

STUDY

Nummer 310, Januar 2016

Digitaler Treibstoff

Chancen und Risiken des Einsatzes digitaler
Technologien und Medien im Mobilitätssektor

Stephan Rammler

Rammler • Digitaler Treibstoff

Dieser Band erscheint als 310. Band der Reihe Study der Hans-Böckler-Stiftung. Die Reihe Study führt mit fortlaufender Zählung die Buchreihe »edition Hans-Böckler-Stiftung« in elektronischer Form fort.

Stephan Rammler

Digitaler Treibstoff

**Chancen und Risiken des Einsatzes
digitaler Technologien und Medien im Mobilitätssektor**

Hans **Böckler**
Stiftung 

Mitbestimmung · Forschung · Stipendien

© 2016 by **Hans-Böckler-Stiftung**
Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf
www.boeckler.de

Diese Publikation ist abrufbar unter www.boeckler.de

Lektorat: Heike Herrberg, Bielefeld
Produktion: transcript, Bielefeld
ISBN: 978-3-86593-216-7

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung der Hans-Böckler-Stiftung unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen, Übersetzungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Inhalt

Kurzfassung | 7

1 Einleitung | 9

Der Begriff der Digitalisierung | 10

2 Digitalisierung der Mobilität

Bestandsaufnahme und zukünftige Entwicklungen | 19

2.1 Innovationslinie »Automatisierung der Mobilität« | 19

Definitionen des automatisierten Fahrens | 22

Die Geschichte der Automatisierung des Fahrens | 24

Aktuelle Trends und Zukunftserwartungen | 28

Rechtliche Fragen und die Sicherheitsthematik | 41

2.2 Innovationslinie »Vernetzung und Integration« der Mobilität und der Verkehrsträger | 48

Connected Reality | 48

Intramodale Vernetzung: »Connected Driving« | 49

Intermodale Vernetzung: »Connected Mobility« | 52

Szenario 1:

Passepartu – kuratierte Mobilität – Szenario aus dem Jahr 2043 | 54

2.3 Innovationslinie »Navigation« | 60

Mobile Navigationssysteme | 62

2.4 Innovationslinie »Infotainment« | 63

2.5 Innovationslinie »Telependeln, Telepräsenz und Virtualisierung« | 64

Definition und Wirkungsprinzipien der Virtualisierung | 64

Anwendungsbeispiele der Virtualisierung | 70

Szenario 2:

Total digital – in Pantoffeln auf den Datenhighway | 75

Szenario 3:

Avatar Mobility – virtuelle Kommunikations- und Arbeitsplattform zur Reduzierung von Pendlerverkehren | 76

Szenario 4:

Cybertourismus – Reisen im virtuellen Raum | 79

Szenario 5:

New H (rurale Kolonien bzw. Dorf 2.0) – Szenario aus dem Jahr 2028 | 81

2.6 Erstes Zwischenfazit: Die digitale Welle erfasst die Mobilität | 82

3 Risiken der Digitalisierung

Die »4R« und andere Herausforderungen | 89

3.1 Rechtliche Dimensionen | 89

3.2 Digitalisierung und Resilienz | 90

Szenario 6:

Mobilitätsfukushima – Szenario aus dem Jahr 2028 | 92

3.3 Ressourcenintensität | 93

3.4 Reboundeffekte | 97

3.5 Spaltung oder Daseinsvorsorge? Soziale Aspekte | 99

3.6 Psychologische und sozialpsychologische Aspekte | 100

Szenario 7:

»Digital lost«: Wo bin ich? Und wenn ja, wie viele? – Szenario aus dem Jahr 2040 | 100

3.7 Beschäftigungspolitische Aspekte | 105

3.8 Zweites Zwischenfazit: Wo Licht ist, ist auch Schatten | 108

4 Digitaler Treibstoff?!

Gesamtfazit und Szenarien | 111

4.1 Die wahrscheinliche Entwicklung: »Business as usual«-Szenario | 114

4.2 Die mögliche Entwicklung: Transformationsszenario | 117

Förderung der Elektromobilität als (digital unterstützte)

Systeminnovation über alle Verkehrsträger plus Förderung digital unterstützter intermodaler Mobilitätsdienste | 118

Digitaler Treibstoff?! | 137

5 Literatur | 139

Kurzfassung

Ziel dieses Projekts war es, die enormen Chancen wie auch die Risiken der Digitalisierung des Mobilitätssektors im übergeordneten Zusammenhang der sozialwissenschaftlichen Mobilitätsforschung zu betrachten.

Neben einer ersten Bestandsaufnahme, Systematisierung und konzeptionellen Verknüpfung von Wirkprinzipien und Einsatzgebieten digitaler Technologien im Mobilitätsbereich sowie einer Einschätzung ihrer Folgen und Risiken wurde hier insbesondere der These nachgegangen, dass die Digitalisierung ggf. das Potenzial hat, metaphorisch gesprochen, zum Treibstoff der globalisierten Mobilitätswirtschaft des 21. Jahrhunderts zu werden.

Mit anderen Worten: Sowohl komplementär als auch substitutiv wirkende Datenströme haben möglicherweise die Wirkmacht, die wenig zukunftsfähigen Mobilitätsformate der fossil-industriellen Phase – hier vor allem die im 20. Jahrhundert entwickelte Abhängigkeit des Transportsektors vom Erdöl – in die ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Systeminnovationen einer dann womöglich *solar-digital* zu nennenden Phase zu transformieren. Diese zukunftsfähige Option muss im Zusammenhang der ebenfalls nicht unerheblichen ökologischen, politischen, sozialen und ökonomischen Risiken der Digitalisierung – besonders mit Blick auf ihre möglichen verkehrsinduzierenden Wirkungen – betrachtet, bewertet und gestaltet werden.

Der begrenzte zeitliche Rahmen dieser Studie lässt allerdings zunächst nur einen explorativen und thesengenerierenden Charakter der Ausarbeitungen und Ableitungen auf sekundäranalytischer Basis zu. Dieser wird mit narrativen Mikroszenarien zu einzelnen Themenfeldern illustriert und vertieft. Im abschließenden Kapitel werden erste Hinweise zum Forschungsbedarf und zu politischen Handlungsoptionen geliefert, die einer weiteren Diskussion und Ausarbeitung bedürfen.

1 Einleitung

Die Digitalisierung ist in aller Munde. In den öffentlichen und politischen Diskursen wie in der wissenschaftlichen Debatte wird verzweifelt versucht, mit der rasant verlaufenden faktischen Entwicklung der Transformation aller Lebensbereiche durch den flächendeckenden und systematischen Einsatz digitaler Medien und Technologien analytisch und diskursiv Schritt zu halten.

Im Vordergrund stehen zurzeit die rechtlich-politischen Dimensionen der informationellen Selbstbestimmung, der Datensicherheit und der herrschaftstheoretisch potenziell hoch problematischen Manipulierbarkeit von Menschen als Kundinnen und Kunden wie als Wahlbürgern¹ mithilfe digitaler Technologien. Darüber hinaus wird sehr intensiv über die Transformation von Produktionsformen und Märkten sowie ihre potenziellen Beschäftigungseffekte diskutiert (Industrie 4.0). Nur nachrangig, wenn überhaupt, geht es um ökologische Fragen der Ressourcenintensität, der möglichen Reboundeffekte und Fragen der Angreifbarkeit bzw. Resilienz von komplexen digital vernetzten Infrastrukturen.

Während in Nordamerika – trotz kritischer Stimmen wie von Jaron Lanier oder Dave Eggers – optimistisch bis euphorisch über die Chancen der Digitalisierung gesprochen wird, überwiegt in Europa tendenziell eine skeptischere Stimmung. In ökonomischen Zusammenhängen und den technischen und wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen werden insgesamt eher die enormen Potenziale der Digitalisierung in Anschlag gebracht. Dagegen überwiegen in den reflexiven Genres der Wissenschaft und des Feuilletons die Bedenken hinsichtlich der Gefahren eines möglichen digitalen Konsum- und Herrschaftstotalitarismus. Und es schließt sich die Frage an, wie die Erhaltung der Freiheit,

1 | Wir verwenden in dieser Publikation keine durchgängig geschlechtergerechte Sprache. Mit »Bürgern«, »Konsumenten«, »Fahrern« etc. sind immer auch Frauen gemeint.

der Selbstbestimmung und Autonomie des Bürgers und Konsumenten gegenüber den konvergierenden Macht- und Kontrollinteressen von Staaten, Geheimdiensten und Konzernen zu bewahren sei. Wichtige Beiträge in dieser Debatte stammen von Autoren wie Frank Schirrmacher, Byung-Chul Han oder Martin Burckhardt.

Der Begriff der Digitalisierung

In den Geistes- und Sozialwissenschaften wird die Implementierung von digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien in sämtliche Wissens- und Lebensbereiche als dritte technologische Revolution beschrieben. Die erste, industrielle Revolution fand ihr Sinnbild in der Dampfmaschine, mit der eine kontinuierliche Antriebskraft für Maschinen und Transportmittel zur Verfügung stand. Die zweite Revolution leitete sich von den Erfindungen auf den Gebieten der Elektrizität und der (Petro-)Chemie ab, die eine dezentrale Energieversorgung, die Befuerung der Automobilität als massenkulturelles Phänomen und die Entwicklung synthetischer Materialien wie den heute ubiquitären Kunststoff erst ermöglichten. Die digitale Revolution basiert auf der Erfindung des Mikrochips und seiner stetigen Leistungssteigerung, der flexiblen Automatisierung in der Produktion und dem Aufbau weltweiter Kommunikationsnetze wie dem Internet.

Sinnbild der dritten Revolution ist der Computer, heute mehr und mehr der mobile Computer und das Smartphone. Er ermöglichte den Übergang von mechanischen zu elektrischen Apparaturen, mithin zur Elektronik und Mechanik, die zunehmende Miniaturisierung elektronischer Bauteile, die Umwandlung von Information in einen binären Code und die Entwicklung von Software zur flexiblen und anwenderfreundlichen Programmierung. Die im digitalen Raum beheimateten sozialen Netzwerke haben zudem die Kommunikation und die gesellschaftlichen Wertesysteme verändert, wobei der direkte Kontakt und die persönliche Begegnung eine untergeordnete Position einzunehmen beginnen. Entscheidend ist schließlich, dass die technologische Revolution nicht auf einen Hightech-Bereich beschränkt bleibt, sondern eine Reihe von Veränderungen impliziert, die sämtliche gesellschaftlichen (Bedürfnis-)Felder durchdringen, darunter die Wirtschaftssektoren und die Kommunikationsmedien.

Im spezifisch technologischen Sinne lässt sich Digitalisierung beschreiben als die Verwendung von computergestützten Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) für die Berechnung, Unterstützung, Steuerung und

Vernetzung von Prozessen, Handlungsabläufen und Produktsystemen. Allgemeiner formuliert lässt sich der Prozess der Digitalisierung im Sinne eines zivilisatorischen Epochenphänomens beschreiben: als die zunehmende Durchdringung aller Wissens- und Lebensbereiche des Menschen und der Kultur mit digitalen Systemen. Durch den Begriff der digitalen Gesellschaft werden epochenbenennende Phänomene wie Industrialisierung oder Dienstleistungskultur – dementsprechend die Industrie- bzw. Dienstleistungsgesellschaft – nicht überwunden, sondern eingeschlossen in den erweiterten Zusammenhang einer digitalen Kultur. Industrielle Produktionsprozesse bestehen weiterhin gleichermaßen wie eine – durch die digitalen Medien letztlich noch beflügelte und erweiterte – Dienstleistungsökonomie.

In den Begriffen der Innovationsökonomik formuliert, könnte man den Entwicklungsprozess von der Industriegesellschaft über die Dienstleistungsgesellschaft zur digitalen Gesellschaft beschreiben als die zunehmende Erweiterung der klassischen Produktinnovation über Nutzungsinnovationen hin zur (digital unterstützten) Systeminnovation. Weitreichende systemische Innovationen werden durch die digitale Überwindung der bislang überwiegend materiellen Beschränktheit großtechnologischer Infrastruktursysteme in unserer Gegenwart erst im umfänglichen Sinne möglich.

Wirk- und Gestaltungsfelder der Digitalisierung

- Mobilität (Bsp. Autonomes Fahren, Intermodalität, Navigation)
- Energie und Energiesysteme (Bsp. Smart Grid)
- Städtebau und Wohnen (Bsp. Smart House, Smart Living)
- Ernährung/Konsum (Bsp. reproduktive Logistik)
- Gesundheit/Wellness (Bsp. Teletracking, Telemedizin)
- Kommunikation (Bsp. UbiComp)
- Freizeit/Kultur (Bsp. Neue Medien, neue Medienkulturen)
- Industrie 4.0: Produktion (Bsp. Robotik, »cradle to cradle«, Just-in-time-Logistik)
- Marktformen und Handel (»Plattformkapitalismus«)
- Bildung, Wissensproduktion und Entwicklung (Bsp. MOOCs, globale Wissenskulturen)
- Politik und Mitbestimmung (Digitale Demokratie, Enthierarchisierung von Beteiligungsverfahren)

Stand der Forschung und Forschungsbedarf zur Digitalisierung der Mobilität

Die folgenden Einschätzungen stützen sich auf die langjährige Tätigkeit des Instituts für Transportation Design (ITD) in Braunschweig und des Autors in der Mobilitätsforschung in enger Kooperation mit der Autoindustrie, mit Anbietern von Bahntechnologie, privaten und kommunalen Verkehrsbetrieben sowie auf einen beständig aktuellen Überblick über die relevante Literatur, auch für diverse Publikationsprojekte.

