

Christian Jacoby, Nicole Braun

Neue Mobilitätsformen und -technologien – Merkmale und Potenziale für eine nachhaltige Raumentwicklung

URN: urn:nbn:de:0156-4059011



CC-Lizenz: BY-ND 3.0 Deutschland

S. 1 bis 47

Aus:

Christian Jacoby, Sandra Wappelhorst (Hrsg.)

Potenziale neuer Mobilitätsformen und -technologien für eine nachhaltige Raumentwicklung

Arbeitsberichte der ARL 18

Hannover 2016

Christian Jacoby, Nicole Braun

Neue Mobilitätsformen und -technologien – Merkmale und Potenziale für eine nachhaltige Raumentwicklung

Gliederung

- 1 Einleitung
 - 1.1 Dynamische Entwicklung von Mobilitätsformen und -technologien
 - 1.2 Forschungsfragen für die Raumordnung und Regionalentwicklung
 - 1.3 Leitvorstellung und Grundsätze einer nachhaltigen Raumentwicklung und Mobilität im Bundesgebiet sowie im Freistaat Bayern
- 2 Neue/alternative Mobilitätsformen
 - 2.1 Bedarfsverkehre und besondere Busverkehre
 - 2.2 Mitfahrgelegenheit
 - 2.3 Carsharing und Fahrradverleihsysteme
 - 2.4 Intermodale Mobilitätsangebote
 - 2.5 Autonomes Fahren/selbstfahrende Automobile
- 3 Neue/alternative Antriebstechnologien
 - 3.1 Antriebe mit Gas, Biodiesel und Bioethanol
 - 3.2 Bivalente Antriebe
 - 3.3 Antriebe mit Batteriestrom
 - 3.4 Antriebe mit Brennstoffzellen/Wasserstoffstrom
 - 3.5 Hybridantriebe
- 4 Ausblick auf zukünftige Entwicklungen

Literatur

Kurzfassung

Der Beitrag verschafft einen aktuellen Überblick über die neuen bzw. alternativen Mobilitätsformen und -technologien in Deutschland. Neben der Beschreibung der jeweiligen Merkmale und derzeitigen Ausprägungen werden ihre wesentlichen Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für eine nachhaltige, die wirtschaftlichen, sozialen und umweltbezogenen Erfordernisse in Einklang bringende Entwicklung umrissen. Im Hinblick auf das Ziel einer dauerhaften, großräumig ausgewogenen Ordnung als Teil des bayerischen Leitbildes der Raumentwicklung „Gleichwertigkeit und Nachhaltigkeit“ wird zudem der Frage nachgegangen, welche Potenziale – Chancen wie Risiken – in den neuen Mobilitätsformen und -technologien für die verschiedenen Raumkategorien – Verdichtungs- und ländliche Räume – erkennbar sind.

Schlüsselwörter

Mobilität – Verkehrstechnologien – Raumentwicklung – Nachhaltigkeit – Verdichtungs-
räume – ländliche Räume

New forms of mobility and mobility technologies – Characteristics and potential for sustainable spatial development

Abstract

The article provides an up-to-date overview of new and alternative forms of mobility and mobility technologies in Germany. Discussion covers not only a description of their individual characteristics and current manifestations but also their principal strengths and weaknesses. It furthermore considers the opportunities and risks associated with a sustainable course of development that balances economic, social and environmental requirements. The Bavarian guiding principles for spatial development, “Equivalence and Sustainability”, include the aim of achieving balanced structures over a large area and in the long term. The paper pursues the question of what potential – opportunities and risks – the new forms of mobility and mobility technologies hold for the various categories of spatial order categories – urban agglomerations and rural areas.

Keywords

Spatial mobility – transportation technologies – spatial development – sustainability – urban agglomerations – rural areas

1 Einleitung

Die Entwicklung der verkehrlichen Mobilität¹ und der Raumstrukturen stehen bekanntlich in einer starken wechselseitigen Abhängigkeit (vgl. Kagermeier 1997; Gertz/Stein 2004; ARL 2011; Bay StMI OBB 2011a; ARE 2013). Neue Formen und Technologien im Bereich der Mobilität können mit erheblichen Auswirkungen auf die Entwicklung der Siedlungs-, Freiraum- und sonstigen Infrastrukturen verbunden sein. Umgekehrt prägen die derzeitigen und insbesondere zukünftige Raumstrukturen, welche durch die Raumordnung und Regionalentwicklung formell und informell koordiniert und gesteuert werden, die Potenziale respektive Chancen und Risiken, die mit der Einführung und Verbreitung neuer Mobilitätsformen und -technologien für die Umsetzung des Nachhaltigkeitspostulats verbunden sind.

Innerhalb der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) hat sich eine Arbeitsgruppe der Landesarbeitsgemeinschaft Bayern in den Jahren 2013 bis 2015 mit dieser Thematik anhand ausgewählter Projekte und Untersuchungen – vorwiegend im Freistaat Bayern – beschäftigt und die gewonnenen Erkenntnisse in einem Sammelband zusammengetragen. Mit diesem ersten Beitrag des Bandes wird ein Überblick zu den neuen Mobilitätsformen und -technologien gegeben, ihre technischen und raumrelevanten Merkmale werden herausgearbeitet und bereits heute erkennbare Potenziale (im Sinne von Chancen und Risiken) für eine nachhaltige Mobilitäts- und Raumentwicklung umrissen. Eine (vorläufige) Bewertung dieser Potenziale mit Schlussfolgerungen für die

¹ Im Folgenden wird unter dem Begriff „Mobilität“ jeweils die verkehrliche Mobilität verstanden.

Raumforschung und Regionalentwicklung wird unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus den einzelnen Beiträgen dieses Bandes in einem abschließenden Beitrag zusammenfassend dokumentiert.

1.1 Dynamische Entwicklung von Mobilitätsformen und -technologien

Die Entwicklung von Mobilitätsformen und insbesondere Mobilitätstechnologien ist in den letzten Jahren durch eine hohe Dynamik gekennzeichnet. Dazu beigetragen hat nicht zuletzt der enorme Bedeutungsgewinn moderner Informations- und Kommunikationstechnologien, die sogenannte Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft (Bundesregierung 2014a), mit denen sich große Chancen für die Etablierung neuer bzw. alternativer Mobilitätsformen ergeben haben (Lenz 2011; Aberle/Werbeck 2013; Frick/Höchli 2014). So werden flexiblere, attraktivere Bedienformen des öffentlichen Verkehrs (ÖV) gerade auch in ländlichen Räumen möglich, aber auch neuartige Mobilitätsangebote wie insbesondere das Car- und Bikesharing stoßen auf zunehmendes Interesse in einer sich wandelnden, multilokalen und multimodalen Gesellschaft.

In Verbindung mit einer intelligenten, intermodalen Vernetzung der Mobilitätsangebote zeigen sich erste Erfolge, den Modal Split, also die Aufteilung des Verkehrsaufkommens bzw. der Verkehrsleistungen zwischen den Verkehrsträgern Motorisierter Individualverkehr (IV), Öffentlicher Verkehr (ÖV), Rad- und Fußverkehr, zugunsten der umweltfreundlicheren Verkehrsmittel (ÖV, Fuß- und Radverkehr, sogenannter Umweltverbund) zu verschieben (vgl. Kapitel 2). Welche Bedeutung in diesem Zusammenhang neue Technologien für selbstfahrende Autos („autonomes Fahren“) einnehmen könnten, kann in diesem Beitrag nur kurz thematisiert werden (vgl. Kapitel 2.5).

Getrieben von der Energie-, Klimaschutz- und Umweltpolitik sind in den letzten Jahren auch wichtige Innovationen auf dem Gebiet der Mobilitätstechnologien, speziell der Antriebstechnologien, auf den Markt gekommen. Besondere Bedeutung kommt dabei der Elektromobilität mit batteriebetriebenen elektrischen Motoren zu (BMVBS 2011b; BMUB 2014c: 22). Als Übergangstechnologie wird die Hybrid-Motorentechnik betrachtet, bei der sich Verbrennungs- und Elektromotoren zu einem kombinierten Antriebsblock gegenseitig ergänzen (vgl. Kapitel 3).

„Intelligente Mobilität“ wird im Rahmen der „Hightech-Strategie“ der Bundesregierung als eine der sechs prioritären Zukunftsaufgaben betrachtet, die von großer Innovationsdynamik geprägt sind und wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand versprechen. In Verbindung damit stehen zwei weitere prioritäre Zukunftsaufgaben, die Bereiche „Nachhaltiges Wirtschaften und Energie“ und „Gesundes Leben“ (Deutscher Bundestag 2015: 25; zu den bundes- und landespolitischen Zielvorstellungen einer nachhaltigen Mobilität vgl. ausführlich den Beitrag von Wappelhorst in diesem Band).

Die neuen Formen und Technologien einer intelligenten Mobilität stoßen auf regional unterschiedliche Entwicklungen der Mobilitätsnachfrage und des Verkehrsaufkommens, die neben den überregionalen Relationen und dem Transitverkehr vor allem auch in der divergierenden Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung von Verdichtungsregionen und ländlichen Räumen begründet sind. Das regionale Verkehrsaufkommen und die Verkehrsmittelwahl hängen dabei deutlich von den Siedlungsdichten sowie den Erreichbarkeiten von Arbeitsplätzen und zentralen Versorgungseinrichtungen mit den Mitteln des öffentlichen und des Individualverkehrs ab.

1.2 Forschungsfragen für die Raumordnung und Regionalentwicklung

Die Raumentwicklung im Ganzen wie auch die Mobilitätsentwicklung im Besonderen sind dem Leitbild der Nachhaltigkeit verpflichtet (vgl. Bundesregierung 2012; Bayerische Staatsregierung 2013; Bertelsmann Stiftung 2014). Damit stellen sich im Hinblick auf die dynamischen Entwicklungen im Bereich der Mobilitätsformen und -technologien aus Sicht der Raumordnung und Regionalentwicklung zentrale Forschungsfragen:

- Welche Angebots- und Nachfragepotenziale bestehen bezüglich neuer Mobilitätsformen und -technologien und welche Unterschiede zeigen sich hierbei zwischen Verdichtungsräumen und ländlichen Räumen in Bayern bzw. allgemein in Deutschland?
- Welche Potenziale (Chancen und Risiken) liegen in den neuen Mobilitätsformen und -technologien für eine dauerhaft umweltgerechte, nachhaltige Mobilitätsentwicklung?
- Welche Beiträge können neue Mobilitätsformen und -technologien für eine nachhaltige Raumentwicklung mit gleichwertigen Lebensbedingungen in allen Teilräumen leisten?
- Welche Erfordernisse und Möglichkeiten ergeben sich für die Raumordnung und Regionalentwicklung, auf die weitere Ausbreitung neuer Mobilitätsformen und -technologien im Hinblick auf das Leitbild der nachhaltigen Raumentwicklung rahmensetzend und koordinierend sowie informatorisch und persuasiv Einfluss zu nehmen?

Bevor nun die Potenziale ausgewählter neuer Mobilitätsformen und -technologien im Einzelnen beschrieben werden und dabei Reflexionen auf die formulierten Forschungsfragen erfolgen, sollen im Folgenden zunächst die Nachhaltigkeitsstrategien im Bereich der Raum- und Mobilitätsentwicklung genauer betrachtet werden.

1.3 Leitvorstellung und Grundsätze einer nachhaltigen Raumentwicklung und Mobilität im Bundesgebiet sowie im Freistaat Bayern

Mit der Einführung bzw. Förderung und Verbreitung neuer/alternativer Mobilitätsformen und -technologien ist neben den wirtschaftspolitischen Interessen die Zielsetzung verbunden, den Bereich der verkehrlichen Mobilität als einen wesentlichen Gegenstand der Klima- und Umweltpolitik umweltverträglicher zu gestalten und letztlich auch unter sozialen und wirtschaftlichen Aspekten einer dauerhaften, nachhaltigen Entwicklung zuzuführen (Bundesregierung 2013, BMUB 2014c).

Um die Potenziale neuer Mobilitätsformen und -technologien im Hinblick auf ihre Beiträge zu einer nachhaltigen Raumentwicklung erfassen und bewerten zu können, muss zunächst Klarheit über den Bewertungshintergrund „nachhaltige Raumentwicklung und Mobilität“ geschaffen werden (vgl. auch die eingehende Analyse von bundes- und landespolitischen Zielvorstellungen einer nachhaltigen Mobilität bei Wappelhorst in diesem Band).

Die Aufgaben der Raumordnung sind gemäß § 1 Abs. 2 Raumordnungsgesetz (ROG) unter der Leitvorstellung der nachhaltigen Raumentwicklung zu erfüllen, wonach die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang zu bringen und zu einer dauerhaften, großräumig ausgewogenen Ordnung zu führen sind.

Im Bayerischen Landesplanungsgesetz (BayLplG), welches in der Fassung vom 25. Juni 2012 als „Vollgesetz“ für die bayerische Raumplanung alleine maßgebend ist, wird die nachhaltige Raumentwicklung in Art. 5 Abs. 2 ähnlich definiert und dabei als „Leitmaßstab der Landesplanung“ bezeichnet. In Art. 6 Abs. 2 Nr. 1 BayLplG wird die nachhaltige Raumentwicklung als erster der Grundsätze der Raumordnung differenzierter ausgelegt und dabei insbesondere der angestrebte Ausgleich raumstruktureller Diversitäten stärker betont: „Im gesamten Staatsgebiet und in seinen Teilräumen sollen ausgeglichene infrastrukturelle, wirtschaftliche, ökologische, soziale und kulturelle Verhältnisse angestrebt werden. Dabei sollen in allen Teilräumen die nachhaltige Daseinsvorsorge gesichert, nachhaltiges Wirtschaftswachstum und Innovation unterstützt, Entwicklungspotenziale und eine raumtypische Biodiversität gesichert, Gestaltungsmöglichkeiten mittel- und langfristig offengehalten und Ressourcen geschützt werden. Demographischen, wirtschaftlichen, sozialen und anderen raumstrukturverändernden Herausforderungen soll Rechnung getragen werden. Auf einen Ausgleich raumstruktureller Ungleichgewichte zwischen den einzelnen Teilräumen soll hingewirkt werden“ (Art. 6 Abs. 2 Nr. 1 BayLplG).

Gleichwertige Lebens- und Arbeitsbedingungen in allen Teilräumen werden im Bayerischen Landesplanungsgesetz als hervorgehobenes „Leitziel“ ausgegeben (Art. 5 Abs. 1 BayLplG), während im Raumordnungsgesetz des Bundes diese Zielsetzung in den Grundsätzen der Raumordnung (§ 2 Abs. 2 Nr. 1 ROG) integriert ist. Die verkehrliche bzw. räumliche Mobilität stellt sich in vielfältiger Weise als wichtiger Baustein einer nachhaltigen Raumentwicklung dar.

Tab. 1: Nachhaltigkeitsgrundsätze in Raumordnungsgesetz und Bayerischem Landesplanungsgesetz für die Mobilitätsentwicklung

Grundsätze der Raumordnung mit besonderer Bedeutung für eine dauerhaft umweltgerechte, nachhaltige Mobilitätsentwicklung	§ 2 (2) ROG	Art. 6 (2) Bay LplG
Ausgeglichene wirtschaftliche, infrastrukturelle, soziale, ökologische und kulturelle Verhältnisse sind anzustreben. Nachhaltige Daseinsvorsorge ist (in allen Teilräumen) zu sichern. → Erfordert entsprechende Erreichbarkeiten/Mobilitätsangebote.	Nr. 1	Vgl. Nr. 1
Ressourcen sind nachhaltig zu schützen. → Erfordert energieeffiziente, Flächen sparende Mobilitätsangebote.	Nr. 1	Vgl. Nr. 1
Auf Kooperationen innerhalb von Regionen und von Regionen miteinander sowie unter anderem auf Stadt-Land-Partnerschaften ist hinzuwirken. → Zielt unter anderem auch auf regionale Verkehrsverbünde.	Nr. 2	Vgl. Nr. 2
Die Siedlungsentwicklung ist räumlich zu konzentrieren, vorrangig auf vorhandene Siedlungen mit ausreichender Infrastruktur und auf Zentrale Orte auszurichten. → Erfordert attraktive Verkehrsinfrastruktur, insbesondere ÖV-Angebote.	Nr. 2	Vgl. Nr. 2
Freiraum ist zu schützen, ein Freiraumverbundsystem zu schaffen, Landschaftszerschneidung zu vermeiden, Flächeninanspruchnahme im Freiraum zu begrenzen. → Erfordert Flächen sparende, Freiraum schonende Verkehrsinfrastruktur.	Nr. 2	Vgl. Nr. 2

Versorgung mit Dienstleistungen und Infrastrukturen der Daseinsvorsorge, insbesondere die Erreichbarkeit von Einrichtungen und Angeboten der Grundversorgung für alle Bevölkerungsgruppen, ist zur Sicherung von Chancengerechtigkeit in den Teilräumen, auch in dünn besiedelten Regionen, in angemessener Weise zu gewährleisten. → Erfordert entsprechende Erreichbarkeiten/Mobilitätsangebote.	Nr. 3	Vgl. Nr. 2
Die soziale Infrastruktur ist vorrangig in Zentralen Orten zu bündeln; die Erreichbarkeits- und Tragfähigkeitskriterien des Zentrale-Orte-Konzepts sind flexibel an regionalen Erfordernissen auszurichten. Räumliche Voraussetzungen für die Erhaltung der Innenstädte und örtlichen Zentren als zentrale Versorgungsbereiche sind zu schaffen. → Fördert die Vermeidung von Verkehrsaufkommen und den Umweltverbund.	Nr. 3	Vgl. Nr. 3
Räumliche Voraussetzungen für nachhaltige Mobilität und ein integriertes Verkehrssystem sind zu schaffen. → Fördert energieeffiziente und klimaschonende, intermodale Mobilitätsangebote.	Nr. 3	Vgl. Nr. 3
Auf gute und verkehrssichere Erreichbarkeit der Teilräume untereinander durch schnellen und reibungslosen Personen- und Güterverkehr ist hinzuwirken. → Fördert wirtschaftliche Entwicklung und sozialverträgliche Erreichbarkeiten.	Nr. 3	Vgl. Nr. 3
Vor allem in verkehrlich hoch belasteten Räumen und Korridoren sind die Voraussetzungen zur Verlagerung von Verkehr auf umweltverträglichere Verkehrsträger wie Schiene und Wasserstraße zu verbessern. Raumstrukturen sind so zu gestalten, dass die Verkehrsbelastung verringert und zusätzlicher Verkehr vermieden wird. → Fördert Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund.	Nr. 3	Vgl. Nr. 3
Die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist zu vermindern, insbesondere durch die vorrangige Ausschöpfung der Potenziale für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, für Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung sowie zur Entwicklung vorhandener Verkehrsflächen. → Erfordert Flächen sparende Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsmeidung.	Nr. 6	Vgl. Nr. 2
Den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes ist Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen. → Erfordert energieeffiziente, klimaschonende Mobilitätsformen und -technologien.	Nr. 6	Vgl. Nr. 7

Entsprechend weisen die in § 2 ROG und Art. 6 BayLplG enthaltenen Grundsätze der Raumordnung zahlreiche Bezüge zur Mobilitätsentwicklung auf (vgl. Tab. 1), die als qualitative Bewertungsmaßstäbe für die Frage heranzuziehen sind, welche Potenziale (Chancen und Risiken) die neuen Mobilitätsformen und -technologien für eine nachhaltige Raumentwicklung mit sich bringen können.

Aus nationaler Perspektive wird die Nachhaltigkeit der Mobilitätsentwicklung im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Bundesregierung 2002) über den zentralen Indikator der Transportintensität definiert. Damit ausgedrückt ist das Verhältnis zwischen der Entwicklung der Verkehrs- bzw. Transportleistungen (Personenkilometer beim Personenverkehr, Tonnenkilometer beim Güterverkehr) und der Entwicklung des

Bruttoinlandsprodukts (BIP). Es geht hierbei also um die Frage, ob eine Steigerung der Verkehrsleistungen, die mit den bekannten, zusätzlichen Umweltbelastungen (insbesondere in den Bereichen Energie und Klima, Lärm und Luftschadstoffe, Flächeninanspruchnahme und Landschaftszerschneidung) verbunden ist, zu einem vergleichbar hohen Zuwachs an gesellschaftlichem Wohlstand (wirtschaftliche und soziale Belange) führt, oder ob eine vergleichsweise geringe Wohlstandssteigerung mit relativ hohen verkehrsbedingten Umweltbelastungen erkaufte wird. Ergänzend werden die Anteile des (im Vergleich zum Straßengüterverkehr per Lkw) als umweltfreundlicher geltenden Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt an der Güterbeförderungsleistung als Indikatoren angeführt. Andere Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie aus den Bereichen Energie, Klimaschutz, Luftschadstoffe, Flächeninanspruchnahme/Bodenschutz und Gesundheit ermöglichen indirekt Aussagen über die Nachhaltigkeit der Mobilitätsentwicklung. Aktuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung des Indikatorensets für den Bereich Mobilität liegen vor (UBA 2015a) und bedürfen der Umsetzung bei der Fortschreibung der Nachhaltigkeitsstrategie und des Nachhaltigkeitsmonitorings.

