberleitungs-Lkw und angepasste Fahrleitungsinfrastruktur im System eHighway (Foto: www.siemens.com/presse)

den Einsatz weitgehend emissionsfreier Lkw-Antriebe gelegt werden. Ausschließlich batteriegetriebene Fahrzeuge werden aber für den Güterfernverkehr wegen der erforderlichen Batteriekapazität auf längere Sicht keine Option bieten.

Eine Möglichkeit zur Elektrifizierung des Schwerverkehrs bietet die Ausstattung von Straßenabschnitten mit Oberleitungen. In den Projekten ENUBA (Siemens AG 2012) und ENUBA 2 (Siemens AG et al. 2016) wurde ein System zur Elektrifizierung von schweren Nutzfahrzeugen entwickelt, das spezielle Stromabnehmer für hybridisierte Oberleitungs-Lkw und eine angepasste Fahrleitungsinfrastruktur umfasst (Bild 3). Das im Rahmen dieser Entwicklung entstandene System trägt den Namen *eHighway*. Nach einer nicht-öffentlichen Teststrecke in Groß Dölln (Landkreis Uckermark, Brandenburg) und kurzen öffentlichen Teststrecken in Nord-Schweden und bei Los Angeles soll ab Anfang 2017 ein Feldversuch unter realen Einsatzbedingungen auf einer stark belasteten deutschen Bundesautobahn vorbereitet werden.

Gesundheitsaspekte im Verkehr stärker beachten

Eine wesentliche Perspektive für die zukünftige Entwicklung ist auch, dass dem Themenfeld Verkehr und Gesundheit größere Bedeutung zukommen wird. Der Erhalt der Gesundheit wird heute bereits von den

meisten Menschen als wichtigstes Ziel betrachtet. Und durch neue Forschungsergebnisse wird zunehmend bewusst, dass es zahlreiche Zusammenhänge der Gesundheit mit dem Verkehr und dem Verkehrsverhalten gibt. Dies betrifft im weiteren Sinn auch die Verkehrssicherheit, zu deren Verbesserung es bereits erhebliche Anstrengungen gibt. Nach neueren Erkenntnissen verlieren aber durch die Folgen verkehrsbedingter Luftverschmutzung noch deutlich mehr Menschen vorzeitig ihr Leben als durch Unfälle (vgl. z. B. Lelieveld, Evans et al. 2015). Verkehrstote sind also nicht nur Unfalltote.

Zukünftige Verkehrsplanung und Verkehrstechnik sollte nicht nur die Belastungen für die Anwohner an Verkehrswegen betrachten, sondern auch die Belastungen für die Verkehrsteilnehmer selbst. Sie wird sich mit den Gesundheitswirkungen der Benutzung verschiedener Verkehrsmittel und Routen befassen und dabei Lärm und Luftschadstoffe, Unfälle und Verletzungen sowie Wirkungen hinsichtlich Fitness und Stress mitberücksichtigen (Boltze 2016).

Neue Mobilitätskonzepte fördern

Werthaltungen und Mobilitätsverhalten ändern sich. Die Affinität zum Auto ist bei den jungen Menschen heute deutlich geringer als in der vorangegangenen Generation.

Das Internet, Smartphones, Satellitenortung und immer neue Anwendungen ("Apps") spielen dabei eine zentrale Rolle. Sie ermög-

lichen einen leichten, spontanen Zugriff auf differenzierte Informationen und Dienste nicht nur im öffentlichen Verkehr, sondern auch für andere Verkehrsmittel wie Autovermietung, Carsharing, Fahrradverleih, Mitfahrzentralen, Taxiruf, Fußgängernavigation und vieles mehr. Dabei wächst allgemein die Akzeptanz von technologischen Innovationen, auch neue Mobilitätsangebote werden zunehmend akzeptiert, und die multimodale Orientierung wächst (Phleps, Feige et al. 2015).

Simulationsstudien zu Großstädten wie Lissabon zeigen interessante Ergebnisse. Ohne private Pkws und mit einem Verkehrsangebot, das allein aus den vorhandenen S-Bahn- und U-Bahn-Linien sowie aus nachfrageabhängig betriebenen Sammeltaxis oder Taxi-Bussen besteht, kann die Nachfrage zu volkswirtschaftlich deutlich geringeren Gesamtkosten voll gedeckt und Stau vollständig vermieden werden. Darüber hinaus werden selbst bei Fahrzeugen mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren die CO₂-Emissionen um ein Drittel und der Platzbedarf für das Parken von Fahrzeugen um 95 % reduziert werden (Viegas, Martinez et al. 2016).