Weitere eigene Vorarbeiten wurden u. a. bereits von der Hans-Böckler-Stiftung finanziert (z. B. das Projekt »Innovative Mobilitätsdienstleistungen« zus. mit Thomas Sauter-Servaes) oder von industriellen Auftraggebern (z. B. »Transformation der Automobilität 2030« für die VW AG, »Zweiradmobilität« bzw. »Zukunft des Parkens« für die VW Financial Service AG). In allen diesen Projekten standen neben der Urbanisierung vor allem die Entwicklungsperspektiven des Einsatzes digitaler Technologien im Vordergrund. Im akademischen Forschungssektor sind mit Blick auf die Digitalisierung der Mobilität vor allem die Arbeiten verschiedener Institute der Fraunhofer-Gesellschaft und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu nennen.

Beim Überblick zum Forschungsstand fallen vor allem die enorme Spezialisierung und spezifische Fragmentierung der Forschungslinien und Diskussionen auf. Hinzu kommt, dass ein Großteil der Forschungsaktivitäten in diesem Bereich von der Privatwirtschaft (Automobil- und Zulieferindustrie wie Continental, Bosch, Bombardier, Google, Amazon, Apple, Telekommunikationsfirmen) unternommen wird. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Neustrukturierung des Verkehrsministeriums, das nun auch für digitale Infrastrukturen mit zuständig ist. Konsequenterweise werden die Themen der physischen bzw. der nicht physischen Mobilität in einem Haus bearbeitet – mit der Chance, dass entsprechende integrierte Denkansätze und ein übergreifendes politisches Problem- und Steuerungsbewusstsein entstehen könnten.

Es lässt sich also festhalten, dass der große Bereich der Mobilität und der Mobilitätswirtschaft zurzeit eines der dynamischsten Experimentier- und Anwendungsfelder digital basierter Produkt-, Nutzungs- und Systeminnovationen darstellt – im Betrieb wie auch in der Entwicklung und Erstellung von mobilitätswirtschaftlichen Produkten. Als umso erstaunlicher kann man es bezeichnen, dass noch kaum sozial- und verkehrswissenschaftliche Reflexionen über diese Entwicklung vorliegen.

Es gibt eine Vielfalt von eher spezifischen (technikwissenschaftlichen) Perspektiven auf einzelne Innovationskorridore wie autonomes Fahren² oder die Entwicklungsdynamik von Applikationen für Mobilitätsdienstleistungen; doch es fehlen insbesondere systematisierende, Überblick gebende und einordnende Analysen, die die Charakterisierung der Digitalisierung als Epochenphänomen auch für den volkswirtschaftlich und ökologisch künftig weiter enorm wichtigen Mobilitätssektor fruchtbar machen.

Erst recht finden sich keine zusammenhängenden Betrachtungen der Risiken der Digitalisierung. Zwar existiert ein mittlerweile breiter und kritischer gesellschaftlicher Diskurs über die politischen und freiheitsrechtlichen Probleme der zunehmend »gläsernen« Bürgerinnen und Bürger. Betrachtungen der ökologischen oder beschäftigungspolitischen wie auch verteilungspolitischen Dimensionen zunehmender sozialer Ungleichheit gibt es allerdings kaum. Eine Gesamtevaluation der Risikofaktoren der Digitalisierung liegt bislang nicht vor.

Zielsetzung und Fragestellung des Vorhabens

Ausgehend von den oben dargestellten Befunden ist es das Ziel dieses Projekts, die Chancen und Risiken der Digitalisierung im übergeordneten Zusammenhang der sozialwissenschaftlichen Mobilitätsforschung zu betrachten. Neben der Systematisierung und konzeptionellen Verknüpfung von Wirkprinzipien und Einsatzgebieten digitaler Technologien im Mobilitätsbereich wird hier vor allem der These nachgegangen, dass die Digitalisierung das Potenzial hat, metaphorisch gesprochen, zum Treibstoff der globalisierten Mobilitätswirtschaft des 21. Jahrhunderts zu werden.

Das heißt mit anderen Worten: Sowohl komplementär als auch substitutiv wirkende Datenströme haben möglicherweise die Wirkmacht, die wenig zukunftsfähigen Mobilitätsformate der fossil-industriellen Phase – hier vor allem die im 20. Jahrhundert entwickelte Abhängigkeit des Transportsektors vom Erdöl – in die ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Systeminnovationen einer dann womöglich *solar-digital* zu nennenden Phase zu transformieren. Diese zukunftsfähige Option muss allerdings im Zusammenhang der ebenfalls

2 | Hier ist auf den aktuellen, umfassenden Sammelband von Maurer et al. (2015) zur Automatisierung des Fahrens hinzuweisen. Er fasst den Stand von Forschung und wissenschaftlicher Diskussion auf aktueller Datenbasis zusammen, konnte aber nicht mehr in die vorliegende Argumentation einfließen. Behandelt werden vor allem Fragen der individuellen und gesellschaftlichen Akzeptanz des autonomen Fahrens.

nicht unerheblichen ökologischen, politischen, sozialen und ökonomischen Risiken der Digitalisierung betrachtet und bewertet werden.

Digitaler Treibstoff: Wirkprinzipien der Digitalisierung der Mobilität

Schon heute kann man Autos als Computer auf Rädern bezeichnen. Etwa alle zwei Jahre verdoppelt sich die Rechenleistung der Assistenzsysteme und der elektronischen Schaltstellen zur internen Vernetzung und Optimierung der digitalen Fahrzeugintelligenz. Nach Aussagen der Autoindustrie steht nun als nächster, folgerichtiger Schritt an, die Fahrzeuge vollständig mit ihrer Umwelt – also dem Internet, der Infrastruktur und anderen Fahrzeugen – zu vernetzen.

Ähnlich schnell und konsequent verlaufen die Digitalisierungsprozesse in den anderen Verkehrssektoren, etwa zur Automatisierung und Optimierung der Verkehrsflusssteuerung der Bahn, des Luftverkehrs oder der Schifffahrt, bei der Verkehrskontrolle auf den Straßen oder zur Vernetzung der Verkehrsträger untereinander.

Bereits in den letzten zehn Jahren hat die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien wie in allen anderen Lebensbereichen auch im Verkehrssektor deutliche Spuren hinterlassen. Und doch steht die informationstechnologische Revolution des Verkehrs nach allem, was für diesen Bereich heute schon absehbar ist, eigentlich erst am Anfang, sodass man in den kommenden Jahren wohl ohne zu übertreiben von einer digitalen Neuerfindung der Mobilität ausgehen kann.

Dabei lassen sich, bei vielfältigen Überschneidungen, sechs Innovationskorridore unterscheiden: erstens der Einsatz von digitalen Technologien zur Automatisierung des Mobilitätsprozesses, zweitens die digitale Vernetzung von Fahrzeugen und die systemübergreifende Vernetzung der Verkehrssysteme, drittens die Integration von Navigationssystemen in die Mobilitätssysteme, viertens Informations- und Entertainmentsysteme, fünftens die Substitution, also die Vermeidung von physischem Verkehr durch die Digitalisierung der Telekommunikation, und die Optimierung logistischer Prozesse, sechstens die Entstehung neuer Vertriebs-, Markt- und Marketingformen auf Basis digitaler Plattform- und Netzwerktechnologien.

Während die Automatisierung und die Integration von Zusatzfunktionen vor allem der Optimierung der Verkehrseffizienz, der Sicherheit, der Orientierung und der Unterhaltung dienen und damit der Steigerung der Funktionalität sowie der Aufenthaltsqualität des einzelnen Fahrzeugs, ruhen besonders auf den digitalen Technologien große Hoffnungen im Hinblick auf verkehrsträgerüber-

greifende Vernetzung. Erst diese macht die Vision lückenloser Verkehrsketten möglich, also die Nutzung verschiedener, direkt aneinander anschließender Verkehrsmittel zur Bewältigung *einer* Strecke; und auch die gesamte Sharing-Ökonomie kommt zukünftig kaum ohne die digitale Feinabstimmung von Angebot und Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen aus.

Der fünfte Innovationskorridor der digitalen Mobilität eröffnet ebenfalls spannende Entwicklungsperspektiven: Telearbeit, Telekonferenzen, Teleteaching, Teleshopping etc. sind Begriffe, die während der ersten Interneteuphorie um die Jahrtausendwende zum ersten Mal Karriere gemacht haben. Doch erst heute sind die technologischen Voraussetzungen dafür wirklich gegeben und es wird sich zeigen, in welchem Maße sie im Rahmen neuer Beschäftigungsmodelle, Ausbildungs- und Logistikkonzepte Verkehrsaufwände minimieren können.

Schließlich ermöglichen digitale Technologien neue Vertriebs- und Marketingformen, die die gesamte Mobilitätswirtschaft, nicht nur die Autoindustrie und ihre Autohäuser, vor große Chancen – etwa des digitalisierten, persönlichen Direktmarketing – und auch Herausforderungen stellen werden.

Zu unterscheiden sind nach aktueller Lage also die folgenden idealtypischen Wirkprinzipien bzw. Einsatzgebiete der Digitalisierung und damit der digitalen Ausgestaltung von Mobilitätssystemen – diese realen Wirkkorridore sind zugleich analytische Perspektiven auf das Thema im Sinne voneinander abgrenzbarer Forschungslinien:

- Automatisierung/Autonomisierung/Robotik
- Vernetzung/Integration
- Navigation
- Information/Kommunikation/Unterhaltung (»Infotainment«)
- Virtualisierung/Substitution ko-präsenter Interaktion durch Telepräsenz
- neue Vertriebs-, Markt- und Marketingformen

Risiken der Digitalisierung

Neben den großen Chancen der Digitalisierung sind allerdings schon jetzt die Schattenseiten ihrer weiteren Entwicklung erkennbar. Diese sollen am Beispiel der Mobilitätsbranche mit den Innovationspotenzialen in diesem Handlungsfeld verglichen und bewertet werden.

Gegenüber der Gefahr der Machtergreifung sich selbst reproduzierender Algorithmen, mithin der Entstehung eines digitalen Konsum- und Herrschaftstotalitarismus – mit den konvergierenden Macht- und Kontrollinteressen von

Staaten, Geheimdiensten und Konzernen – ist die Erhaltung der Freiheit, der Selbstbestimmung und Autonomie des Bürgers und Konsumenten zu bewahren (Recht); daneben sind es vor allem die spezifischen Risiken und Probleme der enormen Ressourcenintensität (Ressourcen) digitaler Produkte und Systeme und ihrer mangelnden Resilienz gegenüber komplexitätsbedingten Systemstörungen bzw. gezielten Manipulationsversuchen (z. B. Hackerangriffe und digitale Kriegsführung), die zukünftig gelöst werden müssen (Resilienz).

Ebenfalls zu nennen sind in diesem Zusammenhang die Fragen des ungleichen sozialen Zugangs zu digitalen Technologien und die damit verbundene Beeinträchtigung ökonomischer, politischer und sozialer Teilhabemöglichkeiten sowie schließlich die beschäftigungs- und verteilungspolitischen Dimensionen, die sich aus den hohen potenziellen Rationalisierungseffekten des Einsatzes digitaler Medien in der Produktion wie im Betrieb von Verkehrssystemen ergeben.

Anwendungsorientierung

Wichtige Impulse können die Ergebnisse generieren für den weiteren Kontext der sozialwissenschaftlichen Mobilitätsforschung, für die Entscheider in der praktischen Innovations- und Verkehrspolitik, schließlich für Meinungsbildungsprozesse und womöglich für dringend benötigte politische Positionierungen der gewerkschaftlichen Interessengruppen und Sozialpartner.

Das Untersuchungsfeld

Gegenstand der sekundäranalytischen Untersuchung ist der Mobilitätssektor als zentraler und beispielhafter Innovationsbereich moderner Gesellschaften, der sich durch seine besondere Innovationsstärke und Innovationsgeschwindigkeit beim Einsatz digitaler Technologien und Medien auszeichnet.

Zudem sind die beschäftigungs- und verteilungspolitischen Implikationen aufgrund der hohen potenziellen Rationalisierungseffekte des Einsatzes digitaler Medien in der Produktion sowie im Betrieb von Verkehrssystemen sehr hoch und bedürfen allein deswegen schon einer möglichst frühzeitigen Bearbeitung und Einschätzung.

Methodisches Vorgehen und Gliederung der Studie

Es handelt sich hier im Kern um eine sekundäranalytische Untersuchung und eine anschließende Bewertung der Ergebnisse mit den Systematisierungs- und Evaluationskriterien, die sich aus dem weiteren Zusammenhang der sozialwissenschaftlichen Mobilitäts-, Technik- und Innovationsforschung ableiten.

Das folgende Kapitel 2 enthält mit der systematisierenden Bestandsaufnahme der digitalen Innovationskorridore des Mobilitätssektors den Hauptteil dieser Studie. Ein Schwerpunkt der Ausarbeitung liegt angesichts der aktuellen Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen und öffentlichen Debatte beim Thema der Automatisierung und Vernetzung.

In Kapitel 3 erfolgt die Risikoevaluation dieser Entwicklungen.

Kapitel 4 führt die Ergebnisse der beiden vorangehenden Arbeitsschritte in einer Gesamtbetrachtung von Entwicklungsmöglichkeiten zusammen und leitet daraus mögliche verkehrs- und innovationspolitische Handlungsansätze einer nachhaltigkeitsorientierten digitalen Mobilitätsstrategie ab.