Für den Bereich des Personenverkehrs, der in diesem Beitrag näher betrachtet wird, ist es das Ziel der Bundesregierung, die Verkehrsleistung in Relation zum BIP bis 2010 um 10 % und bis 2020 um 20 % gegenüber dem Ausgangswert von 1999 zu senken (Bundesregierung 2002: 116). Wie der letzte Fortschrittsbericht zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zeigt (Bundesregierung 2012), konnten insgesamt lediglich geringe Erfolge in Richtung Zielerreichung festgestellt werden. Die Zielmarken für die Transportintensität in 2020 werden absehbar nicht erreicht werden können. Auch in anderen wichtigen Umweltbereichen, die von der Verkehrsentwicklung unmittelbar betroffen sind, wie Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke (30-ha-Ziel für 2020), Klimaschutz (40 %-Ziel für 2020 bezüglich Treibhausgasemissionen), Luftreinhaltung (Feinstaub, Stickstoffdioxid) oder Lärmschutz, sind allenfalls kleinere Fortschritte zu erkennen. Nach wie vor besteht im Hinblick auf eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung großer Handlungsbedarf. Entsprechende zukunftsgerichtete Strategien und Programme wurden in den vergangenen Jahren erarbeitet und harren der konsequenten Umsetzung (Bracher/Gies/Thiemann-Linden 2014).

2 Neue/alternative Mobilitätsformen

Neue bzw. alternative Mobilitätsformen umfassen eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme und Varianten, die teilweise schon vor vielen Jahren entwickelt wurden (vgl. BMVBS/BBSR 2009a; BMVBS/BBSR 2009b), nun aber vor dem Hintergrund des demografischen und gesellschaftlichen Wandels zunehmend an Bedeutung gewinnen und aufgrund dynamischer Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien erweiterte Einsatzmöglichkeiten bieten. Hinzu kommen gesetzliche Veränderungen, die den Fernbusverkehr in Deutschland als weitere neue Mobilitätsform ermöglicht haben; diese wird jedoch in dieser Untersuchung ausgeklammert. Im Folgenden werden nun die ausgewählten Mobilitätsformen näher beleuchtet und deren Funktionen und Merkmale mithilfe einzelner Indikatoren in einer vergleichenden Weise gegenübergestellt:

- Bedarfsverkehre und besondere Busverkehre:
 - Anrufsammeltaxi
 - Rufbus
 - Bürgerbus
 - Kombibus

- Mitfahrgelegenheit
- Carsharing
- Fahrradverleihsysteme

Zur Gewährleistung eines umfassenden und aussagekräftigen Überblicks über die jeweiligen Systeme werden diese anhand der aufgeführten Indikatoren näher beleuchtet:

- Einsatzgebiet
- Räumliche Ausbreitung
- Fortbewegungsmittel
- Betreiber
- Fahrer
- Kosten
- Zugang zum Verkehrsmittel
- Beginn und Ende der Fahrt

2.1 Bedarfsverkehre und besondere Busverkehre

In den geringer verdichteten ländlichen Räumen Deutschlands wurden die Liniennetze und Bedienungsqualitäten des öffentlichen Personenverkehrs in den vergangenen Jahrzehnten aus wirtschaftlichen Gründen immer weiter ausgedünnt. Angebotsorientierte ÖV-Konzepte fuhren vielerorts erhebliche Defizite ein und wurden durch stärker nachfrageorientierte Lösungen ersetzt, was in vielen ländlichen Regionen zum Rückzug von Bahnen und Bussen aus der Fläche führte.

In diesen sich so ausbreitenden Nischenmärkten ohne leistungsfähige, liniengebundene ÖPNV-Angebote wurden immer häufiger „alternative“ Mobilitätsformen etabliert. Neben dem schon länger bekannten Angebot des Anrufsammeltaxis haben sich in den vergangenen Jahren neuere, besondere öffentliche und halböffentliche Angebote im Bereich des ÖPNV mit (Klein-)Bussen verbreitet.

Anrufsammeltaxi

Das Prinzip des sogenannten Anrufsammeltaxis (kurz: AST) dient in erster Linie als sinnvolle Ergänzung zu dem bereits bestehenden ÖPNV-Angebot. Die Ergänzung stellt vor allem bei stark schwankender Nachfrage, wie dies häufig in ländlichen Regionen der Fall ist, eine geeignete Maßnahme zur Schaffung eines ganztägigen Angebotes, unabhängig von Schwankungen in der Nachfragestruktur, dar. Darüber hinaus ergeben sich hierbei Optionen zur Realisierung flexibler Linienvverläufe und damit eine individuelle Anpassung des Linienvverlaufs durch die Nachfrager. Dies kann mithilfe eines klassischen ÖPNV-Systems nicht zur Verfügung gestellt werden.²

Hinsichtlich der räumlichen Ausbreitung solcher Systeme ist eine Konzentration vorwiegend auf ländliche Räume bzw. Randbereiche von Agglomerationsräumen zu erkennen. Dies begründet sich in erster Linie aus den divergierenden, oftmals zu geringen Nachfragestrukturen bzw. nicht ausreichenden Nutzerzahlen bzw. Auslastungsgraden in diesen Räumen. Aufgrund dessen ist es aus ökonomischen Gesichtspunkten nicht mög-

² Vgl. <http://www.nvv.de/fahrplan-netz/verkehrsmittel/anrufsammeltaxi-ast/> (27.05.2016).

lich, ein ganztägiges ÖPNV-Angebot, vor allem auch abends und an Wochenenden, zur Verfügung zu stellen, wie dies in Verdichtungsräumen überwiegend der Fall ist. Das Anrufsammeltaxi wird in den meisten Fällen in Form eines klassischen Pkws sowie mithilfe von Kleinbussen zum Einsatz gebracht, was die Abbildungen 1 und 2 verdeutlichen.

Abb. 1: Anrufsammeltaxi der Stadtwerke Biberach



Quelle: Internetauftritt der Stadtwerke Biberach; www.swbc.de (07.04.2014)

Abb. 2: Anrufsammeltaxi als Busersatz für Offenburg und Umgebung



Quelle: Internetauftritt der Stadt Offenburg; www.offenburg.de (08.04.2014)

In Anlehnung an das klassische Taxisystem werden auch die Fahrzeuge, die bei Anrufsammeltaxi-Konzepten zum Einsatz kommen, entsprechend optisch gekennzeichnet, sodass ein Wiedererkennungswert für die Nutzer gewährleistet wird (vgl. Abb. 1). Ebenso werden, wie dies im Bereich des klassischen ÖPNV gängige Praxis ist, von der zuständigen Verkehrsgesellschaft offizielle Haltestellen eingerichtet, die damit gleichzeitig auch als Ausgangs- sowie Endpunkt einer Fahrt definiert werden können.³

Der Zugang zum Anrufsammeltaxi erfolgt in der Regel auf Initiative des Nutzers. Durch telefonische Bestellung bis mindestens 30 Minuten vor der gewünschten Abfahrtszeit sowie unter Angabe einer bestimmten Haltestelle kann der gewünschte Fahrdienst in Anspruch genommen werden. Das Anrufsammeltaxi fährt somit nur dann einzelne Haltestellen ab, wenn eine entsprechende Nachfrage gewährleistet ist. Bei ausbleibender Anfrage vonseiten der Nutzer kommt auch das Anrufsammeltaxi nicht zum Einsatz, wodurch potenzielle Leerfahrten vermieden werden.⁴

Die Rolle der Inhaber bzw. Betreiber von Anrufsammeltaxen fällt in der Regel in den Zuständigkeitsbereich von Verkehrsgesellschaften und Kommunen. Demzufolge richten sich auch die Kosten für die entsprechenden Nutzer nach den Tarifsystemen der jeweiligen Verkehrsgesellschaften und gegebenenfalls anfallenden Komfortzuschlägen für das Anrufsammeltaxi, die zusätzlich zum tariflichen Fahrpreis erhoben werden.⁵

Rufbus

Das Konzept des sogenannten Rufbusses stellt, ähnlich dem Prinzip des Anrufsammeltaxis, eine Ergänzung zu bestehenden ÖPNV-Strukturen in ländlichen Regionen und Gemeinden dar. Im direkten Vergleich der beiden genannten Systeme ergeben sich nur sehr geringe Unterschiede.

³ Vgl. <http://www.stadtbustocholt.de/anrufsammeltaxi.html> (27.05.2016).

⁴ Vgl. <http://www.nvv.de/fahrplan-netz/verkehrsmittel/anrufsammeltaxi-ast/> (27.05.2016).

⁵ Vgl. <http://www.ewf.de/oepnv/anruf-sammel-taxi/> (27.05.2016).

So werden Rufbusse ebenfalls überwiegend abends, feiertags und an Wochenenden eingesetzt. Auch die Fahrgastbeförderung erfolgt im Regelfall so, wie dies bei Anrufsammeltaxi der Fall ist. Der einzige wesentliche Unterschied zum Prinzip eines Anrufsammeltaxis besteht in der Fahrstrecke. Rufbusse werden gezielt auf vorab festgelegten Linienverläufen eingesetzt.⁶

Da sie jedoch nur bei Bedarf zum Einsatz kommen, sind sie – bei geringerer Verkehrsnachfrage – deutlich wirtschaftlicher und umweltfreundlicher als Linienbusse, die laut Plan und unabhängig von der Auslastung eingesetzt werden. Das Konzept der Rufbusse wird ebenfalls mithilfe von Kleinbussen, mitunter auch mit normalen Pkws realisiert (vgl. Abb. 3).

Abb. 3: Beispiel eines Rufbusses



Quelle: Landbus Oberes Rheintal
www.meinbus.at (27.05.2016)

Abb. 4: Rufbus „Flexibus“



Quelle: Flexibus Günzburg
www.flexibus.net (27.05.2016)

Hinsichtlich des zuständigen Betreibers handelt es sich hierbei ebenfalls um die entsprechenden Verkehrsgesellschaften bzw. die betroffenen Kommunen. Der geltende Tarif für die Nutzung des Rufbusses richtet sich dabei nach den aktuellen Tarifen der zuständigen Verkehrsgesellschaft, welcher jedoch durch etwaige Zuschläge erhöht werden kann. Letztlich erfolgen auch hier der Beginn sowie das Ende der Fahrt an offiziellen Haltestellen.⁷ Bei einigen Verkehrsgesellschaften und Kommunen ist ein fließender Übergang von den Systemen „Anrufsammeltaxi“ und „Rufbus“ zu erkennen. Hier können auch Angebote unter der Bezeichnung „Rufbus“ in geringem Maße von der ursprünglich festgelegten Route abweichen.

Im Landkreis Günzburg in Bayern wurde im Jahr 2009 in Kooperation zwischen einem ortsansässigen Busunternehmen (BRS Brandner Bus Schwaben) und dem Freistaat Bayern das Pilotprojekt „Flexibus“ ins Leben gerufen (vgl. Abb. 4). Mithilfe dessen konnte ein Rufbus-System entwickelt werden, das zur Sicherung der Mobilität im ländlichen Raum beiträgt und – bei nur geringfügig höheren Preisen im Vergleich zum normalen Busangebot – bis dato von der Bevölkerung gut angenommen wird.

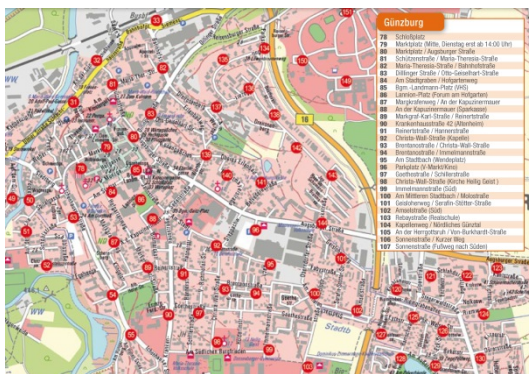
Im Unterschied zu bekannten Rufbus-Systemen, bei denen Fahrten auf einer festen Linie häufig nur ein- bis zweimal am Tag oder auch nur wochentags angeboten und dabei nur die bestehenden Linienhaltestellen angedient werden, fährt der Flexibus in dem jeweiligen Flexibus-Gebiet über den ganzen Tag, sogar am Wochenende. Die jeweilige

⁶ Vgl. <http://www.kreisverkehr-sha.de/?id=28> (27.05.2016).

⁷ Vgl. <http://www.r-t-v.de/mit-dem-rufbus-mobil.html> (27.05.2016).

Fahrt wird individuell durch Anruf bei einem speziellen Callcenter gebucht. Das Besondere dieses Systems ist, dass die Fahrt mit dem Flexibus nicht nach Fahrplan und auf einer festgelegten Route erfolgt, sondern innerhalb des Flexibus-Gebiets über eine vom Callcenter individuell zusammengestellte Route, die sich nach den jeweiligen Anfragen der Nutzer richtet. Die hohe Systemflexibilität ist nur durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (mobiles Internet, GPS, Buchungssystem in Verknüpfung mit Navigationssystem) möglich. Die Abfahrt erfolgt entsprechend flexibel an einer Vielzahl von eigens dafür eingerichteten Flexibus-Haltestellen (vgl. Abb. 5), welche von den anfragenden Nutzern zusammen mit der gewünschten Uhrzeit angegeben werden. So werden mit diesem System nicht nur überflüssige und unwirtschaftliche Leerfahrten unterbunden, sondern auch an 365 Tagen im Jahr die öffentliche Mobilität im Landkreis sichergestellt (vgl. Ross 2012: R21).

Abb. 5: Flexibus mit engem Netz flexibel bedienbarer Haltestellen



Quelle: Flexibus Günzburg
www.flexibus.net (27.05.2016)

Abb. 6: Bürgerbus in Oberbiberg (Oberbayern)



Quelle: BibergerBürgerBus e.V.

Bürgerbus

Vorzugsweise in ländlichen Regionen, in denen sich die Einrichtung eines klassischen Linienbusverkehrs zu bestimmten Tageszeiten sowie in bestimmten Gebieten als nicht wirtschaftlich erweist oder aus anderen Gründen nicht angeboten werden kann, wird immer häufiger auf das sogenannte Prinzip der „Bürgerbusse“ zurückgegriffen (vgl. Abb. 6).

Den Grundstein bildet dabei meist eine bürgerschaftliche Initiative. Die Fahrpreise sind sehr günstig, da ehrenamtlich tätige Fahrerinnen und Fahrer mit Personenbeförderungsschein den Kleinbus steuern und damit die Betriebskosten möglichst gering gehalten werden können. Die Fahrzeuge bieten meist acht Sitzplätze, sodass ein Beförderungsschein der Klasse B ausreichend ist, um die Fahrzeuge bedienen zu können. Auch Bürgerbusse unterliegen dem Personenbeförderungsgesetz und bedürfen somit einer zusätzlichen Genehmigung. Aus diesem Grund treten zumeist Verkehrsbetriebe und Kommunen als Betreiber und Konzessionsinhaber ein. Darüber hinaus kümmert sich in der Regel ein Verein um die Betreuung und den Einsatz des Personals.⁸ Hinzu kommt in einigen Bundesländern, wie beispielsweise in Nordrhein-Westfalen oder Niedersachsen, eine Landesförderung der Bürgerbusse. Hierbei werden die Bürgerbusse durch jährliche

⁸ Vgl. <http://www.rovg.de/php/buergerbus.php> (30.05.2016).

Organisationspauschalen sowie durch feste Förderbeträge zur Anschaffung der jeweiligen Bürgerfahrzeuge finanziell unterstützt.⁹

Trotz eines festen Fahrplans dürfen Bürgerbusse keine Konkurrenz zum bestehenden ÖPNV-Angebot darstellen, sofern ein solches besteht. Sie sollen damit lediglich ein bereits bestehendes ÖPNV-Angebot unterstützen, jedoch dieses nicht in Form eines direkten Konkurrenten behindern. In diesem Bereich bestehen im gesamten Bundesgebiet zahlreiche Angebote in den einzelnen Regionen.¹⁰

Kombibus

Eine alternative Mobilitätsform aus Skandinavien ist Vorbild für ein Modellprojekt der Uckermarkischen Verkehrsgesellschaft (UVG), bei dem Personen und Güter in Linienbussen gleichzeitig (kombiniert) befördert werden. Nach dem Start des Probelaufs im September 2012 wird zwischenzeitlich der „kombiBUS“ im Rahmen des regulären Linienverkehrs eingesetzt. Mit diesem Buskonzept ist insbesondere ein kostengünstiger Transport von kleinen Frachten möglich. Mit der Auslieferung von Lebensmitteln insbesondere auch heimischer Produzenten an den örtlichen Einzelhandel und touristische Einrichtungen wird nicht nur die Nahversorgung in der Region stabilisiert, sondern auch eine zusätzliche Absatzmöglichkeit für regionale Erzeugnisse geschaffen und damit eine endogene Regionalentwicklung dieses ländlichen Raumes unterstützt. Neben dem Beitrag zur regionalen Güterversorgung bündeln die speziellen Linienbusse der UVG kleine Frachtmengen in einer Station, von der aus größere Gütermengen zum größeren Absatzmarkt Berlin transportiert werden (vgl. MIL 2013).

2.2 Mitfahrgelegenheit

Hinter dem Begriff der „Mitfahrgelegenheit“ verbirgt sich die Bildung von Fahrgemeinschaften, auch „Carpooling“ genannt, mithilfe moderner Medien und Kommunikationsmittel. Dies beinhaltet sowohl tägliche Pendlerfahrten als auch punktuelle Langstreckenfahrten. Hinsichtlich der räumlichen Ausbreitung dieses Systems kann keine genaue Zuordnung zu ländlichen Regionen bzw. Verdichtungsräumen getroffen werden, da sich die Angebots- bzw. Nutzerstruktur räumlich sehr unterschiedlich darstellt.

In der Vergangenheit wurden diese Fahrten überwiegend über sogenannte Mitfahrzentralen organisiert, die bei Anmeldung der jeweiligen Mitglieder via Datenbank die einzelnen Fahrten erfassen und sie an potenzielle Mitfahrer vermitteln. In diesen Fällen wird häufig eine Vermittlungsgebühr erhoben. Dem gewerblich betriebenen System steht die private Organisation von Mitfahrgelegenheiten gegenüber, wie dieses beispielsweise an Universitäten in Form eines öffentlichen Aushangs („Schwarzes Brett“) kommuniziert wird.

Der Trend der beschriebenen, vor allem auf einer telefonischen Kommunikation basierenden Systeme hat jedoch mit der Verbreitung des (mobilen) Internets in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung verloren, sodass sich heute die entsprechenden Fahrer und Mitfahrer entweder über allgemeine Kommunikationsplattformen des Internets selbst organisieren oder spezielle (meist kostenlose, über Werbung finanzierte) Internetplattformen für die Organisation von Mitfahrgelegenheiten nutzen. Mittels solcher Plattformen bieten Fahrer einzelne Fahrten an und legen dabei den gewünschten Start- und

⁹ Vgl. <http://www.pro-buergerbus-nrw.de/index.php?id=foerderregelung> (30.05.2016).

¹⁰ Vgl. <http://www.buergerbusse-in-deutschland.de/index.html> (30.05.2016).

Zielpunkt sowie gegebenenfalls Zwischenhalte und den Preis pro Mitfahrer fest. In der Regel finden Mitfahrer alle für sie passenden Angebote mithilfe von Suchmaschinen der einzelnen Anbieter und können so direkt Kontakt mit dem Fahrer aufnehmen. Telefonisch oder unter Nutzung anderer Kommunikationsmöglichkeiten werden Details der Fahrt besprochen und ein genauer Treffpunkt wird vereinbart.

Der wesentliche Sinn von Mitfahrgelegenheiten liegt sowohl in der Kostenteilung und somit in einer erheblichen Kostenersparnis des Fahrers sowie der Mitfahrer als auch in den damit verbundenen positiven Umwelt- und Verkehrsaspekten, die durch eine Minderung des Verkehrsaufkommens und damit Reduzierung der CO₂-Belastungen herbeigeführt werden. Darüber hinaus gestaltet sich in der Regel das Mitfahren kostengünstiger und kurzweiliger als eine Bahnfahrt. Des Weiteren ist in Pkws meist ein höherer Komfort gegeben und es besteht in vielen Fällen die Möglichkeit, nach Absprache mit dem jeweiligen Fahrer, Mitfahrer sogar bis vor die eigene Haustür zu fahren, demzufolge die tatsächlichen Verläufe der einzelnen Fahrten individuell abzustimmen und gegebenenfalls anzupassen.¹¹

Wie ein Blick in die Angebotslisten ausgewählter internetgestützter Mitfahrzentralen zeigt, werden die zunehmenden Angebote vor allem von jüngeren Menschen, speziell auch von Studierenden, stärker genutzt, welche auf die Optimierung der Reisekosten besonders achten und häufiger auch keinen eigenen Pkw besitzen. Ältere Menschen nehmen augenscheinlich die diesbezüglichen Angebote seltener wahr, nicht nur aufgrund tendenziell höherer Motorisierungsgrade und Einkommensniveaus, sondern vermutlich auch aufgrund geringerer Medienkompetenzen (Internet) und einer gewissen Anonymität der Internetplattform. Hier gilt es, ältere Generationen zum einen über vorhandene Mitfahrzentralen, auch als Elemente multifunktionaler Treffpunkte (Nahversorgungsläden), verstärkt anzusprechen, zum anderen besser über die Möglichkeiten internetgestützter Mitfahrzentralen zu informieren, Kompetenzen im Umgang mit den Internetplattformen zu vermitteln und, soweit möglich, die entsprechenden Angebote stärker zu „personalisieren“ (Hefter/Götz 2013: 30; vgl. dazu auch den Beitrag von Maier in diesem Band).