Noch sehr viel weiter reichende Veränderungen in unserer gesamten Gesellschaft sind durch Straßenfahrzeuge zu erwarten, die ohne Fahrer auskommen. Diese mehr und mehr greifbare Vision wird vielen Menschen neue Mobilitätschancen eröffnen, insbesondere auch den bisher auf Busse und Bahnen angewiesenen Jungen und Alten. Noch mehr als durch die Entwicklung der Smartphones wird das automatische Fahren auf alle Bereiche unserer Gesellschaft ausstrahlen. Dies wird beispielsweise selbst die Flächennutzung verändern, weil mit automatischen Fahrzeugen der ländliche Raum wieder attraktiver werden kann und weil Flächen für das Parken in der Innenstadt nicht mehr nötig sind.

Auf der anderen Seite wird es aber auch erhebliche Konsequenzen unmittelbar in der Transport- und Mobilitätswirtschaft geben. Auch wenn Lkw-, Bus- und Taxifahrer nicht immer zu ersetzen sind, werden sicher deutlich weniger davon erforderlich sein. Welcher Flottenbetreiber wird sich leisten können, die Möglichkeiten zur Einsparung von Personalkosten nicht zu nutzen?

Auch angesichts der immer größeren Bereitschaft, auf das eigene Fahrzeug zu verzichten, sind die Betreiber von Bussen

und Bahnen sicher gut beraten, sich rechtzeitig mit dem Betrieb von Flotten kleinerer Fahrzeuge und mit der Integration mit den herkömmlichen Linienverkehren zu befassen – oder auch mit deren Substitution. (vgl. VDV 2015) Andererseits muss von der Politik der richtige regulatorische Rahmen geschaffen werden, mit dem beispielsweise für neue Taxi-ähnliche Dienste, wie sie im Ausland bereits verbreitet eingesetzt werden (z. B. UBER, LYFT), einerseits Entwicklungen ermöglicht werden, aber andererseits auch Schranken im Sinne der gesellschaftlichen Ziele gesetzt werden. Allein der Schutz von Interessen etablierter Akteure sollte einer Weiterentwicklung der Verkehrssysteme nicht im Wege stehen.

Für die Nahmobilität wird das Fahrrad eine wichtige Rolle spielen. Dies wird unterstützt durch elektrische Antriebe für Fahrräder und bessere Infrastrukturangebote, z. B. in Form von Radschnellwegen oder Fahrradstraßen. Auch das zunehmende Gesundheitsbewusstsein der Verkehrsteilnehmer spielt eine wichtige Rolle. Dabei dürfen aber nicht nur Fitnesskriterien betrachtet werden, sondern es müssen z. B. bei der Radwegeplanung und bei der individuellen Routenwahl auch die negativen Wirkungen der Luftschadstoffbelastung mit beachtet werden (vgl. Pfaffenbichler, Unterpertinger et al. 2011).

Diese Perspektiven stellen uns alle vor die Herausforderung, die sich anbahnenden Veränderungen und neue Mobilitätskonzepte nicht nur zuzulassen, sondern auch ihre Chancen und Risiken rechtzeitig zu erkennen, den passenden rechtlichen und organisatorischen Rahmen zu schaffen und damit positive Entwicklungen zu fördern und diese schließlich zum Vorteil der Menschen zu nutzen.

Die Qualität des Verkehrs transparent machen und ständig verbessern

Um Ressourcen effizient dort einzusetzen, wo sie den größten Nutzen bringen, muss die bestehende Qualität des Verkehrs bekannt sein. Dies ist bisher zu einem großen Teil nicht der Fall. Verspätungen, mittlere Reisegeschwindigkeiten, Zeitdauern bis zur Störfallbeseitigung und ähnliche Qualitätskenngrößen werden nur teilweise erfasst und kommuniziert. Auch im öffentlichen Verkehr fehlt es verbreitet noch an grundlegenden Informationen, wie beispielsweise zur Fahrgastanzahl und Auslastung der Fahrzeuge. Wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Verkehrspolitik und Verkehrsplanung, wie

Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl oder auch die Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer, werden viel zu wenig erhoben. Dadurch sind oftmals auch die Zusammenhänge zwischen Ressourceneinsatz und Verkehrsqualität nicht transparent. Und die Wirkungen von einzelnen Maßnahmen oder auch von politischen Strategien können nicht beurteilt werden.