2 Digitalisierung der Mobilität

Bestandsaufnahme und zukünftige Entwicklungen

Unterscheidbar sind nach aktueller Lage die fünf benannten idealtypischen Wirkprinzipien bzw. Einsatzgebiete der Digitalisierung und damit der digitalen Ausgestaltung von Mobilitätssystemen.

Gleichwohl kommt es in der Realität zu vielfältigen Überschneidungen und Konvergenzen von Wirkprinzipien und Einsatzgebieten. So ist etwa das autonom fahrende Auto nicht ohne ein hohes Maß an Vernetzung mit seiner Umwelt denkbar. Auch Navigation und Information konvergieren in der Realität stark.

Im Folgenden werden die aktuellen Entwicklungen und wegweisenden Zukunftserwartungen im Rahmen der jeweiligen analytischen Cluster beschrieben und illustriert. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den eng miteinander verknüpften Bereichen der Automatisierung: der Vernetzung und der Virtualisierung. Navigations- und Infotainment- Anwendungen werden nur knapp betrachtet.

Schließlich werden in einem ersten Zwischenfazit die jeweiligen Diskurse über die spezifischen Herausforderungen und Probleme der einzelnen Innovationscluster benannt und im Zusammenhang einer übergreifenden Perspektive bewertet und diskutiert.

2.1 Innovationslinie »Automatisierung der Mobilität«

»Hence the concept of an automated or driverless car has been part of a lot of narratives of the future, depictions of the ›car of the future‹. From Norman Ben Geddes' automated highways in Futurama for General Motors' contribution to the 1939 New York World's Fair all the way to the rapid transit auto-pods in today's most highly advanced eco-city Masdar, Abu Dhabi, the idea of a robot car has always been there to indicate the future-proofness of the proposed concept.

Additional to the idea of overcoming the boundaries of space and time the car often-times appeared to transport ›soft‹ virtues, hopes, visions and ideas. Science fiction – from early Wonder Stories to industry-sponsored box office hits such as *Minority Report* (Toyota/Lexus) and *iRobot* (Audi) – has cultivated the tradition of using visions of assisted and autonomous driving to indicate that the audience now had arrived in the future: In a way, over the years the idea of the driverless car shifted from a ›futuristic idea‹ to a signifier of a certain, determined future in which artificial intelligence and robotics had reached a certain level of sophistication. Or: Society finally managed to arrive in a promised state of technical salvation.« (Ludwig Engel, in einem Gespräch mit dem Autor)

Vorstellungen und Entwürfe von automatisierten oder gänzlich selbst fahrenden Fahrzeugen sind also so alt wie die Geschichte der Industrialisierung und Technisierung der Mobilität selbst. Ob in der Populärkultur wie in dem Disney-Zeichentrickfilm »*Magic Highway USA*« von 1958 oder dem Genre Science-Fiction in Literatur und Film – es finden sich die unterschiedlichsten Formen und Ausprägungen von Fahrzeugen, die die Nutzerinnen und Nutzer selbsttätig unterstützen oder gleich vollkommen automatisch unterwegs sind. Viele der heute diskutierten oder sich bereits in der Umsetzung befindlichen Ideen und Konzepte wurden in der einen oder anderen Variante schon seit der Mitte des 20. Jahrhunderts vorgedacht.

Beschrieben wurden automatische Elektromobile in einer Art Carsharing-Betrieb bei Robert A. Heinlein in »*Double Star*« (1956); bei Alfred Bester in »*The Demolished Man*« (1953) verkehren automatische Fahrzeuge auf einer Art Hochbahn im Kreisverkehr, es finden sich von Bruce Sterling, Larry Niven, John Jakes bis zu Steven Spielbergs »*Minority Report*« die verschiedensten Formen von Sicherheits- und Steuerungsassistenten, automatischen Taxen und Ridesharing-Konzepten, automatischen Elektrorollern, Getränketrolleys und Gepäckwagen (für eine Übersicht vgl. Antal et al. 2004: 26 ff.; Herdegen/Rammler 2006).

Im Vordergrund stehen dabei meist Konzepte zur Automatisierung des Individualverkehrs und Ideen, bei denen es zu einer Konvergenz der Funktionsprinzipien von Individual- und Kollektivverkehr kommt, etwa beim automatischen Konvoifahren über lange Distanzen, aber mit der Möglichkeit zur individuellen Steuerung im lokalen Nahbereich.

Visionen für den kollektiven Verkehr, den automatischen Güterverkehr, das Fliegen oder die Schifffahrt finden sich zwar auch, etwa bei Asimov und Heinlein, nur im Gesamtvergleich ungleich weniger. Damals wie heute faszinierten

die Kreativen wie das Publikum offenbar vor allem die Varianten des autonomen, mitunter selbst entscheidenden oder sogar »führenden« Individualfahrzeugs (z. B. der Käfer »Herbi«). Gleiches gilt für viele der frühen kybernetischen Steuerungsutopien in den Automatisierungswissenschaften.

Diesem Befund entspricht auch die Situation der aktuellen technologischen Entwicklungen im Bereich der Automatisierung der Mobilität, der Forschungs- und Innovationsbemühungen in der Automobil- und Informationsbranche sowie der öffentlichen und verkehrspolitischen Diskussion darüber.

Dementsprechend wird im folgenden Kapitel nach einem begrifflich-definitorischen Abschnitt eine Übersicht angestrebt, bei der neben den automobilen Konzepten für den Individualverkehr auch einige Sonderkonzepte für den kollektiven Verkehr in den Blick geraten. Im Luftverkehr, in der Schifffahrt und beim schienengebundenen Verkehr der Bahn wie beim öffentlichen Schienenbahnverkehr mit S- und U-Bahnen ist die Automatisierung schon sehr viel länger ein etabliertes Konzept, das stetig verbessert und in seinen Anwendungskontexten ausgeweitet wird, dessen Umsetzung in manchen Bereichen allerdings allein an der Kostenfrage scheitert (z. B. flächendeckendes automatisches Fahren im Überlandschienenverkehr).

Sogenannte Autopiloten, also computergesteuerte Mess- und Regelsysteme zur Stabilisierung des Fluges und zur automatischen Navigation in der Luftfahrt, gibt es schon seit vielen Jahrzehnten. Auch auf Schiffen ist der Autopilot Bestandteil eines umfassenden elektronischen Navigationssystems. Auf Basis der neuen digitalen Technologien sind auch beim Schienenverkehr und in der Luft- und Schifffahrt weitere enorme Entwicklungssprünge zu erwarten, die allerdings – mit Ausnahme der relativ neuen Technologie sogenannter unbemannter Flugobjekte, vulgo Drohnen – im Zusammenhang dieser Studie keine vertiefende Berücksichtigung finden sollen und können.¹

1 | Die Abschnitte zur Definition und Geschichte des automatischen Fahrens basieren im Kern auf Vorarbeiten des Instituts für Transportation Design zur »Automatisierten Mobilität. Formen, Erfordernisse und Ableitungen für die erfolgreiche Implementierung im individuellen und gewerblichen Verkehr« von Matthias Wiehle, Felix Faul, Jörn Höpfner und Myrna Sieden.

Definitionen des automatisierten Fahrens

Die Projektgruppe »Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung« stellte im Jahr 2012 eine begriffliche Systematik auf. Angesichts der schon heute enormen und zukünftig auch weiter zu erwartenden konzeptionellen und technologischen Ausdifferenzierung dieses Entwicklungsfeldes ermöglicht die nachfolgend beschriebene Skala (modifiziert nach Gasser 2012) von zunehmenden Automatisierungsgraden den begrifflichen Zugang zu einem immer komplexeren Innovationsgeschehen.

Insbesondere die öffentliche Debatte leidet noch unter unklaren Unterscheidungen von Automatisierungskonzepten. So sind beispielsweise Ansätze des assistierten oder teilautomatisierten Fahrens bereits heute weit verbreitet, tragen zur Steigerung der Bequemlichkeit und Verkehrssicherheit bei und sind nicht zuletzt deswegen bei den Nutzerinnen und Nutzern weithin akzeptiert. Die aktuellen Diskussionen um das automatische Fahren beziehen sich vor allem auf die technologischen Möglichkeiten, die rechtlichen Grenzen und Barrieren sowie schließlich die ethische Wünschbarkeit und kundenseitige Akzeptanz des hoch- und vollautomatisierten Fahrens.

Auch ist schnell nachvollziehbar, dass die notwendigen fahrzeugseitigen wie systemisch-infrastrukturellen Inventions- und Investitionsleistungen sowie das Ausmaß der Verwendung digitaler Komponenten vom assistierten bis zum vollautomatischen Fahren massiv zunehmen.

Begriff	Automatisierungsgrad	Systemausprägung
Driver only	Fahrer führt dauerhaft (während der gesamten Fahrt) die Längsführung (Beschleunigen/Verzögern) und die Querführung (Lenken) aus.	kein in die Längs- oder Querführung eingreifendes (Fahrerassistenz-) System aktiv
Assistiert	Fahrer führt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus. Die jeweils andere Fahraufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt. Fahrer muss das System dauerhaft überwachen. Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sein.	Adaptive Cruise Control: Längsführung mit adaptiver Abstands- und Geschwindigkeitsregelung Parkassistent: Querführung durch Parkassistent (automatisches Lenken in Parklücken; Fahrer steuert die Längsführung)

Teilautomatisiert	<p>Das System übernimmt Quer- und Längsführung (für einen gewissen Zeitraum und/oder in spezifischen Situationen).</p> <p>Fahrer muss das System dauerhaft überwachen.</p> <p>Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sein.</p>	<p>Autobahnassistent: automatische Längs- und Querführung</p> <p>auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze</p> <p>Fahrer muss dauerhaft überwachen und bei Übernahmeaufforderung sofort reagieren.</p>
Hochautomatisiert	<p>Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen.</p> <p>Fahrer muss das System nicht dauerhaft überwachen.</p> <p>Fahrer wird bei Bedarf zur Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve aufgefordert.</p> <p>Alle Systemgrenzen werden vom System erkannt; System ist nicht in der Lage, aus jeder Ausgangssituation den risikominimalen Zustand herbeizuführen.</p>	<p>Autobahnchauffeur: automatische Längs- und Querführung</p> <p>auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze</p> <p>Fahrer muss nicht dauerhaft überwachen und nach Übernahmeaufforderung mit gewisser Zeitreserve reagieren.</p>
Vollautomatisiert	<p>Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall.</p> <p>Fahrer muss das System nicht überwachen.</p> <p>Vor Verlassen des Anwendungsfalls fordert das System den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahrzeugaufgabe auf.</p> <p>Erfolgt dies nicht, wird in den risikominimalen Systemzustand zurückgeführt.</p> <p>Alle Systemgrenzen werden vom System erkannt; System ist in allen Situationen in der Lage, in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen.</p>	<p>Autobahnpiilot: automatische Längs- und Querführung</p> <p>auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze</p> <p>Fahrer muss nicht überwachen</p> <p>Reagiert der Fahrer nicht auf eine Übernahmeaufforderung, bremst das Fahrzeug in den Stillstand herunter.</p>

Nach der aktuell bundesweit anerkannten Definition – auf die sich der VDA-Arbeitskreis »Automatisiertes Fahren« und die deutschen Hersteller mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) geeinigt haben – werden die folgenden Definitionen für alle weiteren Diskussionen und Entwicklungen zugrunde gelegt:

Teilautomatisiert: Der Fahrer bzw. die Fahrerin muss die automatischen Funktionen ständig überwachen und darf keiner fahrfremden Tätigkeit nachgehen.

Hochautomatisiert: Das automatische System erkennt seine Grenzen selbst und fordert in diesem Fall die Übernahme durch den Fahrer oder die Fahrerin rechtzeitig an. Fahrfremde Tätigkeiten sind begrenzt möglich.

Vollautomatisiert: Das System kann alle Situationen autonom bewältigen; eine Überwachung durch den Fahrer oder die Fahrerin ist nicht erforderlich. Fahrfremde Tätigkeiten sind erlaubt. Ebenso ist in dieser Stufe fahrerloses Fahren möglich.

Die Geschichte der Automatisierung des Fahrens

Man kann sagen, dass die Automatisierungsgeschichte des Fahrens mit dem Tempomat (Erfinder: Ralph Teetor) beginnt, der 1958 zum ersten Mal vom amerikanischen Autobauer Chrysler in ein Fahrzeug eingebaut wurde. Er führte über eine lange Entwicklungsgeschichte bis hin zu den komplexen Distanzregelungsautomaten der heutigen Fahrzeuge wie dem »Active Cruise Control (ACC)« oder seiner Erweiterung, dem »Collision Mitigation Brake System« (CMS).²

Als weitere wichtige Schritte galten die Entwicklungen im Zusammenhang des NASA-Raumforschungsprogramms, mit dem Ziel, autonome Roboterfahrzeuge für den Einsatz auf dem Mond und anderen Planeten zu konstruieren. So wurden ab 1966 im SAIL-Projekt (Stanford Artificial Intelligence Lab) Roboterfahrzeuge für Forschungen in der visuellen Navigation genutzt. Dabei gelang es mithilfe eines Prozessors, das Stanford Cart einer weißen Linie automatisch folgen zu lassen.