Neben den dargestellten, positiven Aspekten dieses Systems treten natürlich auch Fälle auf, in denen sich der Fahrer als unzuverlässig erweist, das Fahrzeug voll besetzt ist oder sich als nur bedingt verkehrstauglich darstellt. Darüber hinaus können Staus auftreten, die zu zeitlichen Verzögerungen der eigentlich angesetzten Fahrtzeit führen können.

Um die Qualität von Mitfahrgelegenheiten zu erhöhen, haben einige Anbieter Bewertungsmöglichkeiten eingeführt, die Erfahrungen früherer Mitfahrer ausdrücken sollen.

Als Beispiele für häufig genutzte Internet-Mitfahrzentralen lassen sich an dieser Stelle nennen: www.blablacar.de, www.mitfahrzentrale.de, www.mitfahrgelegenheit.de, www.drive2day.de, www.bessermitfahren.de und www.flinco.org.

Mitfahrgelegenheiten können auch eine sinnvolle Ergänzung von Angeboten des ÖPNV darstellen. So wird im Werra-Meißner-Kreis (Nordhessen) im Rahmen des Mobilitäts-Projekts der Linienbusverkehr durch private bzw. geschäftliche Autofahrten ergänzt. Fahrgäste und Fahrtanbieter werden über eine vom Verkehrsverbund online geschaltete Mitfahrzentrale vermittelt. Herkömmliche und ortsansässige Taxiunternehmen ergänzen dieses System für den Fall, dass weder ein ÖV-Angebot noch eine Mitfahrgelegenheit verfügbar ist. Mitfahrgelegenheiten und gegebenenfalls Taxiunternehmen stehen hierbei

¹¹ Vgl. <http://www.studieren-im-netz.org/im-studium/leben/mitfahrgelegenheit> (30.05.2016).

nicht in Konkurrenz zum Angebot des öffentlichen Personenverkehrs, sondern ergänzen dieses im Sinne einer intermodalen Mobilitätskonzeption und fördern damit insgesamt eine Verlagerung des Verkehrsaufkommens auf den Umweltverbund, sodass das bestehende Angebot des ÖV nicht nur erhalten, sondern sogar ausgebaut werden konnte (Stielike 2014: 75).

2.3 Carsharing und Fahrradverleihsysteme

„Share-Economy“ – Nutzungs- statt Besitzrecht – gilt als ein neuer Trend, der Effizienzgewinne im Hinblick auf den Ressourceneinsatz ermöglicht und damit als einer der Bausteine einer „Großen Transformation“ unserer Gesellschaft in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung gelten kann (WBGU 2012: 146). Besondere Beachtung findet dabei in einer „automobilen Gesellschaft“, in welcher der private Pkw (bisher) nicht nur Individualität und Freiheit verkörpert, sondern auch eines der wichtigsten Statussymbole darstellt, die zunehmende Verbreitung des Carsharings.

Carsharing

Die zentrale Idee, die hinter dem Konzept des Carsharings steht, ist gekennzeichnet durch eine gemeinschaftliche, vom Eigentum unabhängige Nutzung von Kraftfahrzeugen (in Deutschland auch als „Autoteilen“ bezeichnet), was zu einer Reduzierung der finanziellen Belastungen für die einzelnen Nutzer wie auch der Umweltauswirkungen des Individualverkehrs beitragen kann. Der Kunde eines (professionellen) Carsharing-Anbieters schließt einen Rahmenvertrag ab und erhält im Gegenzug ein entsprechendes Zugangsmedium, meist in Form einer Chipkarte, für die Fahrzeuge des Anbieters (vgl. Abb. 7 und Abb. 8).

Fahrzeuge können im Voraus per Telefon oder Internet (E-Mail, zunehmend App) gebucht oder aber auch, je nach Verfügbarkeit, direkt vor Ort in Anspruch genommen werden. Beim klassischen Carsharing stehen an verschiedenen Standorten ein oder mehrere Autos zur Verfügung, die durch eine Zentrale verwaltet werden. An den jeweiligen Stationen (vgl. Abb. 8–10) können die Fahrzeuge rund um die Uhr, je nach Bedarf, gebucht werden, müssen aber nach deren Nutzung wieder an den Ausgangsort zurückgebracht werden. Reinigung und Wartung sowie Betankung der Fahrzeuge liegen in der Zuständigkeit der Anbieter und fallen dem Nutzer nicht zur Last. Meist erfolgt die Bezahlung über die gefahrenen Kilometer oder über den Zeitraum der Inanspruchnahme des Fahrzeuges via Zeiteinheiten (je nach Anbieter Abrechnung pro Stunde/Minute).¹²

Zunehmend haben auch die großen Automobilhersteller den Markt für sich entdeckt und nach und nach sogenannte Free-Floating-Carsharing-Systeme ins Leben gerufen. Hierbei sind nicht nur sogenannte Rundfahrten, sondern auch „Einwegfahrten“ möglich, da das Fahrzeug im Gegensatz zum klassischen Carsharing nicht an der gleichen Station sowohl abgeholt als auch wieder abgegeben werden muss, sondern im festgelegten Geschäftsgebiet frei genutzt werden darf. Das Abstellen der Fahrzeuge ist innerhalb des festgelegten Geschäftsgebietes an allen öffentlichen Parkflächen möglich. Dieses nicht-stationsgebundene Carsharing hat zuletzt aufgrund der hohen Nutzungsflexibilität stark wachsenden Zuspruch erfahren, gerade auch bei Menschen, die öffentlichen Verkehrsmitteln aufgrund der geringeren Nutzungsflexibilität eher ablehnend gegenüberstehen (Öko-Institut/ISOE/car2go 2014; zum aktuellen Stand der Carsharing-Angebote in Deutschland und speziell in Bayern vgl. Bayerischer Landtag 2015a). Allerdings steht die-

¹² Vgl. <http://www.vcd.org/carsharing.html> (30.05.2016).

sem System oft die Kritik entgegen, es würden Fahrten generiert werden, die ohne diese hohe Nutzungsflexibilität nicht stattgefunden hätten.

Abb. 7: Zugang zum Carsharing am Beispiel des Anbieters DriveNow



Quelle: Universität der Bundeswehr München, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung

Abb. 8: Stellplatz für Elektrofahrzeuge mit Carsharing, Oberhaching (Oberbayern)



Foto: Christian Jacoby

Bisher ist der Anteil von Elektromobilen bei den kommerziellen Angeboten des Carsharing noch relativ gering (zu den Elektroantrieben vgl. insbesondere Kapitel 3.3). Zwischenergebnisse des vom Bund geförderten Forschungsprojektes „share“ zeigen, dass Elektroautos beim nicht-stationsgebundenen Carsharing auf eine hohe Kundenakzeptanz stoßen (Öko-Institut/ISOE/car2go 2014). Gemeinden außerhalb der Ballungskerne versuchen zunehmend, entsprechende Angebote von Carsharing-Unternehmen zu unterstützen, indem sie nicht nur zentrale öffentliche Parkplätze für Ladesäulen bereitstellen, sondern auch ein Zeitkontingent der Fahrzeugnutzung selbst für ihre kommunalen Aufgaben übernehmen und damit dem Carsharing-Unternehmen eine Grundausslastung des Elektrofahrzeugs sichern. Aufgrund ihrer höheren Fahrleistungen können Carsharing- wie auch Fuhrpark-Flotten mit Elektrofahrzeugen als Wegbereiter für eine größere Verbreitung der Elektromobilität bei den privaten Haushalten angesehen werden, zumal hier die Schwelle zur Erstnutzung eines (in der Anschaffung vergleichsweise teuren) Elektrofahrzeugs für Carsharing-Nutzer sehr niedrig gehalten ist.

Darüber hinaus existiert – nicht nur in ländlichen Regionen, in denen die gewerblichen Carsharing-Anbieter aufgrund der geringen Nachfrage nur wenig vertreten sind – eine dritte Form, das sogenannte private Carsharing. In diesem Fall stellen Privatpersonen ihr eigenes Fahrzeug über ein Internetportal oder in der Nachbarschaft auch anderen Nutzern zur Verfügung. Die Organisation der Nutzung sowie Wartung und Kostenabrechnung erfolgt dabei direkt zwischen dem Eigentümer und dem Nutzer des Fahrzeugs und wird nicht über einen gewerblichen Anbieter verwaltet. Der Halter kann auf diese Weise die Einnahmen nutzen, um den Unterhalt des Fahrzeugs zu finanzieren.¹³ Angebote eines privaten bzw. genossenschaftlich organisierten Carsharings wie auch des Bike-sharings (Fahrradverleihstation) lassen sich in ländlichen Räumen auch über einen (multifunktionalen) Dorfladen vermitteln, in dem neben Waren des täglichen Bedarfs, Bankautomat und Postschalter auch eine kleine „Mobilitätszentrale“ eingerichtet werden kann (Brill 2014: 5). Mittlerweile gibt es auch für die Form des privaten Carsharings Möglichkei-

¹³ Vgl. <http://carsharing.de/alles-ueber-carsharing/faq> (30.05.2016).

ten, entsprechende Nutzungen über Versicherungen gegen Schadensrisiken abzuschließen. Zuletzt hat der Autohersteller Opel einen markenübergreifenden Carsharing-Dienst namens „CarUnity“ vorgestellt, mit dem Privatleute per App ihre Fahrzeuge mit anderen teilen und dabei ihre Risiken über eine Versicherung absichern können.

Abb. 9: Carsharing-Elektrofahrzeug auf kommunaler Parkfläche mit Ladesäule



Foto: Christian Jacoby

Abb. 10: Carsharing-Elektrofahrzeug beim Ladevorgang



Foto: Christian Jacoby

Schließlich ist das Autoteilen auch innerhalb eines Unternehmens möglich. Große Unternehmen mit eigener Fahrzeugflotte können in Zeiten schwacher Auslastung, insbesondere an Wochenenden oder in Betriebsferien, ihre Fahrzeuge an Mitarbeitende ausleihen. Anbieter wie Alphabet oder Fleetster bieten den relevanten Unternehmen entsprechende Lösungen für dieses „Corporate Carsharing“ an, was jedoch bisher nur zurückhaltend genutzt wird (Völklein 2015a: R2).

Inwieweit das Carsharing in seinen verschiedenen Formen zu einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung beitragen kann, hängt von zahlreichen Faktoren, insbesondere vom Mobilitätsverhalten der Nutzer, ab. Chancen werden vor allem auch in der Kombination von Carsharing und Elektromobilität gesehen. In diesem Zusammenhang gehen laufende Forschungsprojekte wie zum Beispiel „share“ (Öko-Institut/ISOE/car2go 2014) der Frage nach, ob und in welchem Umfang flexible Carsharing-Modelle zum Klimaschutz beitragen können.

In der Ausweitung von Angebot und Nutzung der Carsharing-Systeme liegt auch ein Potenzial für die Umsetzung des Nachhaltigkeitsziels „Flächensparen“. Wie bisherige Auswertungen ergeben (vgl. dazu den Beitrag von Bogenberger et al. in diesem Band), werden Fahrzeuge in Carsharing-Systemen etwa eine Stunde am Tag mehr genutzt als Fahrzeuge, die nur von den Eigentümern privat genutzt werden. Eine Kundenbefragung des Carsharing-Anbieters Cambio Bremen aus dem Jahr 2011/2012 kommt zu dem Ergebnis, dass nach Umsetzung des Bremer Carsharing-Aktionsplans von 2009 zwischenzeitlich 37,1% der neuen Carsharing-Kunden auf einen Pkw-Besitz verzichten. Damit zeigt sich ein Verhältnis von mittlerweile mehr als elf ersetzte Pkw pro Carsharing-Auto,¹⁴ was eine erhebliche Entlastung der städtischen Parkraumsituation mit sich bringt und den Bau teurer Garagenstellplätze einspart.

In einem aktuell noch laufenden Großversuch zum Carsharing will auch das Kreisverwaltungsreferat (KVR) München untersuchen, ob durch die neuen Carsharing-Angebote

¹⁴ Vgl. <http://mobilpunkt-bremen.de/> (30.05.2016).

insgesamt weniger Autos in der Stadt unterwegs sind und damit zur Reduzierung der Belastungen durch Luftschadstoffe und Lärm beitragen. Zudem soll geprüft werden, ob damit auch in den einzelnen Stadtvierteln weniger Stellplätze für Autos benötigt werden. Der frei werdende Straßenraum könnte dann zum Beispiel für Spiel- oder Aufenthaltsflächen oder für Abstellmöglichkeiten von Fahrrädern an U- oder S-Bahnhöfen oder Mobilitätsstationen verwendet werden (Völklein 2015b: R4).

Sofern die zunehmende Nutzung von Carsharing-Angeboten nicht komplett zulasten des ÖPNV oder des Rad- und Fußverkehrs geht, reduziert sich damit in der Summe der Bedarf an öffentlichen wie auch privaten Stellplätzen für den ruhenden Verkehr. Dieser Aspekt führt wiederum zu der auch vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) in einer Projektausschreibung aufgeworfenen Fragestellung, ob angesichts der zunehmenden Verbreitung von Carsharing, Bikesharing und anderen alternativen Mobilitätsformen des Umweltverbunds die in den Bundesländern und einzelnen Kommunen festgelegten Stellplatzanforderungen (Anzahl der erforderlichen Stellplätze pro Wohneinheit) gelockert werden könnten (BBSR 2014). Dies würde die Kosten für den Wohnungsbau in großen Städten, der häufig teure Tiefgaragenstellplätze notwendig werden lässt, etwas reduzieren helfen und damit sozialen Aspekten einer nachhaltigen Raumentwicklung in Verdichtungsräumen entgegenkommen. Eine Lösung ist hierbei, die kommunale Stellplatzverordnung neben der Stellplatzverpflichtung und -abläse um einen dritten Baustein zu erweitern: das Mobilitätsmanagement, mit den Elementen Car- und Bikesharing, Mobilitätsstationen etc. (vgl. auch Stadt Offenburg 2015). Dabei ist das Mobilitätsmanagement zur Förderung des Umweltverbunds und damit einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung nicht nur eine Aufgabe von Kommunen und Betrieben, sondern bedarf auch regionaler Aktivitäten (vgl. Wappelhorst 2011; Stiewe/Reutter 2012).

Fahrradverleihsysteme

In Zeiten stetig steigender Verkehrsbelastungen in ländlichen Räumen sowie Verdichtungsräumen wird dem Radverkehr eine zentrale Bedeutung beigemessen. Dieses emissionsfreie Verkehrsmittel benötigt, im Gegensatz zum Kfz, sehr geringe Abstellflächen im öffentlichen Raum und unterstützt aktiv die Gesundheit der Radfahrenden. Als grundlegender Richtwert gilt das Fahrrad im Stadtverkehr auf Strecken bis sechs Kilometer als schnellstes Fortbewegungsmittel. Jedoch liefert es auch im ländlichen Raum einen lohnenswerten Ausgleich zur stressigen Arbeit bzw. zur Unterstützung der körperlichen Fitness (ADFC Regensburg 2013: 2).

Eine sinnvolle Ergänzung zum Gebrauch des eigenen Fahrrads stellt die Nutzung von sogenannten Fahrradverleihsystemen dar, die sich vor allem in Verdichtungsräumen etabliert haben. Damit kann zum einen der Radverkehr, zum anderen aber auch der Anteil des Umweltverbunds im Allgemeinen gesteigert werden. Durch die konstante Verfügbarkeit und Präsenz des Rads im Straßenverkehrsraum wird zudem das Image des Radfahrens gestärkt. Es werden dabei, vergleichbar mit den Carsharing-Systemen, im Allgemeinen zwei verschiedene Formen unterschieden: frei in der Stadt verteilte Fahrräder und ortsfeste Leihstationen (vgl. DIE WELT 2014).

Unabdingbar für ein funktionierendes, ortsfestes Bikesharing-System sind geeignete Standorte für Leihstationen. Diese befinden sich meist an Verknüpfungspunkten zum ÖPNV, Arbeitsplatzschwerpunkten, in dichten Wohnquartieren oder an touristischen Einrichtungen (vgl. Abb. 11). Frei abstellbare Leihfahrräder finden sich ebenfalls häufig an Haltestellen des ÖPNV (vgl. Abb. 12).

Für die Nutzbarkeit bzw. den Zugang zu einem Leihrad gibt es verschiedene Modi. Dazu zählen Stationsterminals, Chipkarten und Applikationen für Smartphones. In der Regel ist eine Registrierung vor der ersten Verwendung eines Rads notwendige Voraussetzung. Die Preise richten sich in den meisten Fällen nach Zeiteinheiten und erfordern, je nach Modell, eventuell eine Anmeldegebühr. Betreiber solcher Modelle sind meist private Unternehmen in Zusammenarbeit mit örtlichen Behörden.¹⁵

Abb. 11: Fahrradverleihstation – ortsfest



Quelle: <http://www.umwelt-im-unterricht.de>
(01.11.2014)

Abb. 12: Leihfahrräder – frei aufgestellt



Quelle: Universität der Bundeswehr München,
Institut für Verkehrswesen und Raumplanung 2014

Als Beispiele für Fahrradverleihsysteme in Bayern wären „NorisBike“ (Nürnberg, ortsfeste Leihstationen) und „Call-a-bike“ (München, frei in der Stadt verteilt) anzuführen.

2.4 Intermodale Mobilitätsangebote

Nachhaltige Mobilitätsentwicklung ist insbesondere auf die Förderung des Umweltverbunds, also des Fuß-, Rad- und öffentlichen Verkehrs ausgerichtet. Gerade in diesen Bereichen hat die attraktive Vernetzung der Verkehrsträger und Mobilitätsangebote eine besonders hohe Bedeutung. Verkehrsteilnehmer nutzen verschiedene Transportmittel, um an ihr Ziel zu kommen. Sie gehen zum Beispiel zu Fuß zur nächsten Bushaltestelle oder fahren mit dem Fahrrad zum nächsten Bahnhof und dann weiter mit dem Bus bzw. Zug zur Arbeit oder Ausbildungsstätte. Oder sie fahren mit dem privaten Pkw zum Park&Ride-Platz am Stadtrand, von dort weiter mit S- oder U-Bahn in die Innenstadt und nehmen sich dort ein Leihrad für die Fahrt zum Zielort.

Solche intermodalen Wegekette können gefördert werden durch Ausbau von Park&Ride- wie auch Bike&Ride-Stellplätzen, durch einen leistungsfähigen ÖPNV mit einem einfachen, attraktiven Tarifsystem (z. B. mit „Mobilitätskarten“, vgl. UBA 2014b). Nicht zu vernachlässigen sind in diesem Zusammenhang aber auch die Pflege und der Ausbau von attraktiven und sicheren Fußwegenetzen, die Schaffung besserer Mitnahmemöglichkeiten von Fahrrädern in Zügen, die Einrichtung von Unterstell- und Abspermmöglichkeiten für Fahrräder an Bahnhöfen sowie von Car- und Bikesharing-Stationen oder darüber hinaus die Errichtung von intermodalen „Mobilitätsstationen“ (dazu mehr weiter unten).

¹⁵ Vgl. <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/praxisbeispiele/anzeige.phtml?id=2128#projektbeschreibung> (30.05.2016).

Neue Potenziale zur Unterstützung umweltfreundlicher, intermodaler Verkehrsangebote bieten die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien, mit denen in „Echtzeit“ nicht nur über reale Abfahrtszeiten an Bahnhöfen und Bushaltestellen, sondern auch mittels mobilem Internet in Verbindung mit digitalen Geoinformationen über mögliche Wegeketten oder die nächsten Anschlussmöglichkeiten informiert werden kann. Ein (verkehrsträgerübergreifender) Ticketservice per App ist dann die konsequente Fortführung digitaler, vernetzter Mobilitätsdienstleistungen (so z.B. von der Daimler-Tochter moovel GmbH).¹⁶

Neben dem Fußverkehr, der bei zunehmender Verstädterung in der Zukunft eine wieder größere Rolle innerhalb der Verkehrsmodi einnehmen wird, hat gerade das Fahrrad in den letzten Jahren eine Renaissance erfahren. Entsprechend haben Politik, staatliche Behörden und Verbände neue Strategien, Konzepte und Leitfäden für die Förderung des Radverkehrs entwickelt (StMI OBB 2011b; DStGB 2014). Fahrradfahren ist gesundheitsfördernd, sehr umweltfreundlich und wird gerne als Ausdruck eines urbanen Lebensgefühls wahrgenommen. Jedes Jahr werden in Deutschland über drei Millionen Fahrräder gekauft. Speziell die Elektroräder (Pedelects und E-Bikes) erfreuen sich zunehmender Beliebtheit (siehe dazu mehr in Kapitel 3.3 sowie ausführlich im Beitrag von Klein in diesem Band), und auch breite Lastenfahräder sind im Kommen. Entsprechend werden vielerorts Forderungen nach dem Ausbau des Radwegenetzes und dem Bau von Radschnellwegen laut (Bayerischer Landtag 2015b), die jedoch gerade in den großen Städten mit ihren häufig überfüllten Straßen auf erhebliche Widerstände stoßen.