Schließlich gelten auch im Verkehr die Grundsätze eines Qualitätsmanagements, das nach Effizienz und Kundenzufriedenheit strebt und dabei den Verkehrsteilnehmer und Anlieger als Kunden begreift. Perspektivisch sollte es zu den verschiedenen Teilen des Verkehrssystems regelmäßige Qualitätsberichte geben, die nach einheitlichen Regeln erstellt werden, die erreichte Qualität belegen und Entscheidungen zum effizienten Ressourceneinsatz stützen. Hierfür können bereits umfassende praktische Erfahrungen aus dem Ausland, beispielsweise USA oder Japan, genutzt werden (vgl. Wissenschaftlicher Beirat 2013).

Auch das im internationalen Vergleich hervorragende deutsche Regelwerk im Straßen- und Verkehrswesen braucht diesbezüglich noch eine Ergänzung. Es bietet sich an, neben den bestehenden technischen Regelwerken unterstützend auch Leitfäden bereitzustellen, nach denen ein systematisches Qualitätsmanagement effizient durchgeführt werden kann (Rausch 2016).

Instrumente des Qualitätsmanagements allein werden gerade bei anspruchsvollen und komplexen Aufgaben nicht ohne Weiteres zu hoher Qualität führen. Dies hängt vielmehr entscheidend auch von den Fähigkeiten und der Leistungsmotivation der Beteiligten ab. Letzteres bedingt wiederum eine Qualitätskultur, die ihre Grundlage nicht nur in externer Kontrolle, sondern vor allem in innerer Überzeugung von der Werthaltigkeit der eigenen Tätigkeit hat. Dies war gerade in Deutschland seit jeher prägend für eine hohe „Ingenieurskunst“, die ausgeprägte fachliche Fähigkeiten ebenso wie einen hohen Arbeits- und Qualitätsethos umfasst (Wissenschaftlicher Beirat 2013).

Es wird neben einer breiten Umsetzung von Instrumenten des Qualitätsmanagements eine der wichtigen Herausforderungen für die Zukunft sein, diese Qualitätskultur in allen Bereichen – von der Ausbildung bis in die berufliche Praxis und Politik – positiv zu entwickeln.

Den institutionellen Rahmen für intermodalen Verkehr verbessern

Die Verkehrsteilnehmer werden gestützt durch neue Informations- und Dienstangebote die verschiedenen Verkehrsmittelsituationsabhängig und immer flexibler nutzen. Intermodalität gewinnt damit noch weiter an Bedeutung. Es wird immer mehr erforderlich werden, Verkehr als Gesamtsystem zu begreifen. Die Angebote der verschiedenen Verkehrsmittel sind eng aufeinander abzustimmen, um Mobilität in jeder Situation zu sichern.

Der Fortschritt durch zunehmende funktionale Integration im Verkehr und eine umfassende Berücksichtigung der vielfältigen Wechselwirkungen kann nur erreicht werden, wenn auch institutionell der richtige Rahmen dafür geschaffen wird. Perspektivisch sollten Entscheidungen im lokalen Verkehr, regionalen Verkehr und Fernverkehr noch enger aufeinander abgestimmt werden. Und in einem intermodalen Verkehrssystem sollten die Entscheidungen für den Straßenverkehr und für den öffentlichen Verkehr nicht in verschiedenen Institutionen getroffen werden. Dies begründet sich auch dadurch, dass sich zukünftig die Grenzen zwischen öffentlichem Verkehr und Individualverkehr verschieben oder auch teilweise auflösen werden.

Die sehr positiven Erfahrungen in Deutschland mit den Verbänden für den öffentlichen Verkehr bieten eine sehr gute Grundlage zur Weiterentwicklung. Beispiele im Ausland, wie der verkehrsmittelübergreifende, großräumige Zusammenschluss bei „Transport for London“, zeigen eine mögliche zukünftige Entwicklung auf. Die zu verfolgende Perspektive ist ein Organisationsmodell für das Verkehrsmanagement, das die Abstimmung und Zusammenarbeit unter den verschiedenen Verkehrsmitteln und Räumen verbessert und die Kompetenzen zu den verschiedenen Aufgabenbereichen im Verkehr näher zusammenbringt.