Ab 1977 bekam das Fahrzeug unter der Leitung von Hans Movarec eine bewegliche Kamera und konnte mit dem Prozessor das Sehen mit zwei Augen erzeugen. Mit dieser Binokularoptik wurde die Navigation um Hindernisse ermöglicht und zwei Jahre später durchquerte das Stanford Cart ohne menschl-

2 | ACC regelt automatisch den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, CMS leitet im Fall eines Unfalls eine Vollbremsung ein. CMS kann vom Fahrer nicht überstimmt werden.

che Hilfe erfolgreich einen mit Stühlen besetzten Raum. Zur selben Zeit gelang einem Ingenieurbüro aus Japan ein wichtiger Durchbruch. Das erste wirklich automatisierte und intelligente Fahrzeug wurde im Tsukuba Mechanical Engineering Laboratory erschaffen. Indem es einer weißen Fahrbahnmarkierung folgte, schaffte es eine Strecke von 50 Metern mit 30 km/h.

In Deutschland konstruierte 1980 Ernst Dickmann, Professor für Luft- und Raumfahrttechnik an der Münchener Universität der Bundeswehr, ein Roboterfahrzeug, das eine Geschwindigkeit von 96 km/h erreichte. Im Gegensatz zu dem japanischen Modell orientierte sich das Fahrzeug an Gegenständen (»Sakkadische Sicht«). Eine Echtzeitbildfolgenverarbeitung ermöglichte rechtzeitige Reaktionen und Steuerung. Erstmals wurde auch der Kalman-Filter für die Aufdeckung von Störungen eingesetzt. Damit konnte das Fahrzeug trotz Störsignalen kontrolliert fahren (Autonomes Fahren 2012c).

Ab 1987 stieg die europäische Gemeinschaft in Kooperation mit der Automobilindustrie in die Erforschung des automatisierten Fahrens ein. Die Fortschritte in der Computertechnik sollten genutzt werden, um für die Fahrzeuge selbst wie auch für die Verkehrsinfrastruktur Systeme zu schaffen, die durch Automatisierung Komfort und Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen sollten (Prätorius 1993: 91). Auf Basis der Vorarbeiten von Ernst Dickmann entstand das bis dahin größte europäische Roboterfahrzeugprojekt: Prometheus (Programme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety).

Das Ergebnis waren zwei robotergesteuerte Fahrzeuge namens VaMP und VITA-2, konstruiert nach dem Mercedes-Modell 500 SEL. Sie waren ausgestattet mit vier Kameras, die längs und quer geführt wurden. Über deren Bildanalyse konnten Befehlssysteme die Drossel, Bremse und Lenkrad kontrollieren. 1994 fuhren sie auf einer dreispurigen Straße etwa 1.000 Kilometer nach Paris. Bei Geschwindigkeiten von bis zu 130km/h demonstrierten sie das teilautomatische Halten und Wechseln von Spuren, den Übergang in Konvoifahrt, das Tracking anderer Fahrzeuge und das autonome Entscheiden zum Überholen. Eine Sicherheitsperson musste diesen Befehl jedoch freigeben. Ein Jahr später fuhr VaMP von München nach Kopenhagen und zurück. Er fuhr die 1.758 Kilometer lange Strecke mit bis zu 178 km/h und die Sicherheitsperson intervenierte durchschnittlich nur alle neun Kilometer (Autonomes Fahren 2012c).

In den USA wurde etwa zeitgleich ein Fahrzeug namens NavLab5 an der Carnegie Mellon University entwickelt. Ein System auf Basis des Konzepts der neuronalen Netze steuerte die Lenkung und konnte dadurch auch den Straßenverlauf und das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmenden vorhersagen. Gas

und Bremsbetätigung erfolgten jedoch durch einen bzw. eine »Fahrer/in« (ebd.). Unter dem Motto »No hands across America« fuhr NavLab5 1995 quer durch die USA, davon 96 Prozent der Strecke teilautomatisiert.

Ab der Jahrtausendwende wurden die Fähigkeiten von Sensorik, Mechatronik und Datenverarbeitung immer mehr und immer schneller erweitert und schließlich wurden auch GPS-Systeme in die Systeme eingebunden. Es fanden Leistungsvergleiche zur Anregung weiterer Innovationen automatisierter Fahrzeuge statt. So richtete das US-amerikanische Verteidigungsministerium 2004 bis 2007 die DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) aus, einen internationalen Wettstreit vollautomatisierter Fahrzeuge. Das Ziel war eine erfolgreiche Testfahrt ohne Sicherheitsperson. Ausgerüstet war das Auto mit einer Karte, GPS und Radaren, Lasern und Kameras zur eigenständigen Erkennung von Zielmarken.

Der erste Wettkampf, »Grand Challenges«, fand 2004 auf einer Strecke von 213 Kilometern durch die Wüste statt. Jedoch erreichte kein Wagen die Ziellinie. Der zweite Wettkampf durch die Wüste erfolgte im darauffolgenden Jahr – diesmal erfolgsgekrönt: Vier Wagen erreichten mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 31km/h und einer Strecke von 211 Kilometern die Ziellinie (Autonomes Fahren o.J.), darunter auch »Stanley«, der Nachfolger des Stanford Carts (Earnest 2011). Der letzte Wettkampf –»Urban Challenges« – fand 2007 statt. Dieses Mal führte die Strecke 100 Kilometer durch eine simulierte Kleinstadt. Auch dieser Test gelang und die Challenges der DARPA konnten erfolgreich beendet werden (ebd.).

Zeitgleich startete in der Europäischen Union der Wettkampf ELROB (European Land Robot Trials) zum Test unbemannter Fahrzeuge. Jährlich abwechselnd, handelte es sich dabei um militärische (M-ELROB) und zivile (C-ELROB) Fahrzeuge. ELROB setzte sich zum Ziel, neue Technologien für gegenwärtige Probleme zu nutzen, die zeitnah umgesetzt werden könnten. Ähnlich der »Urban Challenge« bestand der Test aus Herausforderungen innerhalb einer simulierten Kleinstadt. Die Einhaltung der Straßenverkehrsordnung sowie belebte Kreuzungen und Hindernisse erschwerten den Weg und erzeugten eine realitätsnahe Umgebung. Der Wettbewerb findet bis heute jedes Jahr statt (ebd.).

Zwischen 2008 und 2011 führte die Europäische Kommission das Forschungsprojekt Have-It (Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport) zusammen mit den größten Automobilherstellern in Europa durch. Das Projekt forschte zur Entwicklung von Konzepten und Technologien hochautomatisierten Fahrens. Sicherheit, Entlastung der Fahrerinnen und Fahrer sowie

Umweltschonung standen dabei im Vordergrund. Das Ergebnis war »TAP«, ein teilautomatisierte Pilot, der vom Fahrer überwachte Funktionen mit Fahrerassistenzsystemen verknüpft. Dies könnte ein teilautomatisiertes Fahren in monotonen Situationen, etwa auf der Autobahn oder im Stau, ermöglichen und damit für mehr Sicherheit im Straßenverkehr sorgen (Volkswagen AG 2010).

Innerhalb von Deutschland arbeitete die Forschungsgruppe Autonomos der Freien Universität (FU) Berlin an der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge, gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Bildung. Das Testfahrzeug »MadeInGermany« konnte sowohl Verkehrsbedingungen erkennen als auch der Straßenverkehrsordnung folgen. Im Juni 2011 wurde es mit Sicherheitspersonen für Teststrecken im Straßenverkehr in Berlin zugelassen (Autonomos Labs 2012). Weitere Forschungsarbeiten gibt es aktuell zum augengesteuerten Fahren und zum »Brain Driver«-System, welches Fahrzeuge »über Gedanken« steuert.

Dieses System verarbeitet neuronale Signale mithilfe eines EEG zur Messung der Gehirnaktivität. Die empfangenen Signale werden auf Befehlsmuster gescannt, die mit den verschiedenen Richtungen assoziiert werden. Erkennt das System einen Befehl, setzt es ihn in Lenkbewegung oder Geschwindigkeiten um (Autonomos Labs 2011). Noch wurde dieses System nicht als geeignet für den Straßenverkehr betrachtet, aber neben seiner Bedeutung in der Mensch-Maschinen-Interaktionsforschung verspricht es auch für die Zukunft automatisierten Fahrens ein großes Potenzial.

Einen weiteren Durchbruch erlangte das Konvoisystem Sartre (Safe Road Trains for the Environment). Die erste selbst fahrende Kolonne bestand im März 2012 ihre Testfahrt durch Spanien: Vier Fahrzeuge fuhren 200 Kilometer mit 85 km/h und bewältigten dabei gemeinsame Manöver. Die Fahrzeuge waren während der Fahrt durch drahtlose Kameras miteinander verbunden und konnten so Informationen etwa über Fahrzeugabstände an das Führerfahrzeug liefern. Von hier aus erfolgte dann die Steuerung. Neben der Sicherheit durch automatisiert gesteuertes Fahren bot die selbst fahrende Kolonne einen weiteren Vorteil: Die konstante Fahrt im Windschatten des Führungsfahrzeugs verringerte den Energieverbrauch erheblich (Autonomes Fahren o.J.a).

Nicht nur für den Stadtverkehr, sondern für einen ganzen Staat erhielt Google 2012 die erste Straßenzulassung für teilautomatisierte Fahrzeuge in den USA. Eine Flotte von Roboterautos, hergestellt zusammen mit Ingenieuren der DARPA, durfte ab Mai die Straßen von Nevada für Testzwecke nutzen – natürlich nur mit Sicherheitsperson sowie zahlreichen weiteren Sicherheitsauflagen.

Nachdem Google bekannt gab, ihre Testfahrzeuge hätten 480.000 Kilometer unfallfrei zurückgelegt, erhielten sie eine weitere Straßenzulassung für den Staat Kalifornien – ein weiterer Schritt in der Umsetzung des automatisierten Fahrens. Doch es wurde deutlich, dass es nicht an Forschungsbedarf mangelt: Probleme mit Warnzeichen, Baustellen und wetterbedingte Schwierigkeiten verweisen auf den anspruchsvollen Weg zur Zukunft des vollautomatisierten Fahrens.

Seit 2010 arbeitet Google an Roboterautos und besitzt heute eine Flotte funktionstüchtiger vollautomatisierter Fahrzeuge. Beworben wurde das Roboterauto als Möglichkeit für seh- oder körperlich behinderte Menschen, am Straßenverkehr teilzunehmen (Autonomes Fahren 2012e). Im Bundesstaat Nevada wurden in Kooperation mit Google Regeln für die Straßenzulassung erlassen und ab März 2012 in Kraft gesetzt.

Google forscht aber auch zur technischen Ausstattung insbesondere der Software – und das sehr erfolgreich. Für die Infrastruktur entwickelte das Unternehmen ein Verkehrsleitsystem per QR-Code, das Autos Anweisungen erteilt, und ließ es patentieren. Weitere Forschungen macht der Konzern über eine kostenlose Universität frei zugänglich. So können Kurse zur Programmierung u. a. von Roboterautos kostenlos besucht werden. Neben der Image-Aufwertung verspricht sich Google davon möglicherweise nachwachsendes Humankapital davon (Autonomes Fahren 2012d).

Aufgrund seiner fortschrittlichen Ausstattung ist Google bis jetzt auch der einzige Konzern, der sich einen Nutzen aus den Zulassungen versprechen kann (Autonomes Fahren 2012e). Wie lange er diese Vorreiterrolle jedoch hält, bleibt abzuwarten. Weitere Automobilindustrien wie Lexus, Audi, Volvo, Mercedes Benz etc. forschen ebenfalls an automatisierter Technologie, und wer den Markt führt, spielt eine entscheidende Rolle für die Entwicklung der Automobilzukunft. Google hat durch seine Forschungsarbeit viel dazu beigetragen, das automatisierte Fahren zu legitimieren. Es wird aber auch deutlich, dass der entscheidende Faktor zur Umsetzung der Technologie die Akzeptanz ist: Googles Bemühungen, Sicherheit zu demonstrieren und Interessierte teilhaben zu lassen, hat der Politik die Legitimation sicher erst ermöglicht.

Aktuelle Trends und Zukunftserwartungen

Fahrerassistenzsysteme

Fahrerassistenzsysteme (FAS) halten immer stärker Einzug in moderne Fahrzeuge. Sie können einerseits das Unfallgeschehen positiv beeinflussen, anderer-

seits die Fahrerinnen und Fahrer bei ihrer Aufgabe unterstützen und damit für erhöhten Fahrkomfort und mehr Sicherheit sorgen. Sie sind damit ein wichtiger Schritt hin zur Entwicklung teil- und vollautonomer Systeme. Verschiedene Systeme haben bereits ihren sicherheitsfördernden Einfluss nachgewiesen. Beispielsweise könnten mittels elektronischer Stabilitätsprogramme (ESP) bis zu 400 tödliche Unfälle pro Jahr vermieden werden, wenn alle Pkws damit ausgestattet wären.

Hoch entwickelte FAS haben sich in den vergangenen Jahren zunehmend »demokratisiert« und finden sich nun nicht mehr nur in den Fahrzeugen der Oberklasse, sondern zunehmend auch in Kleinwagen. Allgemein können FAS als mechatronische Funktionen verstanden werden, die den Menschen hinterm Lenkrad bei den Fahraufgaben unterstützen. Dabei stellen die Systeme unterschiedliche Formen der Unterstützung bereit. Das Spektrum reicht von Informationen (z. B. einer Staumeldung), Empfehlungen (etwa der Wahl eines für die aktuelle Fahrsituation optimalen Gangs) und Warnungen (Spurwechselwarner) bis hin zu autarken Eingriffen, bei denen der Fahrer aus einer Entscheidung aktiv ausgeschlossen wird (Prokop 2011).