In ländlichen Räumen wird das Rad für die Alltagsmobilität aufgrund der größeren Distanzen weniger genutzt, spielt aber für den Tourismus eine größere Rolle. Der Trend zum „Radltourismus“ dürfte dabei sicherlich durch die neuen Technologien wie E-Bikes und Pedelects weiter zunehmen. Für die Förderung der touristischen Nutzung des Fahrrads sind weniger Radschnellwege als landschaftlich und kulturell attraktive Streckenführungen abseits von stark belasteten Straßen zu wünschen. Zur Förderung des Radverkehrs wie auch des Fußverkehrs als wichtige Bausteine intermodaler Mobilität ist die Siedlungs- bzw. Quartiersentwicklung gemäß dem Leitziel der „Stadt der kurzen Wege“ ein wesentlicher Faktor. Ein Ausdünnen der örtlichen Nahversorgung in ländlichen Räumen dürfte den Fuß- und Radverkehr im Allgemeinen nicht begünstigen.

Verschiedene neue bzw. alternative Mobilitätsangebote wie Car- und Bikesharing, Mitfahrgelegenheiten, Anrufsammeltaxis etc. müssen nicht in Konkurrenz zum Angebot des klassischen ÖV (Busse und Bahnen) stehen. Vielmehr können diese bei einer abgestimmten intermodalen Mobilitätskonzeption sogar dazu beitragen, den ÖV als Baustein eines insgesamt gestärkten Umweltverbunds gegenüber dem motorisierten Individualverkehr attraktiver zu gestalten (Stielike 2014: 75; ausführlicher zum Bikesharing im Beitrag von Zadernach und Musch in diesem Band).

Ein besonderer, immer mehr Verbreitung findender Baustein intermodaler Verkehrskonzepte sind die sogenannten Mobilitätsstationen (vgl. BBSR 2015). Neben der Hansestadt Bremen, die diesbezüglich als Vorreiter in Deutschland gilt, verfolgt zum Beispiel die Mittelstadt Offenburg im Rahmen des Mobilitätsmanagements einen innovativen Ansatz zum Aufbau eines Netzes von Mobilitätsstationen. Dabei sollen in engem Zusammenhang mit Haltestellen und Haltepunkten der öffentlichen Verkehrsmittel (Zug, S-Bahn und Bus) verschiedene Verkehrsmittel (Kfz, auch mit neuen Antriebssystemen, Pedelects, konventionelle Fahrräder und teilweise Lastenräder) als öffentliches Verleihsys-

¹⁶ Vgl. <https://www.moovel.com> (31.05.2016).

tem zur Verfügung gestellt werden. Langfristig ist an eine regionale Ausdehnung in Zusammenarbeit mit den Nachbarstädten gedacht. Für die Realisierung der ersten vier Stationen „Bahnhof-ZOB“, „Messe“, „Kulturforum“ und „Technisches Rathaus“ wurde Ende 2014 die Ausschreibung der Leistungen veröffentlicht. Diese ersten vier Pilotstationen wurden im Jahr 2015 realisiert und sollen ab 2016 bezüglich der Nutzungsraten und Nutzergruppen evaluiert werden, um dann eine Entscheidung über einen weiteren Ausbau treffen zu können (BBSR 2015: 26; Stadt Offenburg 2015).

Solche Mobilitätsstationen können – in kleineren Dimensionen – nicht zuletzt auch als mögliche „Schlüsselprojekte“ im Rahmen von Strategien zur Stärkung von Innenstädten und Ortskernen Zentraler Orte in strukturschwachen ländlichen Räumen und damit als Bausteine einer demografiefesten, regionalen Daseinsvorsorge dienen (Kaether 2014: 116). In kleineren ländlichen Gemeinden können so zum Beispiel im Ortskern um die Haltestelle der Schulbuslinie als letzte, noch verbliebene öffentliche Verkehrsanbindung überdachte Abstellflächen für Fahrräder und Kurzzeitparkplätze für Pkws angelegt und mit einem Haltepunkt für einen Ruf- oder Bürgerbus kombiniert werden (ARL-LAG 2014: 16). Bei der Einrichtung von Mobilitätsstationen sind in jedem Einzelfall die öffentlichen Interessen in Bezug auf die Daseinsvorsorge mit den privaten (kommerziellen) Interessen der Car- und Bikesharing-Anbieter in Einklang zu bringen.

2.5 Autonomes Fahren/selbstfahrende Automobile

In Zeiten hoher Innovationsdynamik im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien werden auch Verkehrsmittel immer stärker diesbezüglich aufgerüstet. Navigationssysteme mit digitalen Karten, mobilem Internetzugang und Stauwarnung bzw. -umfahrung, Schnittstellen für das Smartphone, „Car-Infotainment“ und vieles mehr sind bei einem Neuwagen fast schon eine Selbstverständlichkeit. Zusammen mit Airbag und ABS enthält das Auto von heute bereits bis zu 80 Steuerungsgeräte. Nun wird die Kommunikation mit dem direkten Umfeld eines Fahrzeugs mit den „Fahrerassistenzsystemen“ immer weiter ausgebaut, um damit den Fahrkomfort zu erhöhen (z.B. automatisches Einparken) und nicht zuletzt auch, um zu einem höheren Niveau der Verkehrssicherheit beizutragen (z.B. Spurhalte- und Abstands- bzw. Bremsassistenten mithilfe von Radarsensoren und Videokameras rund ums Auto). Die Ende 2014 neu auf den Markt gekommene Mercedes B-Klasse bietet zum Beispiel serienmäßig ein Assistenzsystem (als „Collision Prevention Assist Plus – CPA“ bezeichnet), mit dem ein Auffahrunfall bis zu einem Tempo von 40 km/h komplett vermieden werden kann (Specht 2014: 85). Die Mercedes-Benz-Unfallforscher erwarten, dass sich damit die Zahl schwerer Auffahrunfälle gegenüber Fahrzeugen ohne entsprechendes Schutzsystem um bis zu 30 % senken lässt.¹⁷ Die Verbesserung der Verkehrssicherheit dürfte als eine der Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, hier insbesondere an die an Häufigkeit und Stärke zunehmenden Extremwetterlagen, in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen (UBA 2015b: 180 ff.).

Darauf aufbauend geht die aktuelle technologische Entwicklung in Richtung „selbstfahrender Automobile“. Und hier betreiben nicht nur die Automobilkonzerne intensive Entwicklungsarbeit, welche bereits die Antriebstechnologien auf die zweite Priorität zurückgedrängt hat. Ein besonderes Medienecho erfahren die Vorstöße der großen IT-Konzerne Google und Apple, welche bisher im Bereich der verkehrlichen Mobilität nur als „Autozulieferer“ fungierten, nun aber mit Eigenentwicklungen von „Self-Driving-Cars“

¹⁷ Vgl. <http://www.daimler.com/innovation/safety/special/keeping-your-distance.html> (28.06.2016).

(„Google-Car“) Furore machen. Die Frage steht – nicht zuletzt auch für den Wirtschaftsstandort Deutschland – im Raum, ob die großen Automobilbauer die Systemführerschaft bei der Produktion und Vermarktung von Fahrzeugen auch in Zukunft halten können, oder ob die großen IT-Unternehmen wie Google und Apple diese Rolle bei der Umstellung auf selbstfahrende Elektroautos als „rollende, vernetzte Computer“ übernehmen werden.

Die Euphorie in Sachen selbstfahrende Autos ist groß. In Verbindung mit immer genauer werdenden digitalen Karten und umgebungsbezogener Datenvernetzung in Echtzeit lassen sich mit ihnen auch Verkehrsströme wesentlich besser steuern, insbesondere Staus vermeiden und damit lässt sich die (teure) verkehrliche Infrastruktur effizienter bzw. nachhaltiger nutzen. Der Straßenverkehr könnte damit auch ein Stück umweltfreundlicher werden, insbesondere, wenn die automatische Steuerung mit einer entsprechenden „defensiven Fahrweise des Bordcomputers“ (Grzanna 2015: 20) zu angepassten, geringeren und damit energiesparenden Fahrgeschwindigkeiten führt und mit erneuerbaren Energien gespeiste Elektroantriebe zur Anwendung kommen. Fahrerassistenzsysteme und selbstfahrende Automobile bergen auch Chancen für eine Verbesserung der Barrierefreiheit im Bereich der verkehrlichen Mobilität. Auch Elektroräder oder Sonderlösungen wie Dreiräder und Quad-Räder mit Elektromotor-Unterstützung (vgl. Beitrag von Ebert in diesem Band) können bei leicht mobilitätsbehinderten Menschen dazu beitragen, dass diese am mobilen gesellschaftlichen Leben (z.B. Fahrradausflüge) noch stärker teilhaben.

Ob jedoch die Mobilitätsentwicklung mit dem „autonomen Fahren“ insgesamt nachhaltiger gestaltet werden kann, hängt von weiteren Rahmenbedingungen ab. Wenn diese Entwicklung beispielsweise zulasten des verkehrlichen Umweltverbunds geht und damit ein weiterer Ausbau der Straßeninfrastruktur erforderlich wird, steht die Nachhaltigkeit dieser Innovation durchaus infrage.

Hinzu kommt, dass sich die technologische Entwicklung auf diesem Gebiet von der gesellschaftspolitischen und rechtlichen Entwicklung immer mehr abkoppelt. So sind Fragen nach dem Bedarf bzw. der Akzeptanz für solche „Auto-Automobile“ und nach der Verantwortung und Haftung bei Unfällen mit solchen Fahrzeugen noch weitgehend unbeantwortet (Fromm 2014: 28).

Mit zunehmender Informations- und Kommunikationstechnik in Fahrzeugen und Verkehrsanlagen erhöhen sich schließlich auch die Risiken von technischen Fehlfunktionen bis hin zu kriminellen und terroristischen Systemangriffen von außen. Nicht umsonst wird deshalb im Entwurf eines IT-Sicherheitsgesetzes (Bundesregierung 2015a) der Bereich Transport und Verkehr zu den sogenannten kritischen Infrastrukturen gerechnet, deren Sicherheit zunehmend bedroht und mit verstärkten Schutzvorkehrungen so weit wie möglich zu gewährleisten ist.

Neben der durch globale Konkurrenz angetriebenen dynamischen Entwicklung der Fahrzeugtechnik in selbstfahrenden Autos (einschließlich Vernetzung mit dem Internet und Kommunikation mit anderen Fahrzeugen) wird für das autonome Fahren auch eine erweiterte öffentliche Infrastruktur benötigt, die mittels mobiler und kabelbezogener Netze eine Kommunikation der Fahrzeuge mit der Straße und ihren technischen Einrichtungen (z.B. Lichtzeichenanlagen) ermöglicht. Bundesverkehrsminister Dobrindt hat dazu am 4. September 2015 die „Innovationscharta für das digitale Testfeld Autobahn“

unterzeichnet. Im Zuge dessen werden Teststrecken für das autonome Fahren in Bayern auf einem Abschnitt der A 9 im Rahmen eines Pilotprojektes freigegeben.¹⁸

Die Einführung des autonomen Fahrens wird vor diesem Hintergrund ein längerer Prozess sein, der in vielen Schritten zu entwickeln und zu erproben ist. So wird das autonome Fahren von politischer Seite auch eher als ein langfristiges Ziel erachtet. Und wie bei jedem Auf- bzw. Ausbau von modernen Infrastrukturen (vergleiche nur den Breitbandausbau) stellt sich die Frage, ob nicht die geringer verdichteten, ländlichen Räume mit ihrem niedrigeren Verkehrsaufkommen – trotz rechtlicher und politischer Zielsetzung gleichwertiger Lebens- und Arbeitsbedingungen in allen Teilräumen – bei diesen Innovationen wieder einmal das Nachsehen haben werden.

3 Neue/alternative Antriebstechnologien

Neben den bereits dargestellten neuen bzw. alternativen Mobilitätsformen zeigen sich auch dynamische Entwicklungen im Bereich der Antriebstechnologien, die im Zusammenspiel mit neuartigen Informations- und Kommunikationstechnologien zu einem erweiterten Angebot im Bereich der Mobilitätsdienstleistungen führen. Hervorzuheben ist hierbei die Renaissance der Elektromobilität, welche in Verbindung mit innovativen Energiegewinnungs- und vor allem Energiespeichersystemen sowie Konstruktions- und Steuerungstechnologien einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung leisten kann.

Neben den auf Batteriestrom basierenden Elektroantrieben sollen weitere, zu den herkömmlichen Benzin- und Diesellaggregaten alternative Antriebstechnologien näher beleuchtet werden. Unterschieden wird in Antriebe mit

- Gas, Biodiesel und Bioethanol
- verschiedenen Energieträgern (bivalente Antriebe)
- Batteriestrom
- Strom aus Brennstoffzellen/Wasserstoff
- Verbrennungs- und Elektromotor (hybride Antriebe)

Zur Gewährleistung eines vergleichenden Gesamtüberblicks über die einzelnen Technologien werden diese anhand vorab definierter Kriterien näher betrachtet. Es handelt sich dabei um folgende Merkmale:

- Technologiekennzeichen
- Anzahl der Fahrzeuge auf dem Markt
- Kosten für Anschaffung und Betrieb der entsprechenden Fahrzeuge
- Reichweite mit einer Tankfüllung bzw. Batterieladung
- Infrastruktur zum Auftanken bzw. Laden der Fahrzeuge
- spezifische Probleme der Technologie
- Umweltaspekte/Nachhaltigkeit
- Raumbezug im Hinblick auf die Bedeutung für verschiedene Raumkategorien

¹⁸ Vgl. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2015/084-dobrindt-startet-digitales-testfeld-autobahn.html> (31.05.2016).

3.1 Antriebe mit Gas, Biodiesel und Bioethanol

Zu den immer noch mit Abstand am meisten genutzten, auf Erdöl basierenden Treibstoffen Benzin und Diesel mit Anteilen von 67,2 bzw. 31,2% an den Antriebsarten der Fahrzeuge (Kraftfahrt-Bundesamt 2015) gibt es schon seit Längerem eine Reihe von Alternativen.

Erdgas (Compressed Natural Gas – CNG)

Erdgasmotoren unterscheiden sich zunächst nur durch wenige Zusätze von einem benzinbetriebenen Motor. So wird der klassische Ottomotor um die Elemente Gemischaufbereiter, Druckregler, Eindüsung sowie mit einer elektronischen Motorsteuerung und einer Druckflasche für das Erdgas ergänzt (vgl. RP-Energie-Lexikon 2014). Die meisten Erdgas-Pkw (vgl. Abb. 13) werden bivalent betrieben, das heißt, sie können wahlweise mit Erdgas oder auch mit Benzin betrieben werden. Das Umschalten von einem Kraftstoff auf den anderen erfolgt dabei automatisch, sobald einer der beiden Kraftstoffe verbraucht ist. Auch im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs wird vermehrt auf Erdgasfahrzeuge, insbesondere Erdgasbusse, gesetzt. Hierbei handelt es sich jedoch im Schwerpunkt um umgebaute Dieselmotoren, die nach erfolgter Umrüstung monovalent, das heißt ausschließlich mit Erdgas betrieben werden.¹⁹

Abb. 13: Erdgasfahrzeug



Quelle: <http://www.erdgasfahrer-forum.de/viewtopic.php?t=5952> (14.04.2014)

Aktuelle Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes (2015: 1) beziffern eine Flotte von 81.423 mit Erdgas betriebenen Fahrzeugen (Stand Januar 2015) verteilt über das gesamte Bundesgebiet. Trotz leichtem Zuwachs gegenüber dem Vorjahr (+ 3,0%) ist der Anteil am Gesamtfahrzeugbestand in Deutschland (62,4 Millionen, davon 53,7 Million Kfz) mit ca. 0,15% nach wie vor sehr gering.

Im Hinblick auf die Kosten ergeben sich Vorteile durch eine niedrigere Kraftstoffsteuer auf Erdgas im Vergleich zu Benzin oder Diesel. Darum erweist sich die Nutzung von Erdgas für den Endverbraucher in Deutschland bei höheren Fahrleistungen (km/Jahr) wirtschaftlicher als bei herkömmlichen Kraftstoffen. Das Unternehmen Daimler gibt zum Beispiel für die neue Mercedes B-Klasse in der Erdgasversion (Natural Gas Drive – NGD) „bis zu 50% geringere Spritkosten“ an (Specht 2014: 85). Die Reichweite von mit Erdgas

¹⁹ Vgl. <http://www.kvg.de/index.php?id=440> (31.05.2016).

betriebehen Fahrzeugen steht „Benzinern“ kaum nach, sie beträgt etwa 500 km je Tankfüllung. Bei bivalenten Modellen können in Verbindung mit dem Benzintank sogar Reichweiten von ca. 1.000 km erzielt werden. Für die Erdgasautos stehen insgesamt knapp 1.000 Erdgas-Tankstellen in Deutschland zur Verfügung.²⁰ Der weitere Ausbau von Erdgas-Zapfsäulen verläuft vor dem Hintergrund der hohen Investitionskosten von über 200.000 Euro (Vettori 2015: R7) eher schleppend.

Erdgas besteht im Wesentlichen aus Methan (96 %) und enthält weniger Kohlenstoff als dies bei Benzin- oder Dieselmotoren der Fall ist. Demzufolge entstehen bei der Verbrennung auch geringere CO₂-Emissionen. Darüber hinaus erfolgt der Verbrennungsvorgang eines Erdgasmotors sauberer und leiser, als dies bei Benzin oder Diesel geschieht.

Ökobilanzen zeigen jedoch auch, dass bei der Förderung sowie beim Transport von Erdgas Methan entweicht und damit ein großer Teil der geringeren CO₂-Emissionen kompensiert wird. Aus umwelttechnischer Sicht ergeben sich damit zwei Gesichtspunkte. Einerseits erweisen sich Erdgasfahrzeuge als umweltschonender im Hinblick auf die CO₂-Emissionen beim Fahren in der Stadt, andererseits verursacht die spezifisch notwendige Infrastruktur dafür aber auch Emissionen an anderer Stelle (vgl. RP-Energie-Lexikon 2014).

Hinsichtlich des Aspektes der räumlichen Ausbreitung von Erdgasfahrzeugen ergibt sich ein klarer Zusammenhang zwischen dem Tankstellennetz und den Erdgasversorgungsgebieten, die sich in erster Linie auf Verdichtungsräume mit einer entsprechenden Nachfrage konzentrieren. In ländlichen Regionen ergibt sich aufgrund geringerer Nachfrage nur ein ausgedünntes Tankstellennetz.

Autogas (Liquified Petroleum Gas – LPG)

Autogas wird bereits seit Jahrzehnten eingesetzt und gilt als der weltweit meistgenutzte Alternativkraftstoff. In Deutschland nimmt er einen Anteil von 77 % an den alternativen Kraftstoffen ein. Es setzt sich aus Propan, Butan bzw. deren Gemischen zusammen und entspricht damit dem Brennstoff Flüssiggas, der auch als Heizenergie oder bei herkömmlichen Feuerzeugen Verwendung findet.

In den letzten beiden Jahren hat sich der bis dato kontinuierliche Anstieg an Autogasfahrzeugen nicht weiter fortgesetzt. Das Kraftfahrt-Bundesamt (2015: 1) meldet zum 1. Januar 2015 für Deutschland insgesamt 494.148 Autogasfahrzeuge, europaweit sind es derzeit etwa 11,9 Millionen.

Laut Energiesteuergesetz (EnergieStG) vom 15. Juli 2006 wird Autogas mit einem niedrigen Mineralölsteuersatz bis zum 31. Dezember 2018 gefördert. Dies führt, neben dem günstigeren Preis für Autogas im Vergleich zu den normalen Benzinpreisen, zu wesentlichen Vorteilen bzw. Kostenersparnissen für die Nutzer. Allerdings müssen auch die Mehrkosten bei dem Erwerb von Autogasfahrzeugen bzw. die einmaligen Kosten für die Umrüstung eines herkömmlichen Verbrennungsmotors von etwa 1.500 bis 3.000 Euro berücksichtigt werden (vgl. RP-Energie-Lexikon 2014). Autogasfahrzeuge können sich somit hinsichtlich der Betriebskosten in der Regel schon nach 20.000 bis 30.000 km rechnen.

Je nach Tankgröße und spezifischem Verbrauch beträgt die Reichweite von Autogasfahrzeugen etwa 300 bis 600 km. In Deutschland sind aktuell etwa 6.500 Tankstellen

²⁰ Vgl. <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Konventionelle-Energietraeger/gas,did=292324.html> (31.05.2016).

vorhanden, ein weiterer Ausbau dieses Netzes ist geplant.²¹ In vielen europäischen Ländern wie Frankreich, Italien oder Polen ist aufgrund der größeren Verbreitung der Autogasfahrzeuge bereits ein dichteres Tankstellennetz für Autogas entstanden.

Im Vergleich zu anderen Kraftstoffen produziert Autogas deutlich weniger Abgasemissionen. Dies trifft auch auf die Abgabe von Kohlenstoffdioxid zu. Insgesamt zählen die von Autogasfahrzeugen verursachten Abgase zu den niedrigsten, die aktuell in Verbrennungsmotoren erzeugt werden. Darüber hinaus erweist sich der Kraftstoff Autogas als nahezu schwefelfrei. Bei der Verbrennung wird lediglich ein geringer Ausstoß an Ruß verursacht. Schadstoffe wie CO₂, HC, NO_x und weitere gesundheits- und umweltschädigende Emissionen treten in einer wesentlich geringeren Konzentration auf, als dies bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren der Fall ist. Des Weiteren erzeugen mit Autogas betriebene Fahrzeugmotoren bis zu 50 % weniger Lärm als Dieselfahrzeuge (DVFG 2014b).²²

Aufgrund der hohen Reichweiten der Autogasfahrzeuge, die ähnlich den Erdgasfahrzeugen häufig einen bivalenten Antrieb aufweisen, sowie des bereits gut ausgebauten Tankstellennetzes werden mit Autogas betriebene Kfz sowohl in ländlichen als auch in Verdichtungsräumen eingesetzt. Da die Unterhaltungskosten gerade bei höheren Fahrleistungen pro Jahr im Vergleich zu Benzin- oder Dieselfahrzeugen günstiger sind, sind Autogas-Fahrzeuge für Arbeitspendler in ländlichen Räumen besonders attraktiv.