Neue Technologien zielorientiert nutzen

Einige der neuen Technologien, die uns die Zukunft bieten wird, wurden in diesem Beitrag bereits angesprochen. Darüber hinaus wird es noch viele andere geben. Leistungsfähigere Kommunikationsnetze, die Vernetzung zum „Internet der Dinge“, Daten aus dem Betrieb der Mobilfunknetze (Floating Phone Daten), neue Sensoren zur Verkehrslageerfassung, kooperatives Fah-

ren, die Kopplung von LKWs („Platooning“) und viele andere Technologien werden in den kommenden Jahrzehnten Entwicklungen im Verkehr ermöglichen, die wir uns heute zum Teil noch gar nicht vorstellen können. Dies wird nicht nur das Verkehrssystem selbst, sondern auch die Verfahren zur Modellierung, Wirkungsermittlung, Bewertung und Optimierung und damit die Instrumente zur Planung und zum Betrieb der Systeme betreffen.

Wir sollten die Chancen, die uns neue Technologien bieten, aktiv nutzen. Dabei müssen wir aber immer Klarheit darüber bewahren, dass Technik vor allem unsere Lebensbedingungen verbessern sollte. Vor dem Einsatz neuer Technologien werden wir deshalb die Vorteile, Nachteile, Chancen und Risiken sorgfältig abzuwägen haben, um sie letztlich zum Nutzen der Gesellschaft und der Verkehrsteilnehmer einsetzen zu können.

Marktmechanismen allein werden das nicht leisten können. Vielmehr wird es eine wesentliche Herausforderung für Politik und Aufgabenträger sein, die Rahmenbedingungen für den Technologieeinsatz frühzeitig zu klären. Dazu gehören Fragen der Marktregulierung, des Datenschutzes, der Standardisierung (einschließlich Architekturen), notwendige Anpassungen des rechtlichen Rahmens und vieles mehr.

4 Schluss

Abschließend ist noch einmal zu betonen, dass die hier dargestellten Entwicklungen und Herausforderungen keinesfalls vollständig sind. Da es sich um zukünftige Entwicklungen handelt, ist zudem auch einiges unsicher und hängt davon ab, ob und wie wir unsere Chancen nutzen. Die aufgeführten Entwicklungen und Herausforderungen werden aber auf jeden Fall unsere Aufmerksamkeit verdienen.

Schließlich soll dieser Beitrag auch aufzeigen, dass zahlreiche sehr spannende Entwicklungen im Verkehr anstehen, die uns als Experten der Verkehrsplanung und Verkehrstechnik brauchen. Es sollte auch deutlich werden, dass für die nächsten 60 Jahre mehr als genug Themen anstehen, um die Hefte dieser Fachzeitschrift Straßenverkehrstechnik zu füllen. Da sehr viel Neues auf uns zukommt, werden wir auf diesen guten Austausch miteinander über neue Erkenntnisse und praktische Erfahrungen angewiesen sein. Und unsere Fachzeitschrift

– egal ob in gedruckter oder elektronischer Form – wird deshalb auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der Weiterentwicklung unserer Verkehrssysteme spielen.

Auf eine gute Zukunft für die *Straßenverkehrstechnik*!

Literaturverzeichnis

Boltze, M.; Groer, S. (2012): Drittnutzerfinanzierung des Öffentlichen Personennahverkehrs. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Heft 3/2012, 135–159

Boltze, M. (2013a): Transportmanagement – Güterverkehrsnachfrage stadtverträglich beeinflussen. In: Urbane Räume in Bewegung. Edition Difü – Stadt Forschung Praxis. Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.), Berlin, 277–286

Boltze, M. (2013b): Berücksichtigung der Belange älterer Verkehrsteilnehmer in der Straßenverkehrstechnik. In: Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung Mobilität und Alter, Band 7: Mobilität und demografische Entwicklung. Schlag, B.; Beckmann, K. J. (Hrsg.), Köln