Meist hat das den Grund, dass ein Mensch aus physiologischen Unzulänglichkeiten heraus nicht schnell oder exakt genug reagieren könnte – klassische Beispiele sind hier das Antiblockiersystem oder elektronische Fahr-dynamikprogramme. Eine weitere Klasse von Systemen unterstützt die Fahrerinnen und Fahrer nach Aufforderung und übernimmt dann zeitweise das Fahren auf Ebene der Quer- oder Längsführung. Komfortprogramme wie der Abstandsregeltempomat oder Einparkassistenten gehören zu dieser Kategorie. Man spricht hier von assistierenden Systemen, also einer Vorstufe der Automatisierung.

Je mehr Komfort und Sicherheit heute zur Verfügung stehen, desto mehr Fragen stellen sich allerdings auch, etwa: Wie geht ein elektronisches System mit widersprüchlichen Informationen um? Wenn zwei Sensoren unterschiedliche Daten liefern, kann das bei Sicherheitssystemen zu gefährlichen Situationen führen, bei Komfortsystemen mindestens zu Einschränkungen der Wirksamkeit. Hier ergeben sich aufgrund der nicht erwartungskonformen Systemreaktionen Akzeptanzprobleme (ebd.). Eine andere Frage bezieht sich auf die Verantwortung der Fahrzeugführung: De facto würde bei einem automatischen Systemeingriff die Verantwortung auf den Entwickler des Systems übertragen; daher dürfen autarke Systemeingriffe heute nur durchgeführt werden, wenn sie in jeder Situation von dem Fahrer bzw. der FahrerIn unterbrochen werden können.

Auch bei geringen Abständen zwischen den Fahrzeugen hat der Mensch am Steuer keine Chance mehr, entsprechend zu reagieren. Das setzt der Funktionalität von FAS relativ enge Grenzen und gewährt einer Umsetzung der Vision des automatisierten Fahrens zumindest für den Individualverkehr einigen Aufschub. Aktuell beschäftigt sich die Bundesanstalt für Straßenwesen mit Fragen bzgl. zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Da diese Sicherheitsüberlegungen auch die Hersteller betreffen, ist diese Seite vermutlich ebenfalls daran interessiert, den Fahrern die letztendliche Verantwortung nicht vollkommen zu entziehen (Dilba 2012).

Die vordringlichste Aufgabe der Systementwickler ist die kontinuierliche Verbesserung der Umgebungssensorik und damit der Situationsanalyse und -bewertung. Nur so sind weiterführende Entwicklungen wie automatisierte Fahrzeuge oder die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation denkbar und zielführend.

Beispielsweise werden Assistenzsysteme wie ABS und ESP erst aktiv, wenn sich der Fahrer bereits in einer Notfallsituation befindet. Daher ist der nächste logische Schritt, solche Situationen gar nicht eintreten zu lassen. Eine Lösung besteht in neuartigen FAS, die Gefahren für das Auto und seine Insassen möglichst weit im Voraus erkennen und vor diesen warnen bzw. sie ganz vermeiden. Das bedeutet auch einen weiteren Schritt hin zur Automatisierung. Mittels 360-Grad-Rundumblick durch Laser-, Radar- und Ultraschallsensoren können andere Verkehrsteilnehmende wie Spaziergänger an unübersichtlichen Kreuzungen erkannt werden – diese Sensorik ermöglicht eine dreidimensionale Erfassung der Umgebung.

Drei Entwicklungen in diesem Anwendungsbereich, die in Richtung automatisierten Fahrbetrieb gehen, sich allerdings noch im Versuchsstadium befinden, stammen von Audi, BMW und VW. Das Audi-System »Pre Sense City« hat eine vollautomatische Vollverzögerung auf Basis der erfassten Daten aus der Fahrzeugumgebung. Der Nothalteassistent von BMW ermöglicht es, falls der Mensch hinterm Steuer sein Bewusstsein verliert, das Fahrzeug selbstständig auf den Seitenstreifen zu manövrieren und einen Notruf abzusetzen. VW erweitert mit dem »Temporary Autopilot« die Prinzipien des Abstandsregeltempomaten »Adaptive Cruise Control«: Der Autopilot entlastet den Fahrer bei monotoner Autobahnfahrt oder konzentrationsraubendem Stop-and-go-Verkehr, indem er, abhängig vom vorausfahrenden Fahrzeug, selbstständig beschleunigen und bis auf den Nullpunkt abbremsen kann (Dilba 2012).

Automatisierung, Fahrerassistenzsysteme und die intramodale Vernetzung einzelner Fahrzeuge im Verkehrsgeschehen sind sehr eng miteinander verbun-

den. Die sogenannte Car-to-Car-Kommunikation (C2C) ist zurzeit eines der zentralen Forschungs- und Entwicklungsthemen der Automobilwirtschaft.

Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation (Car-to-Car: C2C)

Die Verkehrsdichte ist in den vergangenen Jahren beständig gestiegen und das Verkehrsnetz nicht nur in Deutschland ist durch zunehmende Enge gekennzeichnet (Lücke 2008). Nach Prognosen des Bundesverkehrsministeriums wird bis ins Jahr 2025 im Individualverkehr die Marke der 1.000 Milliarden Jahrespersonenkilometer überschritten werden (Gipper 2008). Da die Kapazität von Autobahnen und Landstraßen meist den Anforderungen der stetig wachsenden Zahl von Fahrzeugen hinterherhinkt, steigt die Unfallgefahr beinahe automatisch. Technische Lösungen konzentrieren sich größtenteils darauf, Unfallfolgen mittels passiver Sicherheit abzumildern.

Fahrerassistenzsysteme liefern einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit im Straßenverkehr und übernehmen schon heute einige Aufgaben, die bis vor wenigen Jahren allein den Lenkern des Fahrzeugs oblagen. Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation erweitert z.B. die Wahrnehmung der fahrzeuginternen Technologie, indem ein Fahrzeug sich Informationen aus den Sensoren eines anderen Fahrzeugs holt und so den Wirkungsradius von Assistenzsystemen erheblich erweitert.

Derzeit wird auf europäischer Ebene angestrebt, mithilfe des European IST Profile Standards, solches Vorgehen zu standardisieren. Dafür wird eine einheitliche, geschützte und kostenfreie Frequenz für sicherheitskritische Anwendungen auf der Basis von Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation genutzt. Die angestrebte Reichweite liegt aktuell bei rund 1.000 Metern für eine bidirektionale Kommunikation zweier Fahrzeuge – die Distanz ist allerdings stets von der Charakteristik der Umgebung abhängig. Diese Reichweite kann mittels Multihopping deutlich verlängert werden, indem dazwischenliegende Fahrzeuge ähnlich einer Relaisstation genutzt werden (Strang et al. 2009).

Der Vorteil eines solchen Systems liegt darin, dass sich in jeder Umgebung eine Art dynamisches Ad-hoc-Netzwerk bildet, das nicht erst von der Fahrerin bzw. dem Fahrer bedient werden muss, sondern mit anderen FAS wie ABS oder ESP im Hintergrund automatisch arbeitet. Je nachdem, wo sich ein Fahrzeug in Relation zu einer möglichen Gefahrenquelle befindet, können in Kooperation mit den fahrzeugeigenen Sensoren festgelegte Aktionen eingeleitet werden.

C2C als Einflussgröße für Ökologie und Ökonomie

Eine Anwendung der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation könnte auch das sogenannten Platooning sein – das automatische Kolonnenfahren. Vorstellbar wäre, dass sich Fahrzeuge, die in Richtung desselben Ziels auf derselben Straße fahren, mittels C2C zu einer spontanen Kolonne zusammenfinden, um durch Windschatten und verringerten Fahrzeugabstand sich raum- und energieeffizient fortzubewegen. Auch in Notfällen könnte es Fahrzeugen der Polizei, der Feuerwehr oder medizinischer Notfallkräfte mittels eines »Emergency Override« möglich sein, andere Verkehrsteilnehmende in engen Stadtgebieten im Vorfeld zu warnen oder dabei zu helfen, eine Gasse zu bilden.

Im gewerblichen Verkehr, vor allem im Bereich logistischer Anwendungen, böte sich das Platooning besonders an. Da der rechte Fahrstreifen auf inner-europäischen Autobahnen ohnehin überwiegend von Lkws frequentiert wird, könnte die Einführung automatisierter Konvois zeit- und ressourceneffizient zumindest auf der Autobahn klare wirtschaftliche Vorteile haben. Gerade die ökonomischen Gesichtspunkte wären eine Grundlage für die Akzeptanz automatisierter Mobilität in Wirtschaftsunternehmen, und eine Prozessoptimierung bei Transportwegen und -arten könnte Energie einsparen und eine verbesserte Ökobilanz erzeugen.

Ein quasi dauerbetriebenes Fahrzeug mit Verbrennungsmotor hat eine längere Lebenszeit und erzeugt weniger Emissionen, da der Kaltstart den kritischen Moment bei der Belastung des Motors darstellt (André/Journard 2005: 24f.). Konkret wäre hier ein Konvoi einer gewissen Anzahl LKWs denkbar, bei denen ausschließlich im vorderen Fahrzeug Fahrerinnen und Fahrer sitzen. Diese könnten sich im Rotationsverfahren abwechseln, sodass die Kolonne, die sich mittels einer Mobilfunkverbindung am vorderen Wagen orientiert, quasi ununterbrochen unterwegs sein könnte.

Dieses Konzept käme auch der Forderung mancher Politiker entgegen, die sich für ein Überholverbot für Lkws aussprechen. Für gewerbliche Unternehmen z. B. im Logistikbereich wäre die Integration eines solchen Konzepts eine ökonomische Entscheidung.

C2C als Einflussgröße für Flächeneffizienz

Die in Interviewstudien mit Autofahrerinnen und -fahrern oft erwähnte »erlebte Unabhängigkeit«, die das Fahrzeug mit sich bringt, erzeugt gleichzeitig Negativerlebnisse und Abhängigkeiten. Der Stau ist hier ein zeitgenössisches Paradebeispiel: Er wird durch die Teilnahme am Straßenverkehr erzeugt. Dabei

wird die Verkehrs- und Bebauungsdichte vor allem im Zuge der prognostizierten Re-Urbanisierung der Städte immer weiter steigen.

Bei der Entstehung von Staus ist die Sättigung das Hauptproblem: Auf einem gewissen Abschnitt einer Straße ist nur begrenzter Raum vorhanden, der den Fahrzeugen zur Verfügung steht. Typischerweise liegt die Kapazität einer Straße bei 1.500 bis 2.500 Fahrzeugen pro Stunde und Spur, wenn sich die Fahrzeuge mit einer Geschwindigkeit von 80 bis 100 km/h bewegen. Sowohl schnelleres als auch langsames Fahren verringern die Kapazität unweigerlich. Das Sättigungsproblem beginnt, wenn die Nachfrage nach Raum größer ist als das Raumangebot. Vermutlich entsteht etwa die Hälfte aller Staus durch die Überlastung des Straßennetzes. Aus diesem Grund vermindern auch der Neubau und Ausbau von Straßen das Problem nicht, denn die Nachfrage steigt durch den zusätzlich geschaffenen Raum und die damit verbundene Angebotssteigerung wieder an.

Der »Stau aus dem Nichts« ist eher charakteristisch für Autobahnen. Hier kann durch einen Überholvorgang oder ein zu starkes Abbremsen viele Kilometer später ein Stau entstehen, der durch eine Kettenreaktion ausgelöst wurde. Dadurch verringert sich die Reisegeschwindigkeit immer mehr. Dieser Effekt ließe sich nur stoppen, wenn alle Fahrzeuge immer mit der gleichen Geschwindigkeit fahren könnten.

In beiden Fällen ist die Steigerung der Flächeneffizienz von entscheidender Bedeutung – und diese hängt mit dem Abstand zwischen den Fahrzeugen zusammen. Wie bei Lkw-Konvois wäre hier der Schlüssel, Fahrzeuge durch eine Mobilfunkverbindung miteinander zu koppeln. So könnten sie in einer gleichbleibenden Geschwindigkeit, aber auf reduziertem Raum, sowohl dem Problem der Sättigung begegnen als auch den Staus, die durch falsches Fahrverhalten erzeugt werden.

Hier ist wie bei dem oben erwähnten Konzept mit Lkw-Konvois allerdings ein quasi hermeneutischer Bezug zu verschiedenen anderen Aspekten des Themas automatisierte Mobilität gegeben: Verringerter Abstand zwischen den Fahrzeugen ist ein Sicherheitsaspekt, da sich damit ebenfalls der Bremsweg verkürzt; der Mindestabstand zwischen zwei Fahrzeugen auf der Autobahn beträgt aktuell 50 Meter – bei einer Geschwindigkeit von 80km/h beträgt der Bremsweg allerdings bereits 90 Meter. Die technischen Aspekte müssen hier zunächst gelöst werden, bevor sich der Gesetzgeber entschließen kann, die aktuelle Rechtslage anzupassen, um automatisierte Fahrzeugkolonnen zu ermöglichen.