Biodiesel

Der Kraftstoff Biodiesel kommt in der Verwendung dem mineralischen Dieselmotorkraftstoff gleich und kann heutzutage in vielen Dieselfahrzeugen problemlos eingesetzt werden. Bei vielen Dieselfahrzeugen ist jedoch eine Umrüstung von Filter, Dichtungen und Kraftstoffleitungen erforderlich, wofür Kosten von 1.000 bis 4.000 Euro entstehen können. Biodiesel wird aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt, in Deutschland überwiegend aus Rapsöl, weltweit vor allem aus Palmöl oder Sojaöl.²³

Biodiesel nimmt den größten Marktanteil der in Deutschland verbrauchten Biokraftstoffe ein. Er lag im Jahr 2011 bei ca. 2,4 Mio. Tonnen, was einem Anteil von etwa 4 % des gesamten Treibstoffverbrauchs in Deutschland entspricht.²⁴ Biodiesel wird seit 2009 bis zu 7 % herkömmlichem Diesel beigemischt. Nach Auslaufen der steuerlichen Förderung Ende 2012 ist der Handel mit Biodiesel als Reinkraftstoff (B100) in Deutschland zusammengebrochen. Als festgelegte Beimischung dürfte der Absatz von Biodiesel insbesondere aufgrund des erwarteten steigenden Straßengüterverkehrs dennoch weiter zunehmen.

Biodiesel enthält nur einen geringen Anteil an Schwefel, bildet beim Verbrennen somit weniger Ruß als herkömmlicher Diesel und enthält kein Benzol. Fahrzeuge mit diesem Kraftstoff stoßen demzufolge deutlich weniger Ruß und Benzol aus als normale Dieselmotoren. Allerdings produzieren sie dafür mehr Stickoxide und giftiges Benzo(a)phyren. Auch im Hinblick auf die Klimabilanz von Biodiesel lässt sich ein zweigeteiltes Bild erkennen. Einerseits entsteht bei der Verbrennung von Biodiesel zwar nur so viel CO₂, wie die eigentliche Pflanze beim Wachstum aufgenommen hat, andererseits wird

²¹ Vgl. <http://dvfg.de/infothek/deutscher-verband-fluessiggas-e-v-dvfg-begruesst-trendwende-auf-autogas-markt/> (31.05.2016).

²² Vgl. <http://www.autogastanken.de/de/umwelt/umweltvorteile.html> (31.05.2016).

²³ Vgl. <http://www.iwr.de/biodiesel/> (31.05.2016).

²⁴ Vgl. <http://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/biodiesel/> (31.05.2016).

beim Anbau von Raps, der Hauptenergiepflanze in Deutschland, Dünger eingesetzt, was bei den Bodenbakterien zur Herstellung von Treibhausgasen führt. Ebenso werden zur Gewinnung von Palmöl ganze Wälder gerodet, was zur Freisetzung großer Mengen Kohlendioxid sowie Methan führt. Demzufolge erweist sich Biodiesel, sofern er aus Palm- bzw. Sojaöl hergestellt wird, im Hinblick auf das Nachhaltigkeitspostulat als nicht zielführend und vor allem als nicht umweltverträglich. Den Ausbau der Bioenergiegewinnung sehen Umweltforscher entsprechend sehr kritisch. Mit der Ausbreitung der Anbauflächen zum Zwecke der Ölgewinnung befürchten sie negative Entwicklungen wie die zunehmende Rodung von Wäldern und die Entstehung von Monokulturen wie auch den Verlust von Flächen zum Nahrungsmittelanbau. Dies stellt vor allem in Ländern wie Brasilien oder Indonesien ein großes Problem dar (vgl. Hirschl/Dietz/Vogelpohl et al. 2014).

Bioethanol

Fahrzeuge mit Benzin-Verbrennungsmotoren lassen sich auch mit Bioalkohol (Bioethanol) betreiben. Diese „Flexi-Fuel-Vehicles“ (FFV) können entsprechend flexibel, das heißt mit Benzin und/oder Bioethanol betankt werden. Als Kraftstoff wird alternativ zu dem reinen Benzin der Alkoholkraftstoff E85 angeboten, der sich zu 85 % aus dem aus Biomasse erzeugten Bioethanol und zu 15 % aus Benzin zusammensetzt.²⁵ Kann eine Versorgung mit E85, aufgrund fehlender Tankstellen, nicht erfolgen, kann jederzeit herkömmliches Benzin getankt werden. Ermöglicht wird dies mithilfe eines Kraftstoffsensors, der den Mischungsanteil von Ethanol und Benzin erkennt und den Motor optimal an das jeweilige Mischungsverhältnis anpasst. Seit 2011 wird Benzin auch mit einer Bioethanol-Beimischung von bis zu 10 % (E10) angeboten, wofür mittlerweile mehr als 90 % der Benzinmotoren ausgelegt sind.

Hinsichtlich der Anschaffungskosten für ein Flexi-Fuel-Vehicle ergeben sich mit einem Aufpreis von etwa 300 bis 1.000 Euro nur relativ geringe Unterschiede zu herkömmlichen Benzin-Fahrzeugen. Der Biokraftstoff E85 ist einerseits aufgrund steuerlicher Privilegierung günstiger als Benzin oder Diesel, hat andererseits aber auch einen um 20 bis 30 % geringeren Wirkungsgrad. Anders als etwa in Brasilien oder in den USA finden deshalb auf E85 umgerüstete Fahrzeuge in Deutschland nur eine relativ geringe Verbreitung, entsprechend ist auch die Verfügbarkeit von E85 mit lediglich rund 350 Tankstellen bundesweit sehr begrenzt.

Im Hinblick auf die Umweltbelange entstehen bei der Nutzung von Ethanol-Fahrzeugen etwa 70 bis 80 % weniger Kohlendioxid-Emissionen im Vergleich zu Benzin- bzw. Dieselmotoren. Ebenso trägt diese Antriebstechnologie zur Reduzierung des Verbrauchs fossiler Ressourcen bei, da Bioethanol das bis dato importierte Rohöl ersetzen und darüber hinaus aus heimischen Rohstoffen gewonnen werden kann. Wie bei den anderen Biokraftstoffen wird auch der mögliche weitere Ausbau der Bioethanolnutzung für Kraftfahrzeuge im Hinblick auf die umweltbezogenen Nebenwirkungen kritisch betrachtet.

3.2 Bivalente Antriebe

Sogenannte bivalente Fahrzeuge verfügen über einen Motor, der mithilfe verschiedener Kraftstoffarten betrieben wird. Die meisten dieser Fahrzeuge beinhalten einen Verbrennungsmotor, der sowohl mit Benzin als auch mit Erd-, Bio- oder Flüssiggas betrieben werden kann. Mittels zweier separater Tanks lässt sich das Hin- und Herschalten zwi-

²⁵ Vgl. http://www.ethanol-statt-benzin.de/mid375_FFV-Technik.html (31.05.2016).

schen den einzelnen Kraftstoffarten problemlos durchführen. Per Knopfdruck kann somit, auch während der Fahrt, von Autogas- auf Benzinbetrieb gewechselt werden. Damit ist auch bei einem leeren Gastank eine Weiterfahrt ohne Unterbrechung möglich. Der bivalente Antrieb garantiert eine deutlich größere Reichweite, als dies bei herkömmlichen Ottomotoren der Fall ist.²⁶ Aufgrund des zusätzlichen Tanks ist andererseits das Leergewicht des Fahrzeugs entsprechend höher und es steht etwas weniger Stauraum im Fahrzeug zur Verfügung.

Im Hinblick auf die geringere Kraftstoffsteuer auf Erdgas, Biogas und Autogas im Vergleich mit Diesel und Benzin erweisen sich bivalente Fahrzeuge für den einzelnen Nutzer als kostengünstiger und demnach wirtschaftlicher als herkömmliche Fahrzeuge, sofern die höheren Anschaffungskosten durch höhere Jahreskilometerleistungen überkompensiert werden. Auch die durch einen Gasbetrieb erzeugten Abgase emittieren weitaus geringere Mengen an Partikeln sowie Benzol, was die Umweltverträglichkeit im Vergleich zu Diesel- oder Benzinfahrzeugen erhöht. Die Steuervergünstigungen für gasbetriebene Autos sind in Deutschland bis Ende 2018 gesichert. Daneben verfolgt auch die EU-Kommission das Ziel, diese alternativen Kraftstoffe zu fördern.

Aufgrund der günstigeren Betriebskosten bei höheren Fahrleistungen pro Jahr und der großen Reichweite der Fahrzeuge (bei zwei gefüllten Kraftstofftanks) können Fahrzeuge mit bivalentem Antrieb auch bei einer geringeren Tankstellendichte gerade für Arbeitspendler in ländlichen Räumen besonders attraktiv sein. Laut einer Statistik des Kraftfahrt-Bundesamtes vom 1. Januar 2015 entfallen bis dato lediglich etwa 1,3% des Pkw-Bestandes in Deutschland auf bivalente Fahrzeuge. Demzufolge sind von insgesamt 44.403.124 gemeldeten Fahrzeugen 575.571 mit einer bivalenten Antriebstechnologie ausgestattet (Kraftfahrt-Bundesamt 2016: 1).

3.3 Antriebe mit Batteriestrom

Antriebe mit Batteriestrom (Battery Electric Vehicle – BEV) gelten auch im Bereich des Verkehrswesens als keinesfalls neu. Der Elektromotor stellt die älteste, technisch weitgehend erforschte Alternative zum Verbrennungsmotor dar. So wurden die ersten Elektroautos bereits vor 130 Jahren entwickelt. Im 20. Jahrhundert wurden die Autos mit Elektromotoren jedoch durch Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren vor allem aufgrund deren größerer Reichweiten abgelöst.

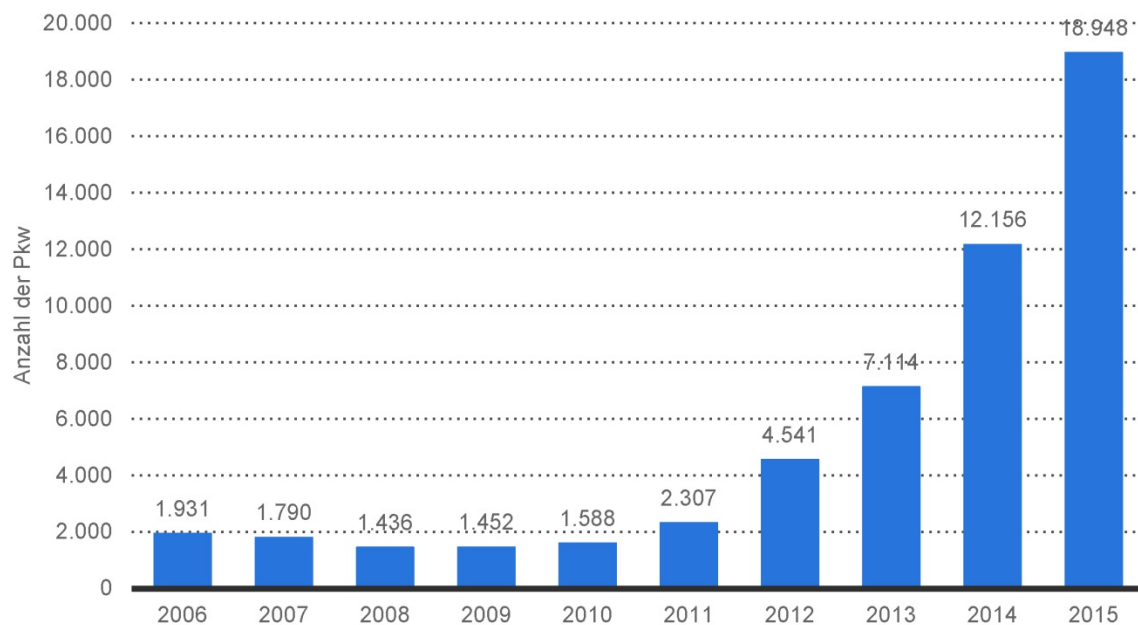
Die Energie-, Klimaschutz- und Umweltpolitik in den beiden letzten Jahrzehnten hat jedoch zu einer beachtlichen Renaissance der Elektromobilität geführt. Der Absatz der Elektroautos verlief zwar über Jahre sehr schleppend (vgl. NPE 2014). Eine deutliche Aufwärtsbewegung ist aber in den letzten drei bis vier Jahren zu verzeichnen (vgl. Abb. 14). Für 2014 ist ein Plus gegenüber dem Vorjahr von 55,9% zu erkennen. Zum 1. Januar 2015 waren so in Deutschland 18.948 Fahrzeuge mit Elektroantrieb gemeldet. In den ersten vier Monaten in 2015 steigerten sich die Verkaufszuwächse gegenüber dem Vorjahr sogar um 95% (BMUB 2015b). Bayern und Baden-Württemberg sind unter den Bundesländern die Spitzenreiter mit jeweils gut 4.000 angemeldeten Fahrzeugen mit reinem Elektroantrieb (Stand 1. Januar 2015, vgl. Abb. 15).

Nach dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung soll nach der Pilotphase bis 2011 und der laufenden Markteinführung ab 2016 der Volumenmarkt als dritte Phase eingeleitet werden, um so bis 2020 eine Million Elektroautos auf

²⁶ Vgl. <http://www.autogastanken.de/de/fahrzeuge/technik.html> (31.05.2016).

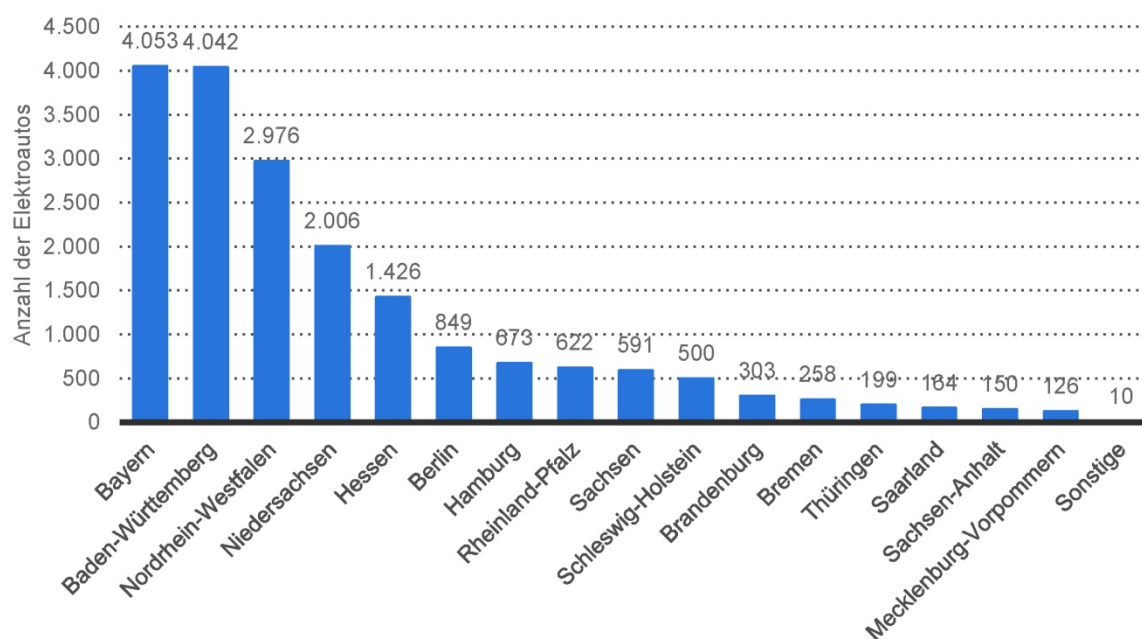
die deutschen Straßen und Stellplätze zu bringen und Deutschland als Leitmarkt der Elektromobilität zu positionieren. Für 2030 ist im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung sogar die Zielmarke von 6 Millionen Elektrofahrzeugen genannt (BMUB 2014c: 46).

Abb. 14: Anzahl der Elektroautos in Deutschland von 2006 bis 2015 (Stand: 1. Januar 2015)



Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/265995/umfrage/anzahl-der-elektroautos-in-deutschland/> (01.06.2016)

Abb. 15: Anzahl der Personenkraftwagen mit Elektroantrieb in Deutschland nach Bundesländern (Stand: 1. Januar 2015)



Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/75841/umfrage/bestand-an-personenkraftwagen-mit-elektroantrieb/> (01.06.2016)

Unter Elektrofahrzeugen versteht die Bundesregierung allerdings nicht nur rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge (BEV), sondern auch Elektroautos mit einem „Range Extender“ (Range Extended Electric Vehicle – REEV) und Hybridfahrzeuge, die ein elektrisches und konventionelles Antriebs- und Energiesystem vereinigen (Hybrid Electric Vehicle – HEV). Hierbei sind jedoch nur die „Plug-in-Hybridmodelle“ (Plug-in-Hybrid Electric Vehicle – PHEV) eingeschlossen, deren (größere) Batterie über das Stromnetz aufgeladen werden kann²⁷ (weitergehende Ausführungen zu den Hybridantrieben in Kapitel 3.5).

Die Stromversorgung beim klassischen Elektrofahrzeug erfolgt über eine wiederaufladbare Batterie (Akku), welche an herkömmlichen Steckdosen bzw. an speziellen (Schnell-)Ladestationen gespeist werden kann (vgl. Abb. 16). Entsprechend sind die Ladezeiten für einen Li-Ionen-Akku sehr unterschiedlich:

- 6 bis 8 Stunden bei Nutzung einer gewöhnlichen Haushaltssteckdose mit 230 Volt Wechselstrom (AC) und einem Ladestrom von 16 Ampere
- 2 bis 3 Stunden bei Verwendung eines Starkstromanschlusses mit 400 Volt Wechselstrom (AC) und einem Ladestrom von 63 Ampere
- zwischen 15 und 60 Minuten bei Nutzung einer Schnellladestation mit Gleichstrom (DC) und einem Ladestrom von bis zu 63 Ampere

Um Ladezeiten während einer längeren Reise zu verkürzen, kann der Effekt des nicht-linearen Ladevorgangs nutzbar gemacht werden: Bereits bei der Hälfte der Ladezeit ist die Batterie zu etwa 80 % geladen.

Abb. 16: Ladestation eines Elektroautos (Parkplatz vor Rathaus Oberhaching)



Foto: Christian Jacoby

²⁷ Vgl. <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/> (01.06.2016).

Als alternative Ladetechnik steht die kabellose Induktionsladung noch vor einem möglichen Durchbruch. Bereits vor vielen Jahren wurde als weitere Alternative ein System für einen automatisierten Batteriewechsel entwickelt, welches sich allerdings nicht auf dem Markt durchsetzen konnte und in Konkurrenz zu den immer leistungsfähigeren Schnellladestationen kaum noch Chancen haben dürfte.

In Bezug auf die räumliche Verteilung von Elektrofahrzeugen lässt sich eine höhere Dichte in Ballungsräumen erkennen, in denen sowohl die Nachfrage als auch der Zugang zu notwendigen Ladestationen bereits in einem höheren Maße gewährleistet ist. Eine kommunale Förderung der Beschaffung von Elektroautos in größeren Städten wie in der Landeshauptstadt München und die auf größere Städte konzentrierten Carsharing-Angebote mit partiellem Einsatz von Elektroautos verstärken diesen Verteilungseffekt. In ländlichen Regionen mit geringerer Nachfrage erscheint die Nutzungsrate deutlich geringer. In diesen Räumen erweisen sich, auch gerade vor dem Hintergrund der größeren Fahrstrecken, die für die Befriedigung der Mobilitätsbedarfe durchschnittlich zurückgelegt werden müssen, Elektroautos aufgrund ihrer derzeitig geringeren Reichweiten bisher als weniger attraktiv. Auch wenn für die allermeisten Fahrtziele die in modernen Batterien speicherbare Energie ausreichen würde, besteht doch bei den (potenziellen) Nutzern die „Reichweitenangst“, das heißt die Sorge, mit leeren Batterien auf dem Weg liegen zu bleiben.

Aktuell wird der Bereich der Elektromobilität durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, das Bundesministerium für Wirtschaft und weitere Bundesministerien in Zusammenarbeit mit den Ländern anhand diverser Programme auf vielfältige Weise gefördert (Bundesregierung 2011; Bundesregierung 2014d; NPE 2014; zu den bundes- und landespolitischen Zielvorstellungen und Fördermaßnahmen bezüglich des Ausbaus der Elektromobilität ausführlich im Beitrag von Wappelhorst in diesem Band). So sollen sich, angeregt durch Modellvorhaben, Leuchtturmprojekte und „Schaufenster der Elektromobilität“ (vgl. dazu insbesondere auch die Beiträge von Ebert und Weber in diesem Band) bis zum Jahr 2020 eine Million Elektroautos auf Deutschlands Straßen bewegen. Auch die Städte und Gemeinden stehen dieser Zielsetzung überwiegend positiv gegenüber und versuchen häufig, den Ausbau der Elektromobilität mit eigenen Maßnahmen im Rahmen ihrer Möglichkeiten zu fördern (vgl. Difu 2015).