Boltze, M.; Jiang, W.; Groer, S.; Scheuven, D. (2014): Analyse der Wirksamkeit von Umweltzonen hinsichtlich Feinstaub- und Stickstoffoxidkonzentrationen. Straßenverkehrstechnik, 58, 4, Kirschbaum Verlag, Bonn, 219–228

Boltze, M. (2016): Der Wert der Gesundheit. Editorial. Straßenverkehrstechnik, 60, 7, Kirschbaum Verlag, Bonn, 403

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): Bundesverkehrswegeplan 2030. Berlin

FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2003): Hinweise zur Strategieentwicklung für das dynamische Verkehrsmanagement. FGSV Verlag, Köln

FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2011): Hinweise zur Strategieanwendung im dynamischen Verkehrsmanagement. FGSV Verlag, Köln

Groer, S. (2015): Klimaschutzaktivitäten deutscher Städte im Verkehrssektor – Eine vergleichende Fallstudie zu lokalen Einflussfaktoren und Motivationen. Dissertation an der Technischen Universität Darmstadt, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik. Darmstadt

Hertelendy, T.; Prössl, K.I.; Wiersing, S.; Huther, P.; Schultheis, J. (2016): Logistik und Mobilität in Hessen 2035 – Ein Zukunftsbild. House of Logistics and Mobility und Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (Hrsg.). Frankfurt am Main

HMWEVL – Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2016): Mobilitätsbericht 2016. Leitlinien – Entwicklungen – Perspektiven. Wiesbaden

Lelieveld, J.; Evans, J. S.; Fnais, M.; Giannadaki, D.; Pozzer, A. (2015): The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature, Vol. 525, 17 September 2015, 367–371

Lübbe, H. (1993): Mobilität – vorerst unaufhaltsam. Internationales Verkehrswesen, Heft 11/1993, 653–658

Pfaffenbichler, P.; Unterpertinger, F.; Lechner, H.; Simader, G.; Bannert, M. (2011): BikeRisk – Risiken des Radfahrens im Alltag.

Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds, Band 003, Wien

Phleps, P.; Feige, I.; Zapp, K. (2015): Die Zukunft der Mobilität. Szenarien für Deutschland in 2035. Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.), München

Rausch, J. (2016): Empfehlungen zur Umsetzung des Qualitätsmanagements im Straßen- und Verkehrswesen. Dissertation an der Technischen Universität Darmstadt, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik. Darmstadt

Roth, N. (2009): Wirkungen des Mobility Pricing. Dissertation an der Technischen Universität Darmstadt, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik. Darmstadt

Schubert, M. et al. (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs. Schlussbericht, FE-Nr. 96.0981/2011. Freiburg, München, Aachen, Essen

Siemens AG (2012): ENUBA – Elektromobilität bei schweren Nutzfahrzeugen zur Umweltentlastung von Ballungsräumen. Schlussbericht der Siemens AG, I MO CT IMS. Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Erlangen. Heruntergeladen am 19.11.2016 unter www.erneuerbarmobil/projekte/enuba

Siemens AG, Technische Universität Dresden, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2016): ENUBA 2 – Elektromobilität bei schweren Nutzfahrzeugen zur Umweltentlastung von Ballungsräumen. Schlussbericht. Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Erlangen, Dresden, Braunschweig. Heruntergeladen am 19.11.2016 unter www.erneuerbarmobil/projekte/enuba-2

Statistisches Bundesamt (2016): Statistisches Jahrbuch Deutschland 2016 und www.destatis.de. Wiesbaden

VDV – Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (2015): Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge – Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Positionspapier, Köln

Viegas, J.; Martinez, L.; Crist, P. (2016): Shared Mobility – Innovation for Liveable Cities. Report of OECD/International Transport Forum, Heruntergeladen am 19.11.2016 unter www.itf-oecd.org

Wippermann, P.; Krüger, J.; et al. (2015): Werteindex 2016. Deutscher Fachverlag. Frankfurt am Main

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Sicherheit zuerst – Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland. Straßenverkehrstechnik, 55, 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, 76–90 (Teil 1) sowie 55, 3, Kirschbaum Verlag, Bonn, 160–170 (Teil 2)

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013): Qualitätsverbesserung im Straßenverkehr – Impulse für ein koordiniertes Qualitätsmanagement. Straßenverkehrstechnik, 57, 11, Kirschbaum Verlag, Bonn, 689–698