Eine schon heute rechtlich mögliche Anwendung von C2C wäre eine genauere und damit zuverlässigere Stauwarnung: Je nach Reichweite der Datenverbin-

dung könnten Fahrzeuge, die sich bereits in einem Stau befinden, hinter ihnen liegende Fahrzeuge nicht nur vor dem Stauende, sondern ggf. bereits vor einer möglichen Ausfahrt auf eine Umgehungsstraße lotsen.

Automatisierte Personentransportsysteme:

Konvergenz von kollektiven und individuellen Verkehrsmitteln

Automatisierte Personentransportsysteme gelten nicht mehr als Neuheit. In vielen Städten weltweit und auf fast jedem Kontinent sind fahrerlose Schienenfahrzeuge aktiv. Die Einsätze der Züge sind vielfältig. Grob eingeteilt werden die Fahrzeuge in »People Mover« – Fahrzeuge, die auf Kurzstrecken im öffentlichen Verkehr agieren und besonders verkehrsstarke Wege entlasten – und Personal Rapid Transit Fahrzeuge (PRT), die im Gegensatz zu Ersteren auf den Individualverkehr zugeschnitten sind.

Viele dieser Fahrzeuge eignen sich sowohl für den Individual- als auch für den öffentlichen Verkehr und können auf beiden Seiten eingesetzt werden. So können einige People Mover, welche außerhalb der Rushhour nicht ausgelastet sind, auch für den Individualverkehr genutzt werden. Eine definitorische Grenzziehung erweist sich hier demnach als schwierig (Wikipedia o.J.a).

People Mover

Bei den People-Mover-Fahrzeugen gibt es unterschiedliche Antriebsarten, darunter auch die seilgezogenen Kabinen- oder Gondelbahnen. Beispiele hierfür sind die MiniMetro in Perugia, das System Sk am Flughafen Paris-Charles-de-Gaulle und der Cable Liner am Flughafen Birmingham – eine Gondel, die auf Schienen von einem Kabel gezogen wird – sowie die SkyMetro am Flughafen Zürich, die auf einem Luftkissen durch einen Tunnel schwebt. Einschienenbahnen stellen eine weitere Kategorie von People Movern dar. Hier erfährt das Fahrzeug die Führung und Stromversorgung über eine einzelne Schiene. Das kann über Hänge- wie auch über Schienentriebwagen laufen. Im gegenwärtigen Verkehr findet man diese beispielsweise in Dortmund, Düsseldorf und auf vielen Flughäfen weltweit (Wikipedia o.J.a).

Die Steuerung vollautomatischer Schienenfahrzeuge erfolgt ferngesteuert über die Datenkommunikation zwischen dem Rechner des Schienenfahrzeugs und dem der Streckenausrüstung. Das automatische Zugsteuerungs- und Sicherungssystem nennt sich Automatic Train Control (ATC). Es verbindet die Bahnzüge mit der Steuerung und Sicherung der Strecke und übernimmt die Rolle des Fahrers bzw. der Fahrerin. Dabei herrscht ein konstanter Datenaus-

tausch zwischen den Rechnern der Strecke, der Leitzentrale und dem Rechner des Zuges (Siemens AG 2012). Innerhalb des Zuges agiert das Automatic Train Operation System (ATO), das den Zug steuert, indem es die Geschwindigkeit und Abstände regelt, gezielt bremst und dadurch die Fahrweise optimieren und flexibilisieren kann.

Eine automatische Zugsicherung, Automatic Train Protection (ATP), bewacht und korrigiert das ATO. Es überwacht die Abstandshaltung und Hinderniserkennung, die Funktionen der Türen, den Abfahrtsbefehl und kann im Notfall den Zug sofort anhalten und entsprechende Maßnahmen ergreifen. Die Aufgabe eines Fahrzeugführers wird durch den Einsatz der Systeme unbedeutend. In seltenen Fällen werden allerdings noch Sicherheitspersonen zur Bewachung der Systeme oder Zugbegleitung eingesetzt, die notfalls eingreifen können und im Wesentlichen zu einem sicheren Gefühl der Fahrgäste beitragen sollen.

Personal Rapid Transit

Hinter dem Begriff »Personal Rapid Transit« – auch Podcar genannt – verbirgt sich ein ambitioniertes Verkehrskonzept, das die Vorteile von öffentlichem und individuellem Verkehr effektiv vereinen soll. Das grundlegende Konzept ist denkbar einfach: Kleine, selbst fahrende Kabinen bringen ihre Passagiere, einem Taxi gleich, bequem und schnell ans Ziel, allerdings so effizient und umweltfreundlich wie Bus, Bahn oder andere öffentliche Verkehrsmittel. Die Abgrenzung zu diesen erfolgt hier vor allem über den Aspekt der Individualität.

Podcars befördern typischerweise drei bis maximal sechs Personen, sie folgen keinem Fahrplan und sind individuell zu benutzen. Die Bedienung ist bewusst einfach gehalten und lässt sich am ehesten mit einem horizontalen Lift vergleichen. Man wählt sein Fahrtziel, betritt die Kabine und lässt sich ohne Zwischenstopp bis zum gewünschten Zielort transportieren. Während öffentliche Verkehrsmittel einem fixen Fahrplan folgen und Wartezeiten von bis zu 20 Minuten keine Seltenheit sind, liegt die Wartezeit für ein Podcar laut Herstellerangaben bei gerade mal zehn Sekunden – obwohl die Maximalgeschwindigkeit einer Kabine »nur« 40 Stundenkilometer beträgt.

Die technische Umsetzung von PRT-Konzepten ist ebenfalls sehr einfach, da die notwendige Technik größtenteils in den Kabinen selbst steckt. Die meisten Podcars (etwa die der gängigen Hersteller Ultra Global PRT oder 2getthere) rollen auf konventionellen Gummireifen, angetrieben von einem Elektromotor innerhalb einer mit 25 Zentimeter hohen Seitenschwellen begrenzten Fahrtras-

se. Sensoren messen kontinuierlich den Abstand zu dieser Begrenzung und zu anderen Podcars und halten die Kabine so in der Spur. Zusätzlich orientiert sich das System an Funktranspondern, die in die Fahrbahnbegrenzung eingelassen sind, um ständig die eigene Position und die anderer Podcars zu ermitteln.

PRT ist allerdings keine Innovation des 21. Jahrhunderts, sondern ein Verkehrskonzept, das im Zuge der Vision des vollautomatisierten Fahrens eine Renaissance erlebt. Bereits in den 1960er und 1970er Jahren wurde dieses Feld auf breiter Basis erforscht, auch wenn die praktischen Umsetzungen dieser Zeit nur einige und nicht alle Aspekte moderner PRT-Konzepte aufgriffen. Zu nennen sind besonders das 1973 eröffnete Morgantown-PRT-System, welches zwar eine deutliche Nähe zum Verkehrsmittel Straßenbahn aufweist, aber dennoch bis heute im Dienst steht. Die eigentliche Innovation dieses Konzepts liegt in der Verlagerung der betriebsnotwendigen Technik von der Fahrtrasse in die Kabine.

Während frühere PRT-Konzepte vor allem auf Linearmotoren setzten, was kostspielige Baumaßnahmen wie die Integration von Elektromotoren und entsprechenden Weichen in die Fahrtrasse nach sich zog, basieren aktuelle Konzepte auf Elektromotoren mit einer Leistung von zwei Kilowatt, deren Akkus automatisch außerhalb des Betriebs geladen werden. Addiert man hierzu noch die geringen Energiekosten im Betrieb von 0,55 Megajoule pro Personenkilometer (50 Prozent weniger als etwa bei einem Bus), ergibt sich ein Bild, das die Aspekte Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Komfort miteinander vereint. Das PRT-Konzept am Londoner Flughafen Heathrow des Herstellers Ultra Global PRT, eines der aktuell prominentesten umgesetzten Konzepte, spart nach Angaben des International Institute for Sustainable Transportation rund 800.000 Euro pro Jahr ein und befördert Fahrgäste dreimal so schnell wie ein Bus auf derselben Strecke.

Der Blick auf PRT-Konzepte und -Systeme variiert von Betrachter zu Betrachter. Während die Hersteller selbst Podcars nur als Ergänzung zu bestehenden Nahverkehrssystemen propagieren, gehen die Meinungen darüber hinaus stark auseinander. Skeptische Stimmen, wie etwa die von Verkehrsforscher Andreas Knie, prophezeien diesen Konzepten nur eine sehr eingeschränkte Umsetzbarkeit und halten ihren Einsatz, wenn überhaupt, lediglich in relativ geschlossenen Arealen wie etwa Flughäfen für effektiv möglich (Iken 2012).

Entscheidend bleibt jedoch die Akzeptanz in der Bevölkerung. Die Vorstellung, sich in vollkommene Abhängigkeit von einem automatischen System zu begeben, bereitet den meisten Menschen instinktiv noch immer Unbehagen (Donner 2005). Ausreichende Vermittlung und Aufklärung der potenziellen

Nutzerinnen und Nutzer sowie spürbare Verbesserungen können den Konzepten zur Akzeptanz verhelfen (Steeger 2011). Bis jetzt werden sie an vielen Orten weltweit angenommen und es folgen immer mehr – Großprojekte werden derzeit in Warschau, Malaysia und Abu-Dhabi bearbeitet und auch in Deutschland sind weitere Automatisierungen geplant.

Raúl Rojas, Professor der FU Berlin im Feld künstliche Intelligenz, arbeitet daran, Fahrzeuge im täglichen Straßenverkehr vollautomatisiert fahren zu lassen. Für ihn lässt sich die Vision des automatisierten Fahrens nur »auf dem Schleichweg über immer bessere Fahrassistenzsysteme« (Löwer 2011) verwirklichen – und genau hier liegt die Anschlussfähigkeit von PRT-Konzepten an den Diskurs um das automatisierte Fahren. Seien sie nun alltagstaugliche Alternativen zum öffentlichen Personennahverkehr oder Nischenprodukte für begrenzte Areale: PRT-Konzepte bieten eine Möglichkeit, praxisnah zu beobachten und zu analysieren, inwieweit sich, auf dem aktuellen Stand der Technik, automatisierte Fahrssysteme in bestehende Verkehrskonzepte integrieren lassen.

Bis jetzt werden automatische Personentransportsysteme mitunter im Zuge verschiedener Projekte eingeführt, regulär finden sich solche Systeme aber an Knotenpunkten und Orten erhöhter Mobilität wie etwa an Flughäfen und in hoch frequentierten Städten. »Automatisierte U-Bahnen sind energieeffizienter, pünktlicher und optimieren automatisch und in Echtzeit den Fahrbetrieb« (Siemens AG 2012).

In Zeiten steigender Mobilität und Verstädterung bietet der öffentliche Nahverkehr nur wenige Kapazitäten zur Erweiterung. Um der mobilen und demografischen Entwicklung gerecht zu werden, müssen neue Lösungen auf technischer und innovativer Ebene gefunden werden. Automatisiert fahrende Schienenfahrzeuge bieten eine mögliche Antwort. Inwieweit PRT-Systeme die konventionellen Strukturen des öffentlichen Personennahverkehrs verändern oder erweitern können bzw. wie weit diese Konzepte als Brückentechnologie zur Genese des alltagstauglichen teilautomatisierten Fahrens dienen können, wird die technologische Entwicklung der nahen Zukunft zeigen.

Automatisierung im Güter- und Wirtschaftsverkehr

Auch im Straßengüterverkehr gibt es seit längerer Zeit Automatisierungsversuche, wie das elektronische Koppeln von Lkws zu Kolonnen. So könnten nahezu beliebig viele Fahrzeuge gekoppelt, aber auch problemlos wieder entkoppelt werden, um einzeln weiterzufahren. Erste Versuche dazu gab es bereits im

Projekt Prometheus, das eine solche »elektronische Deichsel« im Unterprojekt Convoi erprobte.

Im Jahr 2000 versuchte Daimler dies erneut. Dabei wird der erste Lkw ganz normal von einem Fahrer gesteuert. Im darauf folgenden übernimmt jedoch ein Assistenzsystem die Kontrolle über das Fahrzeug. Verschiedene Sensoren ermöglichen, dass das System mit nur minimaler Verzögerung Geschwindigkeits- oder Richtungsänderungen des vorausfahrenden Fahrzeugs erkennt und diesem folgt. Auf diese Weise können theoretisch beliebig viele Fahrzeuge aneinandergekoppelt werden. Die Wagen können enger hintereinanderfahren und es wird nur ein Fahrer benötigt.

John Whitelegg, Herausgeber der Zeitschrift »World Transport Policy & Practice«, kommentierte die Vorstellung eines solchen Konzepts mit den Worten: »Oh, it's great. We call it railways«. Andersherum versuchen Hersteller von Zügen, Vorteile des Lkw auf Güterzüge zu übertragen. Für solche Anforderungen sind autonome Triebwagen konzipiert. Diese sollen führerlos und bedarfsorientiert den Transport von Firmengelände zu Firmengelände organisieren. Autonomes Fahren ist auf Schienen wesentlich einfacher zu realisieren als auf Straßen. Die Querführung wird von der Schiene übernommen, die Spurführung stellt somit im Gegensatz zu Straßenfahrzeugen kein Problem dar. Aktuell befinden sich zwei Konzepte in der Entwicklung: zum einen »Selbsttätig Signalgeführte Triebfahrzeuge« (SST), die vollständig autonom fahren und die normalen Signalanlagen erkennen und interpretieren können, und zum anderen mit einem Zentralrechner gekoppelte Triebwagen wie der Cargomover, an dem Siemens zusammen mit der RWTH Aachen arbeitet (Mairhofer 2004).