Nach etwas längerer Beratungszeit in Bundesregierung und Bundesrat in 2014 hat im März 2015 der Bundestag das Gesetz zur Förderung der Elektromobilität verabschiedet, um zusätzliche Anreize für die Elektromobilität zu schaffen (Bundesregierung 2014b). Kommunen können danach, zum Beispiel aus Gründen der Luftreinhaltung, künftig entscheiden, wie sie besonders umweltfreundliche Fahrzeuge (reine Batterie-Elektrofahrzeuge, bestimmte Plug-in-Hybridfahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge) vor Ort begünstigen wollen. Das Elektromobilitätsgesetz (EMoG) legt außerdem fest, dass für Elektrofahrzeuge besondere Parkplätze an Ladestationen reserviert sind, geringere oder gar keine Parkgebühren für sie anfallen und sie von bestimmten Zufahrtsbeschränkungen ausgenommen sind. Gleichzeitig sollen besondere Kennzeichen eingeführt werden, damit sich die Sonderregeln besser umsetzen und kontrollieren lassen. Neben kostenfreiem Parken für rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge oder spezielle Zufahrtsrechte bzw. Aufhebung von Zufahrtsverboten war insbesondere die Nutzung von Busspuren durch Elektrofahrzeuge umstritten. Einzelne Busspuren können für gekennzeichnete Fahrzeuge geöffnet werden, wenn dies im Einzelfall sinnvoll ist und dadurch der ÖPNV nicht behindert wird. Die konkrete Entscheidung liegt im Ermessen der jeweils zuständigen Straßenverkehrsbehörde.

Der Elektromobilität werden erhebliche Umweltvorteile zugesprochen. So liegt der Wirkungsgrad (Anteil der zugeführten Primärenergie, der beim Fahrzeug in Bewegung umgesetzt wird) beim Elektroantrieb bei 64 %, beim Brennstoffzellenantrieb aufgrund der notwendigen Elektrolyse bei nur 28 % und beim benzingetriebenen Auto (Ottomotor) bei lediglich 19 % (BMUB 2014a: 7). Die CO₂-Emissionen von Elektroautos sind entsprechend gegenüber herkömmlichen Pkws deutlich geringer. Während Pkw der Neuwagenflotte im Jahre 2010 im Durchschnitt 177 g CO₂ pro Kilometer ausstoßen und ein effizientes Dieselfahrzeug etwa 120 g, kommen Elektroautos unter Verwendung des bestehenden Strommix in Deutschland auf 109 g und Elektroautos mit Regenerativstrom auf lediglich 5 g CO₂/km.²⁸

Die Elektromotoren erweisen sich auch als sehr geräuscharm, was allerdings die Lärmemissionen des Fahrzeugs insgesamt nur bei niedrigen Geschwindigkeiten (bis 30 km/h) spürbar reduzieren hilft. Sie stoßen – im Betrieb vor Ort – kein Kohlenstoffdioxid oder andere Luftschadstoffe aus, was in Luftbelastungsgebieten (Umweltzonen) von entscheidender Bedeutung ist.

Die Preise für den benötigten Strom liegen deutlich unter den aktuellen Benzinpreisen, zum einen aufgrund der (derzeit) unterschiedlichen Besteuerung der jeweiligen Energieträger, und zum anderen, da die Energieeffizienz von Elektromotoren (Wirkungsgrad) aufgrund geringerer Wärmeverluste höher als bei Verbrennungsmotoren ist.

Jedoch ergeben sich auch negative Aspekte, vor allem im Hinblick auf die hohen Anschaffungskosten für Batterien sowie der gesamten Fahrzeuge, was etwa 10.000 bis 20.000 Euro im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen ausmacht. Ein weiterer Nachteil liegt in der bisher bei fast allen Elektroautos angegebenen, relativ geringen Reichweite von etwa 100 bis 150 km, die solche Fahrzeuge (je nach Fahrgeschwindigkeit und Witterungsverhältnissen) maximal zurücklegen können. Damit liegen sie deutlich hinter den klassischen Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen wie auch den mit Gas betriebenen Autos (vgl. VCD 2014). Neueste Modelle wie die Ende 2014 auf den Markt gebrachte Mercedes B-Klasse sollen eine maximale Reichweite von 200 km aufweisen (Specht 2014: 85). Für 2016 hat BMW die Markteinführung eines Elektroautos mit einer Reichweite von 300 km in Aussicht gestellt. Bisher kommt als Serienfahrzeug nur der – eher in der Luxusklasse anzusiedelnde – Sportwagen der Firma Tesla (Model S) mit einer 60-KW-Batterie auf eine Maximalreichweite von 386 km, mit der größeren 85-KW-Batterie sogar auf 485 km.

Derzeit stellt zudem die in Deutschland noch mangelnde Ladeinfrastruktur einschließlich unzureichender Lade- und Abrechnungssysteme einen wesentlichen Engpassfaktor für den weiteren Ausbau der Elektromobilität dar (BMVBS 2011a; BMUB 2015b). Noch immer ist eine Vielzahl unterschiedlicher Betreiber von Ladesäulen mit entsprechend unterschiedlichen Bezahlungssystemen auf dem Markt, was längere Reisen mit mehreren Zwischenhalten zum Aufladen erheblich erschwert. Darüber hinaus sind gerade in weniger dicht besiedelten, ländlichen Räumen öffentlich zugängliche Ladesäulen für Elektroautos bisher noch eher eine Seltenheit. In größeren Städten wiederum sind die Voraussetzungen zur Errichtung privater (Schnell-)Ladestationen deutlich ungünstiger. In bestehenden Geschosswohnungsbauten sind speziell Schnellladestationen aufgrund ihrer technischen Anforderungen nur mit großem Aufwand nachrüstbar (o. V. 2014: 41).

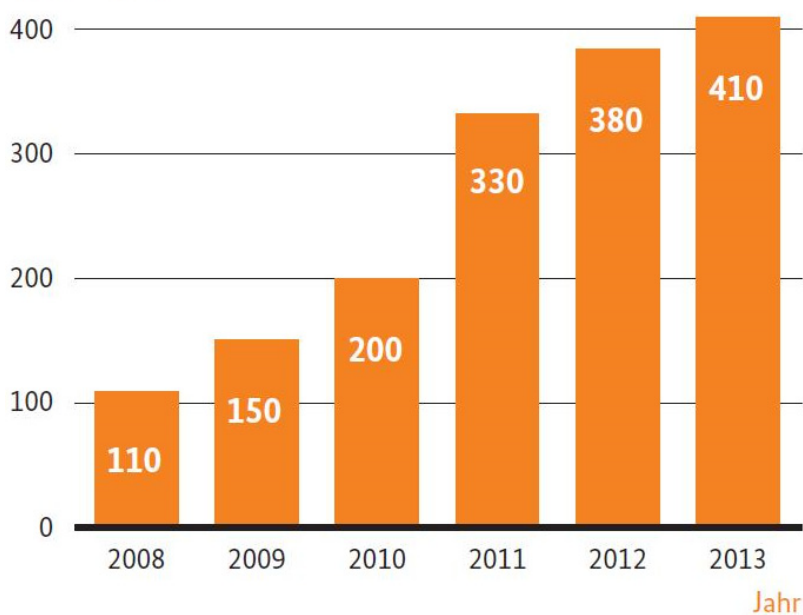
Zur Elektromobilität gehören neben elektrisch betriebenen Autos auch Elektroscooter (meist Elektroroller) und Elektrofahrräder. Während es für Elektroscooter in Deutschland

²⁸ Vgl. <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/> (01.06.2016).

lediglich einen Nischenmarkt gibt, ist die Absatzentwicklung bei Elektrofahrrädern wesentlich erfolgreicher als bei Elektroautos (vgl. Abb. 17). Sogenannte Pedelecs (Pedal Electric Cycles) unterstützen mithilfe eines am Rahmen des Fahrrads befestigten Elektromotors (maximal 250 Watt) und Akkus die Tretleistung des Radfahrenden bis zu einer Geschwindigkeit von 25 km/h. Dies vereinfacht vor allem das Radfahren für ältere Menschen und trägt zu einer Erleichterung des Fahrens in hügeligem Gelände bei. Die sogenannten E-Bikes (auch S-Pedelecs genannt) sind noch leistungsfähiger, können rein elektrisch (ohne Tretleistung) betrieben werden und erreichen höhere Geschwindigkeiten (bis zu 45 km/h), werden deshalb in Deutschland als Kleinkraftfahrzeug eingestuft und unterliegen somit besonderen Nutzungsbedingungen (Kennzeichen-, Versicherungs-, Führerschein- und Helmpflicht). Außerdem werden für solche Elektroräder auch deutlich höhere Preise verlangt, weshalb ihr Marktanteil bisher nur etwa 5 % der Pedelecs erreicht hat.

Als wesentlicher Vorteil der Elektroräder (Pedelecs und E-Bikes; die Begriffe werden häufig auch synonym verwendet) lässt sich die durch den Elektromotor erzielte Kraftersparnis für den Nutzer nennen. In Kombination mit der (etwas oder deutlich) höheren Geschwindigkeit bieten diese Fahrräder auch für etwas längere Strecken eine Alternative zu der Pkw-Nutzung. Jedoch sind auch in diesem Bereich bestehende Gefahren bzw. Risiken zu beachten. Mit den hochpreisigen E-Bikes erreichen auch ungeübtere Radfahrende hohe Geschwindigkeiten und könnten so unter Umständen ein Sicherheitsrisiko darstellen. In diesen Fällen sollte über die grundsätzliche Einführung von „Einführungseminaren“ für die Nutzer nachgedacht werden. In jedem Falle können Elektroräder als Beitrag zu einer umweltfreundlichen, nachhaltigen Mobilität angesehen werden, wenn diese zu einem verstärkten Verzicht auf den Pkw führen. Der Stromverbrauch dieser Räder ist gering und lässt sich mit Strom aus erneuerbaren Energien leicht decken (vgl. UBA 2014a).

Abb. 17: Entwicklung der Absatzzahlen von Elektrofahrrädern in Deutschland (in Tausend Stück)



Quelle: Difu/BMVI (2014: 15)

3.4 Antriebe mit Brennstoffzellen/Wasserstoffstrom

Mit Brennstoffzellen betriebene Fahrzeuge (Fuel Cell Electric Vehicle – FCEV) wandeln Wasserstoff durch die chemische Reaktion mit Sauerstoff direkt zu Strom und Wasser um (vgl. Abb. 18). Der Antrieb arbeitet dabei völlig abgasfrei, aus dem „Auspuff“ tritt lediglich Wasserdampf. Das Prinzip des Wasserstoffs erweist sich demzufolge als sehr umweltfreundlich, allerdings wird er meist aus Erdgas oder durch Elektrolyse hergestellt, wobei Treibhausgase freigesetzt werden.

Abb. 18: Fahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb an Wasserstoff-Tankstelle



Quelle: <http://www.zeit.de/auto/2012-05/batterie-brennstoffzelle-elektroauto> (01.06.2016)

Im Vergleich zu Benzin-, Diesel- oder Erdgasmotoren verfügt der Brennstoffzellenantrieb über einen höheren Wirkungsgrad, was bedeutet, dass ein hoher Anteil der im Kraftstoff gebundenen Energie genutzt werden kann. Somit bietet die Brennstoffzelle auf langfristige Sicht Potenziale für eine umweltschonendere motorisierte Fortbewegung. Allerdings bestehen derzeit noch sehr hohe Kosten für die Erzeugung von Brennstoffzellen und es existieren auch bis dato nur einige wenige Tankstellen, sodass eine serienmäßige Produktion der entsprechenden Fahrzeuge noch ganz in den Anfängen steckt. Der japanische Fahrzeughersteller Toyota, der mit dem Modell „Prius“ Ende 1997 das erste Großserienmodell mit eingebautem Hybridmotor herausbrachte, ist mit dem neuen Modell „Mirai“ im Jahr 2014 wiederum der erste, der ein Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeug in Großserie produziert. Allerdings führen die enormen Kosten von mehr als 70.000 Euro für einen Mittelklassewagen zu einem sehr überschaubaren Absatz.²⁹

Im Vergleich zu rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen besteht ein wesentlicher Nachteil der Brennstoffzellentechnik im hohen Stromverbrauch, der bei der Produktion von Wasserstoff durch Elektrolyse benötigt wird. Nur wenn zusätzlicher („überflüssiger“) regenerativ erzeugter Strom, wahlweise aus Sonne, Wind- oder Wasserkraft, zum Einsatz kommen kann, kann die Technologie der Brennstoffzelle als wirklich umweltfreundlich gelten (vgl. MUELV 2013). Andernfalls würden bei der Herstellung von Wasserstoff große Mengen fossiler Brennstoffe verbraucht und damit einhergehend entsprechende Mengen an Kohlenstoffdioxid und anderen Schadstoffen freigesetzt. Demzufolge ist die Umweltverträglichkeit bzw. -freundlichkeit der Technologie entscheidend von der Art der Wasserstofferzeugung abhängig (vgl. Randelhoff 2014).

²⁹ Vgl. http://www.focus.de/auto/elektroauto/brennstoffzelle-und-wasserstoff-autos-zwischen-wahn-und-wirklichkeit-wird-das-noch-was-mit-der-brennstoffzelle_id_4792765.html (01.06.2016).

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung würden sich die Nutzungsschwerpunkte der Technologie bei einer serienmäßigen Produktion der Fahrzeuge von der Erreichbarkeit der jeweiligen Tankstellen ergeben. Aufgrund ihrer recht großen Reichweiten von etwa 500 km je Tankfüllung würden sich die Fahrzeuge nicht nur in Verdichtungsräumen, sondern auch in ländlichen Regionen zum Einsatz bringen lassen, in denen auch größere Distanzen überwunden werden müssen.

Ob neuere Entwicklungen im Bereich der Energiespeicherung wie zum Beispiel die „Flusszellentechnologie“³⁰ mit einer besonders leistungsfähigen Kombination aus Akkumulator und Brennstoffzelle einen Durchbruch auf dem Markt der Elektromobilität erzielen können, ist zurzeit kaum prognostizierbar. Denn hierbei muss nicht nur die Speichertechnologie zur Serienreife geführt, sondern auch die dazu nötige Ladeinfrastruktur – in Konkurrenz zu anderen Technologien – erst noch aufgebaut werden.

3.5 Hybridantriebe

Hybridfahrzeuge verfügen über einen Antriebsstrang, der aus mindestens zwei unterschiedlichen Energiewandlern (Motoren) und überwiegend auch aus zwei verschiedenen Speichern besteht. Auf diese Weise sollen die positiven Eigenschaften unterschiedlicher Antriebe in einem gemeinsamen Antriebssystem vereint werden. Als Beispiel lassen sich sogenannte Elektro-Hybridfahrzeuge (Hybrid Electric Vehicle – HEV) nennen. Sie kombinieren einen Verbrennungsmotor mit einem Elektromotor und verfügen sowohl über einen Kraftstofftank als auch über einen Speicher für Elektroenergie.³¹

Unterschieden werden bei der Hybridtechnik im Fahrzeugbau Mild-, Voll- und Plug-in-Hybridsysteme. Beim Mild-Hybrid unterstützt der Elektromotor den Verbrennungsmotor zur Leistungssteigerung, das Fahrzeug kann jedoch nicht allein mit dem Elektromotor bewegt werden (bekanntes Modell: Honda Civic Hybrid). Voll-Hybridfahrzeuge sind mit einer höheren Leistung des Elektromotors und entsprechend größerer Batterie in der Lage, auch wenige Kilometer ohne Verbrennungsmotor zu fahren (bisher erfolgreichstes Hybrid-Modell: Toyota Prius Modellreihe III ab 2009). Sowohl beim Mild- als auch beim Vollhybrid wird die Batterie über einen vom Verbrennungsmotor angetriebenen Generator und/oder über eine Bremsenergierückgewinnung (Rekuperation) geladen.

Ist eine Batterieaufladung auch über das Stromnetz mittels eines extern zugeführten Stromkabels „von außen“ möglich, spricht man vom Plug-in-Hybrid (Plug-in-Hybrid Electric Vehicle – PHEV, zum Beispiel das Modell Toyota Prius ab 2011 oder das Modell BMW i8 ab 2014). Bei den Plug-in-Hybriden werden die Reichweiten für das rein elektrische Fahren immer größer. So kommt der BMW i8 mit seinem Plug-in-Hybridsystem und einem Turbo 1,5-Liter-3-Zylinder-Benzinmotor auf eine Leistung von 170 kW (231 PS) mit bis zu 320 Nm Drehmoment und erzielt einen kombinierten Verbrauch von nur 2,1 l/100 km bei einer CO₂-Emission von 49 g/km. Das Auto kann dabei mit einer Geschwindigkeit von bis zu 65 km/h bis maximal 37 km weit rein elektrisch fahren.

Verfügt ein Fahrzeug lediglich über eine Start-Stopp-Automatik und gegebenenfalls zusätzlich über eine Rekuperation zum Laden der Starterbatterie, so wird der vorhandene Elektromotor nur als Startergenerator, nicht aber zum Antrieb des Fahrzeugs einge-

³⁰ Vgl. <http://www.nanoflowcell.com> (01.06.2016).

³¹ Vgl. <http://www.hybrid-infos.de/> (01.06.2016).

setzt, sodass hier ein sogenannter Mikro-Hybrid, jedoch kein hybrider Antriebsstrang gegeben ist.

Im Segment der Vollhybrid-Fahrzeuge sind in den letzten Jahren zahlreiche Modelle gerade auch von deutschen Herstellern auf den Markt gekommen. Am 1. Januar 2016 waren nach Erhebungen des Kraftfahrt-Bundesamts in Deutschland etwa 130.000 Plug-in-Hybridautos angemeldet, gegenüber dem Vorjahr eine Steigerung um 21% (vgl. Abb. 19). Bayern belegt bei den Hybridantrieben mit etwa 23.000 angemeldeten Fahrzeugen hinter Nordrhein-Westfalen mit knapp 25.000 Fahrzeugen einen guten zweiten Platz.

Abb. 19: Pkw-Bestand in Deutschland nach Kraftstoffarten (Stand Januar 2016)

Bestand an Personenkraftwagen in den Jahren 2006 bis 2015 nach ausgewählten Kraftstoffarten							
Jahr (jeweils 1. Januar)	Benzin	Diesel	Flüssiggas (einschließlich bivalent)	Erdgas (einschließlich bivalent)	Elektro	Hybrid	Zum Vergleich: Insgesamt
2006	35.918.697	10.091.290	40.585	30.554	1.931	5.971	46.090.303
2007	35.594.333	10.819.760	98.370	42.759	1.790	11.275	46.569.657
2008 ¹⁾	30.905.204	10.045.903	162.041	50.614	1.436	17.307	41.183.594
2009	30.639.015	10.290.288	306.402	60.744	1.452	22.330	41.321.171
2010	30.449.617	10.817.769	369.430	68.515	1.588	28.862	41.737.627
2011	30.487.578	11.266.644	418.659	71.519	2.307	37.256	42.301.563
2012	30.452.019	11.891.375	456.252	74.853	4.541	47.642	42.927.647
2013	30.206.472	12.578.950	494.777	76.284	7.114	64.995	43.431.124
2014	29.956.296	13.215.190	500.867	79.065	12.156	85.575	43.851.230
2015	29.837.614	13.861.404	494.148	81.423	18.948	107.754	44.403.124

¹⁾ Ab 1. Januar 2008 nur noch angemeldete Fahrzeuge ohne vorübergehende Stilllegungen/Außerbetriebsetzungen.

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (2016: 1)

Der Einsatz von Hybridfahrzeugen soll dazu beitragen, Antriebsenergie einzusparen und damit auch die Produktion von Schadstoffen und Treibhausgasen zu reduzieren. Das System folgt dabei einem recht einfachen Prinzip: Verbrennungsmotoren verfügen bei geringen Leistungen über einen schlechten Wirkungsgrad, elektrische Komponenten hingegen über einen recht guten. Die Idee besteht nun darin, den Verbrennungsmotor immer dann zum Einsatz zu bringen, wenn er einen guten Wirkungsgrad aufweist, sprich wenn viel Kraft benötigt wird, wie beispielsweise beim Beschleunigen und bei hohen Geschwindigkeiten. Wenn hingegen auch eine geringe Leistung ausreicht, arbeitet der Elektromotor effektiver. Auf diese Weise wird neben dem Energie- auch der Kraftstoffverbrauch, vor allem im Stadtverkehr, bei überwiegend geringeren Geschwindigkeiten gesenkt.

Die zu erzielende Reichweite lässt sich in etwa mit derjenigen der klassischen Ottomotoren vergleichen, da der reduzierte Treibstoffverbrauch häufig durch kleinere Benzintanks kompensiert wird. So kann das zusätzliche Gewicht der Batterien mit einem kleineren Tankvolumen etwas ausglich werden. Die Anschaffungskosten liegen derzeit jedoch noch deutlich über denen eines herkömmlichen Diesel- oder Benzinfahrzeuges.

Die Einsatzbereiche von elektrischen Hybridfahrzeugen liegen sowohl in Verdichtungs- als auch in ländlichen Räumen, da aufgrund der großen Reichweiten der Fahrzeu-

ge auch längere Strecken zurückgelegt werden können und das vorhandene flächendeckende Tankstellennetz auch für solche Fahrzeuge genutzt werden kann. Hinsichtlich der größeren Einsparungsvorteile von Energie und Kraftstoff ergeben sich wohl deutlichere Vorteile für verdichtete Räume, in denen überwiegend kurze Strecken mit einem geringeren Energieaufwand zurückgelegt werden, als dies in ländlichen Bereichen der Fall ist. Bei einem Einsatz von Fahrzeugen überwiegend im Langstreckenbereich sind Autos mit verbrauchsarmen Dieselmotoren nach wie vor wirtschaftlicher als Hybridfahrzeuge mit Benzinmotoren. Nur die in der Anschaffung noch teureren Diesel-Hybrid-Motoren zeigen noch günstigere Verbrauchswerte.

4 Ausblick auf zukünftige Entwicklungen

Die zukünftige Mobilitätsentwicklung hängt von vielen Faktoren ab und kann an dieser Stelle nicht umfassend diskutiert werden. Für die Raumforschung und Raumplanung ist der Zusammenhang mit der Entwicklung der Bevölkerungs-, Siedlungs- und Infrastruktur einerseits (vgl. z.B. Oeltze/Wauer/Schwarzlose et al. 2006; Schürmann/Spiekermann 2011) und den Anforderungen an den Umweltschutz – speziell Ressourcen- und Klimaschutz – andererseits im Sinne des Leitbilds der nachhaltigen Raumentwicklung besonders wichtig. Darüber hinaus wird in den letzten Jahren der Einfluss technologischer Innovationen wie im Bereich der Elektromobilität, vor allem aber auch der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien immer deutlicher. Die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie zeigt dabei nicht nur direkte Auswirkungen auf die Mobilitätsformen und -technologien (z.B. im Bereich der Fahrzeugtechnik und Verkehrssteuerung), sondern auch vielfältige indirekte Einflüsse im Bereich des Mobilitätsverhaltens (z.B. Inter- und Multimodalität, Nutzung von Car- und Bikesharing-Systemen).

Entwicklung der Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturen

Die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland ist bekanntlich trotz internationaler Wanderungsbewegungen und damit Zuzüge von außen insgesamt aufgrund einer erheblich negativen natürlichen Entwicklung (Saldo von Geburten- und Sterberaten) seit Längerem rückläufig (vgl. Schlömer/Bucher/Hoymann 2015). Der demografische Wandel vollzieht sich allerdings in den Ländern bzw. verschiedenen Strukturräumen ganz unterschiedlich. Für Bayern ergibt eine auf dem Zensus 2011 beruhende, aktualisierte Bevölkerungsprognose eine weitere Zunahme der Bevölkerung auf 12,94 Mio. bis 2023 und danach eine weitgehende Stabilisierung der Werte bis 2032. Im Vergleich zu diesem knapp dreiprozentigen Bevölkerungswachstum in Bayern geht die Bevölkerung im Bundesgebiet insgesamt gemäß der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes um gut 5 Prozentpunkte zurück (Bayerisches Landesamt für Statistik 2014: 5). Neben dem Bevölkerungswachstum in den prosperierenden Räumen gibt es aber auch in Bayern sogenannte Schrumpfsregionen, dies sind im Wesentlichen strukturschwache ländliche Räume (zur Entwicklung der ländlichen Räume in Bayern vgl. StMELF 2014a; StMELF 2014b sowie StMFLH 2014a; StMFLH 2014b).

Trotz des für Bayern geschätzten positiven Wanderungssaldos von durchschnittlich etwa 50.000 Personen pro Jahr führt die demografische Entwicklung insgesamt zu einer weiteren Alterung der Gesellschaft. So steigt in diesem Zeitraum in Bayern der Anteil der über 65-Jährigen um 39% auf rund 3,4 Millionen (Bayerisches Landesamt für Statistik 2014: 18). Wie das Beispiel des Landkreises München zeigt, werden als Reaktion auf diese Entwicklung die Angebote an Fahrdiensten für ältere, insbesondere auch gehbehin-

derte Menschen in den Gemeinden immer mehr ausgedehnt. Damit wird den älteren Menschen ermöglicht, Arztbesuche und Einkäufe zu erledigen oder Freizeitaktivitäten durchzuführen und so am gesellschaftlichen Leben teilzuhaben. Auch die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und deren schrittweiser Ausbau hin zum automatisierten Fahren geschieht nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund wachsender Nachfrage aufgrund der älter werdenden automobilen Gesellschaft.

In den Wachstumsregionen lässt die zunehmende Zahl an Einwohnern und Arbeitsplätzen nicht nur den Ausbau der öffentlichen Verkehrsinfrastruktur notwendig werden, sondern erhöht auch die Chancen für neue Mobilitätsformen wie insbesondere das Carsharing, mit dem die Kunden zum Beispiel teure private Stellplätze einsparen können. Neue Mobilitätstechnologien wie die Elektromobilität bieten Chancen, die problematischen Schadstoffimmissionen in den größeren Städten zu senken. In den ländlichen Räumen können alternative Formen des ÖPNV mithilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien erfolgreich eingesetzt, aber auch andere Formen zur Gewährleistung der Mobilität wie Fahrgemeinschaften oder privates Carsharing verstärkt genutzt werden.

Entwicklung der Versorgungsstrukturen

In den ländlichen Räumen ist die Mobilitätsentwicklung neben dem Bereich der Pendlerverflechtungen insbesondere auch mit der Entwicklung der Versorgungsstruktur des Einzelhandels verknüpft. Nach Angaben des Eurohandelsinstituts (EHI) sank zwischen 1966 und 2013 die Zahl der Läden zur Versorgung mit dem täglichen Bedarf von rund 150.000 auf 38.600 Verkaufsstellen und damit um fast 75 % (Bundesregierung 2015b: 3). Eine Erreichbarkeitsanalyse des Thünen-Instituts für Ländliche Räume kommt zu dem Schluss, dass etwa die Hälfte der Deutschen den nächsten Lebensmittelmarkt fußläufig erreichen kann, in ländlichen Kreisen gelte dies aber nur für ein Drittel der Bevölkerung (Bundesregierung 2015b: 3).

Der konstatierten Verschlechterung der Erreichbarkeit der Versorgungseinrichtungen in ländlichen Räumen wird zwar mit mobilen Geschäften zur Grundversorgung (fahrender Bäcker etc.) entgegengewirkt, dennoch gestaltet sich die Versorgungssituation in ländlichen Räumen – nicht nur beim Einzelhandel, sondern auch bei Dienstleistungen wie dem Gesundheitswesen – zunehmend schwierig und trägt zu einem Anwachsen der erzwungenen Mobilität bzw. einer Benachteiligung immobiler Bevölkerungskreise bei. Im Rahmen der Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) „Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge“ wurden in den letzten Jahren bereits vielfältige Strategien entwickelt und Ansätze erprobt, um den entsprechenden Herausforderungen in den strukturschwachen ländlichen Räumen zu begegnen (vgl. Kaether 2014; BMVI 2015). Mit dem neuen Modellvorhaben „Langfristige Sicherung von Versorgung und Mobilität in ländlichen Räumen“ konnten das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur und das BBSR 18 Modellregionen gewinnen, die ab 2016 innovative Konzepte erarbeiten und umsetzen, um damit sowohl die Daseinsvorsorge und Nahversorgung als auch die Mobilität in ländlichen Räumen gewährleisten zu können.

Der stark ansteigende Onlinehandel wird sicherlich die defizitären Strukturen im Bereich von Versorgung und Dienstleistungen in ländlichen Räumen in Teilen kompensieren können, schafft allerdings mit den Lieferdiensten zusätzliche Verkehrsströme. Wie diese Entwicklung in der verkehrlichen Gesamtbilanz abschneiden wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab (z.B. Fahrzeugflotte, Routenoptimierung, zeitliche Bündelung

der Warenauslieferung, Kosten für den Warenumtausch) und ist noch in vertiefenden Studien zu untersuchen.

Die Entwicklung der Bevölkerungs-, Siedlungs- und Versorgungsstruktur wird insgesamt in den Wachstumsräumen zu einer deutlich höheren Verkehrsnachfrage bzw. zu höheren Verkehrsleistungen führen, die im Sinne des Nachhaltigkeitsprinzips vorrangig über die Verkehrsträger des Umweltverbunds aufzunehmen sind. In den Stagnations- und Schrumpfräumen wird das Verkehrsaufkommen allenfalls leicht abnehmen und die Herausforderung einer nachhaltigen Raum- und Mobilitätsentwicklung wird darin liegen, allen Bevölkerungskreisen im Sinne gleichwertiger Lebensbedingungen und Sicherung der Daseinsvorsorge die notwendige Mobilität mit einem umweltfreundlicheren Individualverkehr und flexiblen, nachfrageorientierten Systemen des öffentlichen Verkehrs zu ermöglichen.

Anforderungen des Ressourcen- und Klimaschutzes

Eine nachhaltige Entwicklung von Verkehr und Mobilität, insbesondere auch im Hinblick auf den Ressourcen- und Klimaschutz, ist nicht nur eine wichtige Zielsetzung der Europäischen Kommission (EU-Kommission Generaldirektion Mobilität und Verkehr 2011), sondern wesentlicher Baustein der Nachhaltigkeitsstrategie der deutschen Bundesregierung (Bundesregierung 2002; Bundesregierung 2012) sowie entsprechender Strategien der Länder (für Bayern: Bayerische Staatsregierung 2013). Neben den Nachhaltigkeitsstrategien sind von Bund und Ländern zahlreiche weitere Programme mit direkter oder indirekter Bedeutung für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung aufgestellt worden (vgl. den Beitrag von Wappelhorst in diesem Band).

Der Klimaschutz ist – auch im Sektor Verkehr – im direkten Zusammenhang mit der Energiewende zu sehen: „Es ist wichtig, dass im Verkehrssektor die Treibhausgasemissionen und die Risiken in Verbindung mit der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen verringert werden. Der Europäische Rat ersucht die Kommission daher, auch nach 2020 weitere Instrumente und Maßnahmen für ein umfassendes und technologieneutrales Konzept zu prüfen, mit dem die Emissionsreduktion und die Energieeffizienz im Verkehrssektor, der Elektroverkehr und erneuerbare Energiequellen im Verkehrssektor gefördert werden“ (Europäischer Rat 2014: 5).

Der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor kann vor allem über den Ausbau der Elektromobilität erreicht werden (Bundesregierung 2014c: 20 ff.), was natürlich eine konsequente Fortführung der Energiewende notwendig macht. Flächen- und Leistungspotenziale für eine möglichst dezentrale Gewinnung und Bereitstellung erneuerbarer Energien sind vor allem im Bereich der Windkraftnutzung vorhanden (UBA 2013), werden jedoch in Bayern unter anderem durch die hier eingeführte „10H-Regelung“ sehr stark begrenzt (zum Stand der Energiewende in Bayern vgl. StMWI 2015). Eine aktuelle, unter Berücksichtigung von ökologischen, ökonomischen, technischen, infrastrukturellen und systemischen Faktoren durchgeführte Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes kommt zu dem Schluss, dass die direkte Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonne oder Wind die treibhausgasärmste und kostengünstigste Option insbesondere für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge oder Verteiler-Lkw darstellt. In anderen Verkehrsbereichen wie der Seeschifffahrt und kommerziellen Luftfahrt bieten sich gasförmige (Power-to-Gas) und flüssige (Power-to-Liquid) Kraftstoffe an, die mittels Ökostrom aus Wasser und Kohlendioxid gewonnen werden können (UBA 2014c; UBA 2015c). Schließlich müssen auch für schwere Nutzfahrzeuge entsprechende Strategien entwickelt werden (UBA 2015a).

Da der Strombedarf trotz Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienz aufgrund zunehmender Stromanwendungen, wie nicht zuletzt bei der Elektromobilität, voraussichtlich konstant bleiben wird (in Bayern ca. 85 Mrd. Kilowattstunden/Jahr, vgl. Bayerische Staatsregierung/StMUG 2013: 23), ist der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien zur Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung also besonders wichtig. Insgesamt gelten die Potenziale bezüglich Klimaschutz und nachhaltiger Energienutzung im Verkehrssektor als beträchtlich und längst noch nicht ausreichend genutzt (VCÖ 2015).

Im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung ist vorgesehen, die im Juni 2013 beschlossene Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie als ein wichtiges Umsetzungsinstrument für die Energiewende im Verkehr im Sinne der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie fortzusetzen. Bislang gibt die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie einen Überblick über Technologien sowie Energie- und Kraftstoffoptionen der verschiedenen Verkehrsträger. Die EU-Richtlinie „Clean Power for Transport“ verpflichtet nunmehr dazu, bis Ende 2016 nationale Strategiepläne zu entwickeln, mit denen der Aufbau einer Tank- und Ladeinfrastruktur für alternative Kraftstoffe vorangebracht werden soll (BMUB 2014c: 46).

Die politischen Zielsetzungen, Strategien und Programme zum Klimaschutz und zur Energiewende im Verkehrssektor weisen sowohl auf EU- als auch Bundes- und Länderebene auf eine zukünftige Verstärkung der Anforderungen an eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung hin, sind jedoch grundsätzlich technologieoffen. Damit muss gegenwärtig offenbleiben, welche der zuvor behandelten Antriebstechnologien sich in Verbindung mit den entsprechenden Energiesystemen in welchem Umfang auf dem Markt werden durchsetzen können.

Ein gegenüber der Energiewende zuletzt eher vernachlässigtes Feld des Ressourcenschutzes ist das Ziel, die Flächenneuanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke auf 30 ha/Tag im Jahr 2020 (in den Jahren 2009–2012 lag der Wert bei 74 ha/Tag) zu reduzieren. Dieses bereits seit vielen Jahren von verschiedenen Bundesregierungen gesetzte Ziel kann als zentrales quantifiziertes Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie des Bundes betrachtet werden. Was den Flächenverbrauch für den Verkehr angeht, ist nach etlichen Jahren mit einem stabilen Niveau von 22–24 ha/Tag in letzter Zeit eine deutliche Abnahme dieser Flächenverbrauchsrate festzustellen (Goetzke/Schlump/Hoymann et al. 2014: 3). Dieser möglicherweise andauernde Trend kann einerseits auf ein abklingendes Siedlungsflächenwachstum mit zurückgehendem verkehrlichem Erschließungsaufwand und andererseits auf eine Umorientierung der staatlichen Investitionen im Fernstraßenbau hin zu mehr Erhaltungsaufwendungen zurückgeführt werden (Goetzke/Schlump/Hoymann et al. 2014: 3).

Neue bzw. in ihrer Attraktivität neu etablierte, alternative Mobilitätsformen können unter bestimmten Rahmenbedingungen zu einer Reduzierung des Flächenbedarfs für die verkehrliche Mobilität beitragen. Eine Veränderung des Modal Split in Richtung Verkehrsträger des Umweltverbunds, ob durch flexible Angebote des ÖPNV oder Steigerung des Rad- und Fußverkehrs, reduziert den Flächenbedarf, da der spezifische Flächenbedarf pro Personenkilometer bei Bussen und Bahnen, aber auch beim Rad- und Fußverkehr deutlich geringer als beim motorisierten Individualverkehr ist.

Für die Entwicklung des Carsharings ist eine ambivalente Einschätzung zu geben: Einerseits werden höhere Werte der Verkehrsleistung (Personenkilometer/Fahrzeug) erzielt bzw. erwartet, sodass weniger Fahrzeuge und damit weniger Stellfläche benötigt werden. Andererseits kann die Zunahme des Carsharings zu einer abnehmenden Auslastung des ÖPNV führen, wobei der ÖPNV pro Personenkilometer einen geringeren Flächenbedarf für die Verkehrsinfrastruktur als der motorisierte Individualverkehr hat. Aktu-

elle Studien zeigen auf, dass beim klassischen, stationsgebundenen Carsharing die für den ÖPNV positiven Synergieeffekte überwiegen, jedoch beim sich stärker ausbreitenden Free-Floating-Carsharing der ÖPNV tatsächlich Fahrten verliert. Dies ist für die Verkehrsverbünde in den betroffenen Verdichtungsräumen wie München nicht unerheblich, wobei die zunehmende Nutzung des Fahrrads vergleichsweise noch ein deutlich größeres Verlustpotenzial für den ÖPNV darstellt (MVV 2015: 24 f.).

Technologische Entwicklungen im Bau- und Verkehrswesen

Es ist davon auszugehen, dass die Zahl der Elektrofahrzeuge wie auch die dezentrale erneuerbare Stromerzeugung, speziell die Energiegewinnung an und in Gebäuden, weiter zunehmen wird. Die Bundesregierung unterstützt im Rahmen der „Forschungsinitiative Zukunft Bau“ unter anderem entsprechende Demonstrationsvorhaben, bei denen Plusenergiehäuser und Elektromobilität verknüpft werden (BMUB 2015a: 69). Erste Modellgebäude („Effizienzhaus Plus“) mit Stromspeicher und Ladestation für Elektroautos sind bereits zu besichtigen. Im Projekt „3E MFH“ wird dieses Zusammenspiel sogar erstmals im Mehrfamilienhaus mit einer größeren Zahl von Wohnparteien erprobt. Dazu werden für Strom- und Wärmeerzeugung Mini-Blockheizkraftwerke und Photovoltaikanlagen kombiniert und zusätzlich zur Fahrzeugbatterie ein stationärer Batteriespeicher installiert. Dieses Gesamtsystem soll in die Energiehandelsmärkte eingebunden werden („SchwarmStrom“), um den überschüssigen Strom vermarkten zu können (BMUB 2014b). Dieses Konzept setzt eine intelligente Haustechnik im Wohngebäude (Smart Grid) voraus. Eine Studie der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Deloitte geht davon aus, dass in Deutschland bis 2020 eine Million solcher „smart homes“ existieren werden (Deloitte Consulting 2015: 3). Letztlich ist dies auch ein wesentlicher Baustein zukünftiger „Smart Cities“ (vgl. Jakubowski 2014), welche mit ihren intelligenten und effizienten, vernetzten Strukturen große Chancen für eine nachhaltige Stadtentwicklung bergen.

Bevor jedoch die vollständig elektrisch angetriebenen Fahrzeuge die Oberhand auf unseren Straßen gewinnen, werden vermutlich noch für längere Zeit Autos mit Hybridantrieben als „Zwischentechnologie“ die Märkte erobern. Wann die erwartete „Vorherrschaft“ dieser Zwischentechnologie wiederum durch die rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge abgelöst wird, ist schwer einzuschätzen. Einerseits wird die Entwicklung von der Schaffung möglicher, derzeit diskutierter steuer- und baurechtlicher Anreize für die Elektromobilität abhängen. Andererseits wird es auf die weitere technologische Entwicklung der Energiespeicher und damit die Reichweite von Elektrofahrzeugen ankommen. Schließlich stellt sich auch die Frage, welche Rolle alternative Antriebe mit strombasierten Kraftstoffen (Power-to-Gas/Wasserstoff, Power-to-Liquid) in Zukunft spielen können. Es deutet vieles darauf hin, dass sich trotz der politischen Zielvorgaben in Richtung Elektromobilität auch auf längere Sicht ein Nebeneinander von herkömmlichen Antriebstechnologien mit fossilen Energieträgern, Hybridtechnologien und reinen Elektroantrieben einstellen wird.

Die parallel verlaufende dynamische Entwicklung im Bereich des assistierten und automatisierten Fahrens könnte auch einen zusätzlichen Impuls für die Elektromobilität geben. Denn Global Player im IT-Bereich wie Google und Apple sehen eine Möglichkeit, nicht nur in das Geschäft mit der Autoelektronik stärker einzusteigen, sondern gleich die komplette Herstellung von selbstfahrenden Elektromobilen in die Hand zu nehmen (Bernau 2015: 20). Der zurzeit intensivierte Ausbau der digitalen Infrastruktur, speziell der mobilen Breitbandnetze (Bund: „Digitale Agenda 2014–2017“, Freistaat Bayern: „Bayern digital“ und „Bayerische Breitband-Initiative“; vgl. Bundesregierung 2014a; Deutscher

Bundestag 2014; StMWI 2015) ist erforderlich, um neue Technologien wie insbesondere das automatisierte Fahren zum flächendeckenden Einsatz bringen zu können. Gleichzeitig werden damit aber auch die Möglichkeiten intelligenter Systeme für flexible ÖPNV-Angebote, eine multimodale Mobilität wie auch für die Elektromobilität (Stichwort „Lademanagement“) erweitert.

Die zukünftige verstärkte Nutzung leistungsfähiger mobiler Dateninfrastrukturen in Verbindung mit dem im Aufbau befindlichen europäischen Satellitennavigationssystem Galileo hat das Potenzial, zu einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung erheblich beizutragen. Denn damit lässt sich nicht nur die Straßenverkehrssicherheit, sondern auch die Straßenverkehrseffizienz mit intelligenten Verkehrssystemen und automatisiertem Fahren verbessern. Schnittstellen zwischen den Verkehrsträgern im Sinne einer nahtlosen Reisekette „von Tür zu Tür“ können damit weiter optimiert werden (Bundesregierung 2014c: 11). Ob bei dieser Infrastrukturentwicklung die ländlichen Räume – wie bei der allgemeinen Breitbandversorgung – wieder ins Hintertreffen geraten und erst mit einiger Verzögerung Anschluss an die Verdichtungsräume finden, wird davon abhängen, ob die diesbezüglich nötigen staatlichen Förderungen für die ländlichen Räume zeitnah erfolgen.