Tatsächlich, so Ulrich Meyer, sei es schon etwas kurios, dass Versuche, die Bahn zu optimieren, darauf hinauslaufen, Lastwagen zu imitieren, und Versuche, Lastwagen zu optimieren, zu Zügen auf der Straße führen (als Grundlage dieses gesamten Abschnitts vgl. Meyer 2014).

Ein hochaktueller und sehr umfassender Überblick über die Potenziale und Grenzen der Anwendbarkeit von Automatisierungstechnologie im Gütertransport findet sich bei Heike Flämig (2015). Er konnte für diese Studie leider nicht mehr verarbeitet werden.

Automatisches Fliegen, Drohnen im Lieferverkehr und in der Kriegsführung

In der Luftfahrt sind die Möglichkeiten der Automatisierung groß und lange erprobt. Dabei ist die Technik nicht nur bedeutend für militärische und zivile Transportzwecke, sondern eröffnet auch neue Einsatzgebiete hochautomatisier-

ter Lösungen. So nimmt z. B. auch im Bodenservicebereich des zivilen Flugverkehrs die Automatisierung zu: Beispiele aktueller Versuche setzen auf Flotten fünfsitziger Minishuttles, die Passagiere – nach Scannen der Bordkarten – automatisch zu den Gates auf dem Vorfeld kutschieren. In maximal sieben Minuten soll jeder Punkt des Flughafens erreichbar sein. Das hat ökonomische wie ökologische Vorteile: 30.000 Tonnen Kerosin ließen sich beispielsweise pro Jahr am Frankfurter Flughafen einsparen, wenn die Rollzeiten der Flugzeuge um lediglich fünf Minuten verkürzt werden könnten (Stirn 2012).

Ein relativ neues Thema sind autonome Fluggeräte, sogenannte Drohnen. Während bei Frachtdrohnen der Pilot ganz entfallen könnte, wird dieser Schritt nach Ansicht von Jean Botti, der im Forschungsvorstand des europäischen Luftfahrtkonzerns EADS sitzt, im Personentransport nicht aus technischen, sondern aus psychologischen Gründen zunächst nicht erfolgen. »Selbst wenn alles automatisch abläuft, fühlen sich die Passagiere besser, wenn im Cockpit jemand sitzt« (Stirn 2012 im Gespräch mit Jean Botti).

Drohnen waren bis vor kurzem noch beinahe ausschließlich in der militärischen Anwendung ein Begriff. Sie werden von einem oder mehreren Piloten ferngesteuert, die sich in einer Einsatzzentrale am Boden befinden und über eine Funkverbindung Kontakt zum Flugobjekt halten. In den Militärbeständen der USA befinden sich aktuell rund 7.500 Drohnen und weitere 12.000 unbemannte Fahrzeuge am Boden. Militärdrohnen wie »Reaper« oder »Avenger« können allerdings teilweise automatisiert fliegen, auf Flugzeugträgern landen und Angriffe ausführen. Sie fallen damit in die Kategorie hochautomatisierter Systeme (Singer 2012).

In Zukunft könnten vor allem nicht militärische Bereiche von Drohnen sehr profitieren: Zwar ist der deutsch-amerikanische »Euro-Hawk«, eine der größten Drohnen mit 40 Metern Spannweite, zu Aufklärungszwecken und zur Erfassung von Telefongesprächen gedacht, böte aber ebenfalls die Möglichkeit, hochautomatisierte Logistikaufgaben zu bewältigen: Die Drohne fliegt mit einer Geschwindigkeit von bis zu 600 km/h, kann bis zu 30 Stunden in der Luft bleiben und über 20.000 Kilometer weit fliegen (Meyer 2011; Northrop Grumman Corporation 2010).

Im Raum steht auch der Einsatz von Drohnen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit sowie der Aufklärung und Auflösung von Unfallsituationen. In einem Forschungsprojekt des Netzwerks ITuS wird die Möglichkeit des Einsatzes geprüft, um schnell und umfassend einen Überblick über Situationen am

Unfallort zu erhalten und aus der Vogelperspektive ggf. Beiträge zur Aufklärung des Unfallhergangs zu liefern.

Sogenannte Mikrokopter gehen schließlich noch einen Schritt weiter auf der Skala automatisierter Systeme – in diesem Fall kann man von Vollautomatisierung sprechen. Diese Fluggeräte werden in Gruppen eingesetzt und organisieren sich selbstständig – etwa nach Prinzipien der Schwarmintelligenz – ohne zentrale Kontrolle mittels mobilen Datenaustauschs. Das Prinzip ist dasselbe wie bei der C2C-Kommunikation. Der Automatisierungsgrad geht sogar noch einen Schritt weiter: Kooperation ist ohne Wissen voneinander und sogar ohne Kommunikation untereinander möglich, wenn es beispielsweise nur eine einfache Zielvorgabe gibt, die ständig überprüft wird.

Wenn es etwa darum geht, eine Kiste von A nach B zu bewegen, kann jeder eingesetzte Mikrokopter anhand der Position der Kiste erkennen, ob sich diese bereits am Ziel befindet. Ist das nicht der Fall, besteht die Aufgabe noch und die Ausführung ist notwendig. So ist Kooperation ohne differenzierte Vorgaben möglich. Diese Art von Schwarmintelligenz basiert auf der Logik von Fischschwärmen: Folge dem Fisch vor dir und halte die Geschwindigkeit des Fisches neben dir. So gibt es eine Richtungsvorgabe und eine Information über die Geschwindigkeit (Stieler 2012).

Die Einsatzmöglichkeiten der Mikrokopter sind vielfältig. Sie werden heute u. a. bereits für dreidimensionale Landvermessung eingesetzt, wo keine GPS-Koordinaten erfasst werden können, da es sich um Schluchten oder Höhlen handelt. Auch bietet sich wie bei Drohnen der logistische Einsatz an. Inzwischen arbeiten innovative Unternehmen wie Matternet an der Umsetzung solcher Vorhaben. Matternet plant die Umsetzung eines fliegenden Paketdienstes mit einem dichten und weltweiten Netz von Basisstationen, von denen aus Pakete von Station zu Station weitergereicht werden. Damit ist z. B. medizinische Versorgung in schwer erreichbaren Gebieten möglich, wie im Imagevideo der Firma gezeigt wird (Matternet 2011). Auch kommerzielle Anwendungen befinden sich in der Pipeline: Die Firma TacoCopter plant einen Taco-Lieferservice für Nordamerika (TacoCopter Inc. o. J.). Und es überrascht nicht, dass auch die Firmen Google, Amazon und Ebay mit drohnenbasierten Logistikkonzepten experimentieren.

Der Einsatz solcher unbemannten und hochautomatisierten Fluggeräte ist jedoch – wie auch bei Fahrzeugen im Straßenverkehr – nach aktueller Lage nicht rechtens. Die Luftfahrtverordnung gibt zumindest in Deutschland vor, dass Fluggeräte das Sichtfeld eines Operierenden nicht verlassen dürfen. Das

deutsche Luftrecht kennt explizite Regelungen zu unbemannten Flugsystemen nur im Fall von Flugmodellen.

Für andere Systeme fehlen Bestimmungen zur Musterzulassung, zum Betrieb und zum Verhalten im Flugraum ebenso wie eine Regelung zur Lizenzpflicht des Personals. Daraus folgt, dass in Deutschland unbemannte Luftfahrzeuge grundsätzlich nicht betrieben werden dürfen (Deutscher Bundestag 2011: 118). Aktuell gibt es jedoch Pläne, die Rechtslage für kommerzielle Anwendungen zu lockern (Stieler 2012).

Automatisierung für landwirtschaftliche Anwendungen

Bei Fahrzeugen, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden, hat die Automatisierung inzwischen ebenfalls erste Entwicklungen etabliert. Das hängt damit zusammen, dass Erntemaschinen oft mit Hindernissen wie Strommasten oder Bäumen kollidieren. Die Ursache ist meist menschliches Fehlverhalten durch Hektik oder Zeitdruck sowie die Überforderung, viele Dinge gleichzeitig überwachen zu müssen.

Daher werden bei diesen Aufgaben zunehmend automatische Lenksysteme eingesetzt. Sie arbeiten auf Basis des Global Positioning Systems (GPS). Allerdings sind die zugrundeliegenden Karten manchmal nicht ganz aktuell und beinhalten vor allem nicht alle Hindernisse. Ein europäisches Forschungsprojekt namens Quad-AV arbeitet daran, die Fahrerinnen und Fahrer auch durch die Berücksichtigung unerwarteter Hindernisse zu entlasten. Hier kommen unterschiedliche Sensorensysteme wie 3D-Laserscanner, Radar oder Infrarotkameras zum Einsatz (Hänßler 2012).

Zukünftig könnten hier mehrere Systeme zur Abstimmung der Prozesse intelligent vernetzt werden. So könnte ein Landwirt einen Mähdrescher bedienen, während andere Fahrzeuge, die das Getreide abtransportieren, sich mittels C2C nach dem Mähdrescher ausrichten. Auch die vollautomatisierte Ernte inklusive Abtransport wäre in einem weiteren Schritt denkbar.

Rechtliche Fragen und die Sicherheitsthematik

Im Zusammenhang mit digitalen automatisierten Anwendungen wird das Thema Sicherheit immer wieder erwähnt – einerseits als Grenze möglicher automatisierter Anwendungen (z. B. bei automatisierten Fluggeräten und Fahrzeugen), andererseits als Antrieb zur Weiterentwicklung existierender Systeme (z. B. in der Landwirtschaft und im Straßenverkehr allgemein). Sicherheit und Recht-

sprechung zeichnen sich hier durch gegenseitige Bedingtheit aus (zur rechtlichen Situation vgl. Gasser 2015; seine Ausführungen konnten für diesen Beitrag nicht mehr umfassend berücksichtigt werden).

Die praktische Auswirkung einer zunehmenden Automatisierung lässt sich aktuell noch nicht abschätzen, da zu viele relevante Faktoren bislang unbekannt oder nicht erfassbar sind. Der theoretische Effekt lässt sich allerdings überaus deutlich anhand der Unfallstatistiken nachvollziehen. Bedenkt man, dass über 90 Prozent der heutigen Unfälle auf menschliches Versagen und/oder menschliches Fehlverhalten zurückzuführen sind, kann man davon ausgehen, dass eine zunehmende Automatisierung sich positiv auf die Vermeidung von Unfällen auswirken könnte.

Allerdings gilt es zwei Aspekte zu beachten. Zum einen muss davon ausgegangen werden, dass es eine geringe Zahl von Unfallkonstellationen gibt, die sich auch durch eine Erhöhung des Automatisierungsgrades nicht verhindern lassen. Zum anderen ist zu erwarten, dass mit dem Grad der Hochautomatisierung ein spezifisches Automatisierungsrisiko einsetzt, welches als »selbstständiges maschinelles (vom/von der Fahrer/in unabhängiges) Steuerungs- und Einsatzrisiko« definiert werden kann. Zwar beschränkt sich dieses Risiko auf mögliche elektrische und elektronische Fehler und Risiken, die sich aus der von der Sensorik begrenzten Wahrnehmung der Außenwelt ableiten (z. B. Wahrscheinlichkeitsprognosen), doch muss es als neue eigenständige Spielart des Risikos analysiert und hinterfragt werden.

Obwohl eine grundsätzliche technische Vergleichbarkeit zwischen dem neuen selbstständigen und dem bisherigen unselbstständigen Automatisierungsrisiko besteht, erscheint eine rechtliche Vergleichbarkeit weitaus schwieriger, vor allem im Hinblick auf die ungeklärte gesellschaftliche Akzeptanz automatisierter Fahrprozesse.

Im Wegfall des Fahrers bzw. der Fahrerin, als bisherige Verantwortliche für die Konsequenzen einer automatisierten Systementscheidung, spiegelt sich der wesentliche Aspekt der Unsicherheit und der fehlenden Akzeptanz gegenüber automatisierten Fahrsystemen. Es ist davon auszugehen, dass die fehlende Akzeptanz tatsächlich der eigentliche Hinderungsgrund einer Einführung von Automatisierung ist und nicht die für die Risikosituation einschlägigen rechtlichen Rahmenbedingungen.

Neben der Akzeptanz sind die Möglichkeiten der Einführung teil-, hoch- und vollautomatisierten Fahrens durch rechtliche Rahmenbedingungen vorerst noch vorgegeben. Während im europäischen Raum größtenteils das Wiener

Übereinkommen die Hauptrichtlinien der Straßenverkehrsordnung und damit der Automatisierung einheitliche Bedingungen festlegt, werden beispielsweise in den USA Gesetze zugunsten automatisierter Mobilitätskonzepte erweitert.

Um Auswirkungen rechtlicher Vorgaben in Deutschland auf die Implementierung automatisierter Mobilitätstechnologie näher zu betrachten, werden im Folgenden zunächst die Inhalte des Wiener Übereinkommens und der Straßenverkehrsordnung beschrieben; anschließend werden die Auswirkungen dieser Gesetzestexte auf die Einführung automatisierten Fahrens beleuchtet.

Das Wiener Übereinkommen

Das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr wurde am 8. November 1968 von 37 Ländern beschlossen. Ziel war die einheitliche Regelung von Verkehrsregeln zur Erleichterung des internationalen Straßenverkehrs und Erhöhung der Sicherheit auf der Straße. Bestimmungen über Verhalten bei bestimmten Manövern, für Verkehrskreuzungen und Verkehrszeichen sowie weitere Standardsituationen im Straßenverkehr sind in diesem Vertrag geregelt (Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2005).