Entwicklung des Mobilitätsverhaltens

Als weiterer, wesentlicher Trend der Mobilitätsentwicklung ist die zunehmende Vernetzung der Verkehrsträger und Verkehrsangebote anzusprechen („Intermodalität“). Zukünftig wird das bisher dominierende Verhalten „Verkehrsteilnehmer fährt mit dem eigenen Auto von A nach B“ immer mehr abgelöst durch Reisen, bei denen verschiedene Verkehrsmittel kombiniert werden, mit denen man das Ziel am schnellsten, am günstigsten und am komfortabelsten erreichen kann. Die Verkehrsmittelvielfalt wird entsprechend weiter zunehmen („Multimodalität“), sodass ein individuell bedarfsgerechter Verkehrsmittelmix die Regel wird, der sich des Pkws ebenso bedient wie des Fahrrads oder des ÖPNVs (Munzinger 2014: 32 f.). Dieser Trend geht einher mit einem zunehmenden Autoverzicht, insbesondere bei der jüngeren urbanen Bevölkerung, der durch den Ausbau der Carsharing-Angebote, aber auch durch einen leistungsfähigen ÖPNV und ein attraktives Radwegenetz gestützt wird. Würden Ansätze zur stringenteren Lenkung der Mobilitätsnachfrage mittels „Mobility Pricing“, insbesondere durch die City-Maut, auch in den Ballungsräumen Deutschlands zur Anwendung kommen, könnte dies den Umweltverbund im städtischen Verkehr erheblich stärken und damit zu einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung in den urbanen Räumen beitragen.

Um nicht nur die Verkehrsinfrastrukturen in Richtung einer nachhaltigen Mobilität weiterzuentwickeln, sondern auch das Verkehrsverhalten positiv zu beeinflussen, ist die Etablierung einer über die herkömmliche Verkehrsplanung hinausgehenden, auf Nachhaltigkeit ausgerichteten, ganzheitlichen Mobilitätsplanung erforderlich. Entsprechende Ansätze auf kommunaler Ebene werden seit einiger Zeit von der Europäischen Kommission unter der Marke „Sustainable Urban Mobility Plan“ (SUMP) gefördert (vgl. Wefering/Rupprecht/Bührmann et al. 2014) und auf regionaler Ebene im Rahmen des EU-Programms „Alpine Space“ in dem Projekt PUMAS („Planning sustainable regional-Urban Mobility in the Alpine Space“) erprobt.³² Raumordnung und Regionalentwicklung sollten dieses Aufgabenfeld nicht der „Fachplanung Verkehr“ überlassen, sondern bei der regio-

³² Vgl. <http://www.pumasproject.eu/> (02.06.2016).

nalen Mobilitätsplanung im Sinne einer integrierten, nachhaltigen Entwicklungsplanung eine führende, zumindest aber eine koordinierende Rolle einnehmen.

Literatur

- Aberle, C.; Werbeck, I. (2013): Komfortabel, vernetzt, klimafreundlich: Online-Mobilitätsangebote als Instrumente einer Nachhaltigen Entwicklung? Studie in Auftrag des Rates für Nachhaltige Entwicklung. Berlin.
- ADFC Regensburg – Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club Regensburg (2013): Lebensqualität sichern – Mobilität gestalten. Ein verkehrspolitisches Programm für Regensburg. Regensburg.
- ARE – Bundesamt für Raumentwicklung (CH) (Hrsg.) (2013): Abstimmung von Siedlung und Verkehr. Diskussionsbeitrag zur künftigen Entwicklung von Siedlung und Verkehr in der Schweiz – Schlussbericht. Bern.
- ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2011): Postfossile Mobilität und Raumentwicklung. Hannover. = Positionspapier aus der ARL 89.
- ARL-LAG – Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Landesarbeitsgemeinschaft Bremen/Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein (2014): Stärkung der Innenstädte und Ortskerne. Initiativen und Instrumente aus der Praxis für die Praxis. Hannover.
- Bayerische Staatsregierung (2013): Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie. München.
- Bayerische Staatsregierung; StMUG – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013): Klimaschutz Bayern 2020. München.
- Bayerischer Landtag (2015a): Carsharing. Schriftliche Anfrage und Antwort im Bayerischen Landtag. München.
http://www.bayern.landtag.de/ElanTextAblage_WPI7/Drucksachen/Schriftliche_Anfragen/17_0004519.pdf (30.05.2016).
- Bayerischer Landtag (2015b): Radeln in Bayern – Radschnellwege definieren und in Ballungsräumen umsetzen! Beschluss des Bayerischen Landtags. Drs. 17/6886 vom 10. Juni 2015. München.
- Bayerisches Landesamt für Statistik (2014): Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2032. München. = Beiträge zur Statistik Bayerns 546.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2014): Leistungsbeschreibung. Forschungsprogramm Zukunft Bau. Forschungsprojekt: Untersuchung von Stellplatzsatzungen und Empfehlungen für Kostensenkungen unter Beachtung moderner Mobilitätskonzepte. Bonn.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2015): Neue Mobilitätsformen, Mobilitätsstationen und Stadtgestalt. Bonn.
- Bernau, V. (2015): Projekt iCar. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 36 vom 16. Februar 2015, 20.
- Bertelsmann Stiftung (2014): Nachhaltigkeitsstrategien erfolgreich entwickeln. Strategien für eine nachhaltige Zukunft in Deutschland, Europa und der Welt. Gütersloh.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014a): Erneuerbar mobil. Marktfähige Lösungen für eine klimafreundliche Elektromobilität. Berlin.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014b): Wege zum Effizienzhaus Plus. Berlin.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014c): Aktionsprogramm Klimaschutz 2020. Kabinettsbeschluss vom 3. Dezember 2014. Berlin.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015a): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Berlin.

- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015b): Elektromobilität: Weiterer Marktaufbau für E-Fahrzeuge. Gemeinsame Pressemitteilung mit der Bundesregierung, PM Nr. 138/15 vom 15.06.2015. Berlin.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011a): Elektromobilität in Deutschland. Praxisleitfaden. Aufbau einer öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für Genehmigungsbehörden und Antragsteller. Berlin.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011b): Elektromobilität – Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter. Berlin.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2009a): Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV. Ein Beitrag zur Sicherung der Daseinsvorsorge in nachfrageschwachen Räumen. Berlin/Bonn.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2009b): Mobilitätskonzepte zur Sicherung der Daseinsvorsorge in nachfrageschwachen Räumen. Bonn. = BBSR-Online-Publikation 10/2009.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2015): Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge. Projektassistenz Umsetzungsphase. Berlin. = BMVI-Online-Publikation 04/2015.
- Bracher, T.; Gies, J.; Thiemann-Linden, J. (2014): Umweltverträglicher Verkehr 2050: Argumente für eine Mobilitätsstrategie für Deutschland. Dessau. = UBA Texte 59/2014.
- Brill, K. (2014): Die Kraft der kleinen Orte. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 250 vom 30.10.2014, 5.
- Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin.
- Bundesregierung (2011): Regierungsprogramm Elektromobilität. Berlin.
- Bundesregierung (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Fortschrittsbericht 2012. Berlin.
- Bundesregierung (2013): Zukunft der Mobilität – Entwicklung der Mobilitätsforschung des Bundes, Antwort auf eine kleine Anfrage im Bundestag. BT-Drs. 17/12119 vom 18.01.2013. Berlin.
- Bundesregierung (2014a): Digitale Agenda 2014 bis 2017. BT-Drs. 18/2390 vom 25.08.2014. Berlin.
- Bundesregierung (2014b): Entwurf eines Gesetzes zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge (Elektromobilitätsgesetz – EmoG) vom 24. September 2014. Berlin.
- Bundesregierung (2014c): Erster Fortschrittsbericht Energiewende. BT-Drs. 18/3487 vom 8.12.2014. Berlin.
- Bundesregierung (2014d): Regierungsprogramm Elektromobilität – Bislang umgesetzte Maßnahmen. Berlin.
- Bundesregierung (2015a): Entwurf eines Gesetzes zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (IT-Sicherheitsgesetz). BT-Drs. 18/4096 vom 25.02.2015. Berlin.
- Bundesregierung (2015b): Sicherung ländlicher Nahversorgung. Antwort auf eine Kleine Anfrage im Bundestag. BT-Drs. 18/3950 vom 05.02.2015. Berlin.
- Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Hansestadt Bremen (2012): Bericht der Verwaltung: Umsetzung des Car-Sharing Aktionsplans. 4. Januar 2012, Bremen.
<http://mobilpunkt-bremen.de/> (11.04.2014).
- Deutscher Bundestag (2014): Antrag: Moderne Netze für ein modernes Land – Schnelles Internet für alle. BT-Drs. 18/1973 vom 02.07.2014. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2015): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015. Unterrichtung durch die Bundesregierung. BT-Drs. 18/4310 vom 11.03.2015. Berlin.
- Deloitte Consulting (2015): Ready for Takeoff? Smart Home aus Konsumentensicht.
<http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/technology-media-telecommunications/Smart%20Home%20Consumer%20Survey%20Text%2020150701.pdf> (11.11.2015).

- DIE WELT (2014): Deutsche Fahrradverleihsysteme überzeugen im ADAC-Test. Berlin.
<http://www.welt.de/newsticker/news3/article108268091/Deutsche-Fahrradverleihsysteme-ueberzeugen-im-ADAC-Test.html> (30.05.2016).
- Difu – Deutsches Institut für Urbanistik (2015): Elektromobilität in Kommunen – ein Stimmungsbild. Ergebnisse der DIfU-Städtebefragung 2014. Berlin.
- Difu – Deutsches Institut für Urbanistik; BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014): Radverkehr in Deutschland. Zahlen, Daten, Fakten. Berlin.
- DStGB – Deutscher Städte- und Gemeindebund (2014): Förderung des Radverkehrs in Städten und Gemeinden. Berlin.
<http://edoc.difu.de/edoc.php?id=TJ2R9O40> (31.12.2014).
- EU-Kommission Generaldirektion Mobilität und Verkehr (2011): Weißbuch zum Verkehr. Luxemburg.
- Europäischer Rat (2014): Tagung des Europäischen Rates (23./24. Oktober 2014) Schlussfolgerungen zum Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030. Brüssel.
http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/de/ec/145377.pdf (02.06.2016).
- Frick, K.; Höchli, B. (2014): Die Zukunft der vernetzten Gesellschaft. Neue Spielregeln, neue Spielmacher. Rüschlikon/Zürich.
- Fromm, T. (2014): Schneller als das Recht erlaubt. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 275 vom 29.11.2014, 28.
- Gertz, C.; Stein, A. (Hrsg.) (2004): Raum und Verkehr gestalten. Festschrift für Eckhard Kutter. Berlin.
- Goetzke, R.; Schlump, C.; Hoymann, J.; Beckmann, G.; Dosch, F. (2014): Flächenverbrauch, Flächenpotenziale und Trends 2030. Bonn. = BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2014.
- Grzanna, M. (2015): Digitaler Drahtseilakt. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 118 vom 26.05.2015, 20.
- Hefter, T.; Götz, K. (2013): Mobilität älterer Menschen. State of the Art und Schlussfolgerungen für das Projekt COMPAGNO. Frankfurt am Main. = ISOE-Diskussionspapiere 36.
- Hirschl, B.; Dietz, K.; Vogelpohl, T.; Dunkelberg, E.; Backhouse, M.; Herrmann, R.; Brüntrup, M. (Hrsg.) (2014): Biokraftstoffe zwischen Sackgasse und Energiewende. Sozial-ökologische und transnationale Perspektiven. München.
- Jakubowski, P. (2014): Auf dem Weg zu Smart Cities. Stadtzukünfte mit neuen Technologien. Bonn. = BBSR-Analysen KOMPAKT 04/2014.
- Kaether, J. (2014): Das Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge – ein wichtiger Orientierungspunkt für die Entwicklung einer Demografiestrategie. In: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.): Vom demografischen Wandel besonders betroffene Regionen. Ein wichtiges Thema im Kontext der Demografiestrategie. Bonn, 112-120. = BBSR-Online-Publikation 11/2014.
- Kagermeier, A. (1997): Siedlungsstruktur und Verkehrsmobilität – Eine empirische Untersuchung am Beispiel von Südbayern. Dortmund. = Verkehr Spezial 3.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2015): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2015. Pressemitteilung Nr. 5/2015, Berlin.
http://www.kba.de/ShaaredDocs/Pressemitteilungen/DE/2015/pm_05_15_Bestand_01_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (31.05.2016).
- Kraftfahrt-Bundesamt (2016): Bestand an Pkw am 1. Januar 2016 nach ausgewählten Kraftstoffarten. Berlin.
http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2016_b_umwelt_dusl.html?nn=663524 (31.05.2016).
- Lenz, B. (2011): Verkehrsrelevante Wechselwirkungen zwischen Mobilitätsverhalten und Nutzung von IuK-Technologien. In: Informationen zur Raumentwicklung 10/11, 609-618.
- MIL – Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (2013): „Aktiv und mobil“ – Leitfaden zur Mobilität älterer Menschen. Potsdam.

- MUELV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2013): Wasserstoff aus Windenergie. Ein Speichermedium mit vielen Anwendungsmöglichkeiten. Wiesbaden.
- Munzinger, T. (2014): Demografischer Wandel: Handlungsbedarfe in den Kommunen – politische Strategien. In: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.): Vom demografischen Wandel besonders betroffene Regionen. Ein wichtiges Thema im Kontext der Demografiestrategie. Bonn, 32-38. = BBSR-Online-Publikation 11/2014.
- MVV – Münchner Verkehrs- und Tarifverbund (2015): Verbundbericht 2014. München.
- NPE – Nationale Plattform Elektromobilität (2014): Fortschrittsbericht 2014. Bilanz der Marktvorbereitung. Berlin.
- o.V. (2014): Angeschlossen – Manche Bauträger installieren Stellplätze für Elektroautos. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 256 vom 07.11.2014, 41.
- Öko-Institut; ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung; car2go (2014): Flexibles Carsharing: Elektrofahrzeuge positiv bewertet. Gemeinsame Pressemitteilung vom 3. Juli 2014. Freiburg/Berlin/Frankfurt am Main.
- Oeltze, S.; Wauer, S.; Schwarzlose, I.; Bracher, T.; Eichmann, V.; Ludwig, U.; Dreger, C. (2006): Szenarien zur Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Magdeburg, Berlin, Halle.
- Randelhoff, M. (2014): Wie funktioniert ein Brennstoffzellenfahrzeug? Dresden.
<http://www.zukunft-mobilitaet.net/77641/zukunft-des-automobils/elektromobilitaet/wie-funktioniert-ein-brennstoffzellenfahrzeug-technik-kritik-bewertung/> (01.06.2016).
- Ross, A. (2012): Bei Anruf Bus. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 284 vom 08.12.2012, R21.
- RP-Energie-Lexikon (2014): Erdgasfahrzeug. Bad Dürkheim.
<http://www.energie-lexikon.info/erdgasfahrzeug.html> (31.05.2016).
- Schlömer, C.; Bucher, H.; Hoymann, J. (2015): Die Raumordnungsprognose 2035 nach dem Zensus. Bonn. = BBSR-Analysen KOMPAKT 05/2015.
- Schürmann, C.; Spiekermann, K. (2011): Räumliche Wirkungen von Verkehrsprojekten. Ex post Analysen im stadtreionalen Kontext. Bonn. = BBSR-Online-Publikation 02/2011.
- Specht, M. (2014): Der Raumgleiter. Mercedes B-Klasse mit neuen Antrieben. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 251 vom 31.10.2014, 85.
- Stadt Offenburg (2015): Vorhabenbeschreibung: Aufbau eines Netzes von Mobilitätsstationen in Offenburg und Umgebung. Offenburg.
<http://www.offenburg.de/html/media/dl.html?v=17749> (30.05.2016).
- Stielike, J.M. (2014): Konstitutionelle Anforderungen an die Versorgung peripherster Räume mit Infrastrukturen und Angeboten der Daseinsvorsorge. In: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.): Vom demografischen Wandel besonders betroffene Regionen. Ein wichtiges Thema im Kontext der Demografiestrategie. Bonn, 71-77. = BBSR-Online-Publikation 11/2014.
- Stiewe, M.; Reutter, U. (Hrsg.) (2012): Mobilitätsmanagement – Wissenschaftliche Grundlagen und Wirkungen in der Praxis. Essen.
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2014a): Strategien und Maßnahmen in den Leitlinien – Ergebnisse der Regionalkonferenzen in Bayern, Oktober 2014. München.
http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/landentwicklung/dokumentationen/dateien/2014_11_visionen_2030_ergebnisse_der_regionalkonferenzen_anhang.pdf (02.06.2016).
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2014b): Zukunft durch Zusammenarbeit. Vision 2030 für den ländlichen Raum. Positionspapier vom 21. Oktober 2014. München.
- StMFLH – Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat (2014a): Heimatstrategie. Starke Zukunft für Stadt und Land. München.

- StMFLH – Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat (2014b): Heimatbericht 2014. Entwicklung des ländlichen Raums. München.
- StMI OBB – Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (2011a): Siedlungsentwicklung und Mobilität. München. = Arbeitsblätter für die Bauleitplanung - Materialien 8.
- StMI OBB – Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (2011b): Radverkehrshandbuch RadlLand Bayern. München.
- StMWI – Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2015): Fortschrittsbericht 2013/2014 zum Umbau der Energieversorgung. München.
- StMWI – Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2015): Zukunftsstrategie Bayern Digital. München.
- UBA – Umweltbundesamt (2013): Potenzial der Windenergie an Land. Studie zur Ermittlung des bundesweiten Flächen- und Leistungspotenzials der Windenergienutzung an Land. Dessau-Roßlau.
- UBA – Umweltbundesamt (2014a): E-Rad macht mobil. Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung. Dessau-Roßlau.
- UBA – Umweltbundesamt (2014b): Erster „Blauer Engel“ für „Mobilitätskarten“. Presseinfo Nr. 45 vom 17.10.2014. Dessau-Roßlau.
- UBA – Umweltbundesamt (2014c): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Dessau-Roßlau. = UBA Climate Change 07/2014.
- UBA – Umweltbundesamt (2015a): Zukünftige Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung und Treibhausgasminderung bei schweren Nutzfahrzeugen. Dessau-Roßlau. = UBA Texte 32/2015.
- UBA – Umweltbundesamt (2015b): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Dessau-Roßlau.
- UBA – Umweltbundesamt (2015c): Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050: Eine verkehrsträgerübergreifende Bewertung. Dessau-Roßlau. = UBA Texte 30/2015.
- VCD – Verkehrsclub Deutschland (2014): Elektromobilität. Hype oder Heilsbringer? Berlin. <http://www.vcd.org/elektromobilitaet.html> (01.06.2016).
- VCÖ – Verkehrsclub Österreich (2015): Klima und Energie – Potenziale im Verkehr. Wien. VCÖ-Schriftenreihe „Mobilität mit Zukunft“ 2/2015.
- Vettori, A. (2015): Förderprogramm für alternative Antriebstechniken. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 3 vom 5. Januar 2015, R7.
- Völklein, M. (2015a): Abholbereit am Straßenrand. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 119 vom 27.05.2015, R2.
- Völklein, M. (2015b): Mehr Autos – aber weniger Parkplätze. In: Süddeutsche Zeitung Nr. 241 vom 20.10.2015, R4.
- Wappelhorst, S. (2011): Mobilitätsmanagement in Metropolregionen. Dissertation an der Universität der Bundeswehr München. Neubiberg.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2012): Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.
- Wefering, F.; Rupprecht, S.; Bührmann, S.; Böhler-Baedeker, S. (2014): Guidelines. Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan. Brüssel.

Autoren

Dr.-Ing. **Nicole Braun** (*1986) hat an der TU Kaiserslautern Raum- und Umweltplanung studiert und arbeitete von 2013 bis 2016 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität der Bundeswehr München, Fachgebiet Raumplanung und Mobilität in der Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften. Ihre Dissertation widmete sich dem Thema „Zwischennutzungen – Städtebauliche Potenziale für eine nachhaltige Konversion militärischer Liegenschaften“. Zurzeit arbeitet sie bei Höckers Projects Managers GmbH in München für das Projektmanagement Innerstädtische Isar.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Christian Jacoby** (*1959), Mitglied der ARL, hat an der Universität Kaiserslautern Raum- und Umweltplanung studiert und nach drei Jahren Berufspraxis in Planungs- und Gutachterbüros an der Universität Kaiserslautern als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dozent über das Thema „Strategische Umweltprüfung in der Raumplanung“ promoviert. Seit 2002 ist er Professor an der Universität der Bundeswehr München und leitet dort das Fachgebiet Raumplanung und Mobilität in der Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen raumplanerische Strategien und Klimawandel, nachhaltige Siedlungsentwicklung und Konversionsmanagement, nachhaltige Mobilitätsentwicklung, strategische Umweltprüfung und Raum- und Umweltmonitoring. In der ARL ist er zurzeit Leiter der Landesarbeitsgemeinschaft Bayern.