Ein weiterer Bestandteil sind die technischen Voraussetzungen für die Teilnahme am Straßenverkehr. Die Vertragspartner haben jedoch die Möglichkeit, unter der Bedingung der Vereinbarkeit der aufgeführten Bestimmungen, einzelne davon nicht zu übernehmen, welche für Verhältnisse gelten, die in diesem Land nicht vorkommen, und weitere hinzuzufügen, die im Vertrag nicht aufgeführt wurden. Die Unterzeichnung verpflichtet die Vertragspartner zur Ergreifung erforderlicher Maßnahmen zur Einhaltung bestimmter Verkehrsregeln. Das Übereinkommen wurde bis jetzt in etwa 70 Staaten in Kraft gesetzt, darunter in Deutschland, jedoch nicht in den USA (Bundesversammlung 2007).

Im Artikel 8 des Wiener Übereinkommens ist festgelegt, dass »jedes Fahrzeug und miteinander verbundene Fahrzeuge, wenn sie in Bewegung sind, einen Führer haben müssen«. Nach der Begriffsbestimmung in Artikel 1 v) ist der »Führer« definiert als »jede Person, die ein Kraftfahrzeug oder ein anderes Fahrzeug (Fahrräder eingeschlossen) lenkt [...]« (Bundesversammlung 2007). Diese Person muss die erforderlichen körperlichen und geistigen Fähigkeiten und Kenntnisse mitbringen, die notwendig sind, um ein Fahrzeug zu führen. Diese Regelung ist weitläufig interpretierbar und schließt eine anderweitige Beschäftigung neben der des eigentlichen Fahrens per se nicht zwangsläufig aus. Weiterhin ist in Artikel 13 geregelt, dass »jeder Fahrzeugführer unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen muss, um den Sorgfaltspflichten genügen

zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen« (ebd.).

Inwieweit diese Regelung das Fahren mit automatisierten Fahrzeugen im Straßenverkehr ermöglicht oder behindert, ist je nach Automatisierungsgrad und Interpretation unterschiedlich. Es ist allerdings festzuhalten, dass das Fahrzeug zu jeder Zeit beherrscht werden können muss – was hoch- und vollautomatisierte Systeme prinzipiell nicht zulässt. Allerdings waren zur Zeit der Unterzeichnung automatisierte Systeme anstelle eines menschlichen Fahrers nicht Zweck und Inhalt des Abkommens. Das Wiener Übereinkommen stellt daher kein zwangsläufiges Hindernis dar.

Die Straßenverkehrsordnung (StVO)

Im Hinblick auf die rechtliche Situation automatisierten Fahrens im Rahmen der Straßenverkehrsordnung (StVO) muss zunächst einmal der Charakter der StVO als Verhaltensrecht, welches dem Fahrer bzw. der Fahrerin Rechte und Pflichten auferlegt, festgehalten werden. Ein Aspekt ist hier vor allem entscheidend: Das Vorsichts- und Rücksichtnahmegebot des ersten Artikels der StVO muss für alle weiteren Aspekte und Teilbereiche berücksichtigt werden.³

Der direkte inhaltliche Bezug auf die Verkehrsteilnehmenden (etwa dass sie nur so schnell fahren dürfen, wie es die persönliche Beherrschung des Fahrzeugs zulässt) macht einen pauschalen Übertrag auf automatisierte Fahrsysteme schwierig. »Vorausgesetzt wird hierbei implizit ein verkehrserhebliches (menschliches) Verhalten, also ein Handeln oder pflichtwidriges Unterlassen des Verkehrsteilnehmers« (Gasser 2012: 12). Überträgt man diesen Grundgedanken auf das automatisierte Fahren, ergibt sich daraus, dass, gemäß den oben eingeführten und auf den vorigen Seiten verwendeten Definitionen, teilautomatisierte Systeme aufgrund der permanenten Überwachung durch den Fahrer oder die Fahrerin völlig im Einklang mit § 1 der StVO und damit zulässig sind.

Im Fall einer Hoch- oder Vollautomatisierung erschöpft sich die Auslegungsgrenze der StVO allerdings dann, wenn es der fahrzeugführenden Person erlaubt wird, sich von ihrer Fahraufgabe abzuwenden und auf die permanente Überwachung der Fahrbahn und der Verkehrsumgebung zu verzichten. Hoch-

3 | StVO § 1: (1) Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht. (2) Jeder Verkehrsteilnehmer hat sich so zu verhalten, dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder mehr, als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird.

und vollautomatisierte Fahrssysteme wären unter diesem Gesichtspunkt, auch wenn man eine laufende Anpassung des Straßenverkehrsrechts an immer neue technische Gegebenheiten zugrunde legt (Jagow/Burmann/Heß 2008), zum aktuellen Zeitpunkt nicht zulässig.

Ein möglicher Übertrag bestehender rechtlicher Grauzonen, wie etwa des freihändigen Fahrens, welches per Definition der StVO zwar ein pflichtwidriges Verhalten darstellt, aber ohne konkrete Gefährdung weder verboten noch ordnungswidrig ist, lässt sich kaum vertreten. Obwohl besagter Fall hinsichtlich seiner Auswirkungen durchaus Gemeinsamkeiten mit einer teilautomatisierten Lenkfunktion aufweist, ist er angesichts der technischen Leistungsfähigkeit nicht damit gleichzusetzen. Eine Vergleichbarkeit und ein damit verbundener rechtlicher Übertrag sind somit nicht gegeben.

Es ist also festzuhalten, dass im Wiener Übereinkommen rechtliche Grundlagen bezüglich des Fahrers und seiner Kontrollfunktion gegeben sind. Diese lassen sich jedoch weitläufig interpretieren und schränken die Einführung teilautomatisierten Fahrens nicht zwangsläufig ein. Hoch- und vollautomatisierte Systeme sind nach der Regel der ständigen Beherrschbarkeit jedoch nicht zugelassen.

Weiterhin wird deutlich, dass auch innerhalb der allgemeinen Straßenverkehrsordnung in Deutschland eine Zulassung vollautomatisierten Fahrens in der jetzigen Fassung nicht möglich ist. Dafür bedarf es einer Reform bzw. einer Erweiterung der StVO. Diese können nur erfolgen, wenn sie gesellschaftlich akzeptiert werden. Wie vorher ausgeführt, ist ein wesentlicher Aspekt fehlender Akzeptanz die Verantwortung bzw. die Haftung. Inwieweit der Hersteller oder der Fahrer selbst für die Fahrzeugführung haften kann, ist für die Einführung der Automatisierung daher von besonderer Bedeutung. Im Folgenden wird dafür die aktuelle Rechtslage auf automatisierte Fahrzeuge angewandt.

Haftungsfragen

Die Frage nach den haftungsrechtlichen Implikationen automatisierten Fahrens dreht sich um zwei zentrale Gesichtspunkte: »Einerseits die Haftung nach dem Straßenverkehrsgesetz (StVG), andererseits die Haftung des Herstellers für fehlerhafte Produkte (Produkthaftung)« (Gasser 2012: 27). Im ersten Fall ergibt sich eine relativ problemlose Anwendbarkeit der aktuellen Rechtslage auch für hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge.

Sowohl die Haftung des Fahrzeughalters (StVG § 7) als auch die Kfz-Haftpflichtversicherung (§ 1 PflVG, § 115 Abs. 1 S. 1 Ziff. 1 und S. 4 VVG) lassen sich

auf besagte Fahrzeugsysteme übertragen, sofern man im letzteren Fall davon ausgeht, dass automatisierte Fahrzeugsysteme nicht mehr im Sinne aktueller Kraftfahrtversicherungsbedingungen als »spezielle Fahrzeugart«, sondern als normaler Regelfall eingestuft werden. Im besten Fall problematisch bleibt die in § 18 des StVG festgehaltene Fahrzeugführerhaftung, welche in Abs. 1 davon ausgeht, der Fahrzeugführer hätte schuldhaft bei der Fahrzeugführung gehandelt.

Im Fall der Hoch- und Vollautomatisierung kommt es hier zu dem Widerspruch, dass ein von der Fahraufgabe vollständig befreiter Fahrer im Sinne des Gesetzes gar nicht schuldhaft bei der Fahrzeugführung handeln kann. Da bei einem Vorfall die Beweislast aufseiten des Fahrers läge, welcher nachzuweisen hätte, unter der Nutzung eines hoch- bzw. vollautomatisierten Systems gefahren zu sein, bedarf dieser Rechtsaspekt einer Überarbeitung, um der generellen Schuldvermutung gegenüber dem Fahrzeugführer entgegenzuwirken.

In der Produkthaftung kommen zwei relevante Aspekte zur Anwendung: einerseits die Haftung für die Fehlerhaftigkeit des Produkts sowie ein etwaiger kausal aus der Fehlerhaftigkeit entstandener Schaden (§ 1 Produkthaftungsgesetz und § 823 Abs 1. BGB). Hier muss allerdings zwischen Teil- und Vollautomatisierung unterschieden werden. Bei der Teilautomatisierung muss im Falle der Fehlerhaftigkeit des Produkts immer von einem Zusammenhang zwischen Konstruktion und begleitender Instruktion seitens des Herstellers ausgegangen werden. Da teilautomatische Fahrssysteme nur innerhalb einer bestimmten Reihe von Systemgrenzen operieren können, ist nicht davon auszugehen, dass die Absicherung dieser Systemgrenzen allein konstruktionsseitig zu bewältigen ist. Zwingend erforderlich ist hierbei also die begleitende Instruktion zum Zwecke des sicheren und bestimmungsgemäßen Gebrauchs. Auf dieser Basis kann im Schadensfall dann zwischen Fehlgebrauch und Missbrauch unterschieden werden.

Handelt es sich um einen unbewussten, falschen Gebrauch seitens des Fahrers oder der Fahrerin, den der Hersteller nicht bedacht hat, spricht man von einem Fehlgebrauch, in dessen Fall der Hersteller für aufgekommene Schäden weiterhin haftbar wäre. Beispiel: Der Nutzer eines mit ABS ausgestatteten Fahrzeugs glaubt, dass der Bremsweg unter allen Umständen durch das FAS verkürzt wird, und akzeptiert daher kürzere Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug (Marberger 2007: 13). Ein Missbrauchsfall läge vor, wenn sich der Fahrzeugführer bewusst und mehrfach über ihm bekannte und erläuterte Systemgrenzen hinweggesetzt hätte.

Beispiel: Die Nutzerin eines Fahrzeugs mit Spurassistent gebraucht das System, um ihre visuelle Aufmerksamkeit (auf freier Strecke) auf andere Dinge (z. B. das Suchen von Gegenständen im Fußraum des Beifahrerplatzes) richten zu können. Obwohl in der Bedienungsanleitung ausdrücklich darauf hingewiesen wird, die visuelle Aufmerksamkeit nicht anderweitig zu orientieren, hat sie in der Vergangenheit keine schlechten Erfahrungen mit diesem Verhalten gemacht und ist bereit, das FAS auch öfter für diesen Zweck einzusetzen (ebd.: 12). In diesem Fall läge keine Produkthaftung seitens des Herstellers vor. »Den bestimmungsgemäßen Gebrauch konstruktiv und mit der beigegebenen Instruktion sicherzustellen, ist dabei die entscheidende Herausforderung der Teilautomatisierung« (Gasser 2012: 31).

Für die Hoch- und Vollautomatisierung muss allerdings von einem anderen Fall ausgegangen werden. Angenommen, dass entsprechende Systeme gemäß der StVO zulässig wären, läge der Fall der Produkthaftung gänzlich anders. Da hoch- und vollautomatisierte Fahrzeugsysteme die Abwendung der Fahrzeugführenden von der Überwachungs- und Kontrollaufgabe vorsehen, findet die Unterscheidung zwischen Fehlgebrauch und Missbrauch hier keine Anwendung. Hier muss angenommen werden, dass jeder Schadens- und Unfall, der nicht ausschließlich auf das Fehlverhalten eines Dritten zurückzuführen ist, einen potenziellen Fall von Produkthaftung seitens des Herstellers darstellt. Die Begründung hierfür liegt in der Annahme, dass innerhalb eines solchen Szenarios Systemgrenzen nur noch eingeschränkt denkbar sind und ein entsprechender Schadensfall »denknotwendig kausal« (ebd.: 32) auf eine fehlerhafte Systemsteuerung zurückzuführen wäre.

Somit ist zusammenzufassen, dass im Bereich der Haftung große Teile der heutigen Rechtsprechung übertragbar sind, jedoch weitere Reformen, etwa Erweiterungen oder Änderungen für eine schlüssige und nutzergerechte Fassung, notwendig erscheinen. Dazu gehört zum einen der Paragraph der Fahrzeugführerhaftung, welcher die Beweislast seitens des Fahrers vorsieht, und zum anderen die Implementierung hoch- und vollautomatisierter Systeme in der StVO, die eine Produkthaftung seitens des Herstellers ermöglicht. Die dadurch entstehende Entlastung des Fahrzeugführers von der Letztverantwortung kann sich maßgeblich darauf auswirken, dass diese Systeme allgemein gesellschaftlich akzeptiert werden.

Die aktuelle Diskussion zur Anpassung der Rechtslage

Ausgehend von dem aus der dynamischen Entwicklung der Automatisierung resultierenden Regelungsbedarf hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) einen runden Tisch »Automatisiertes Fahren« eingerichtet. Die praktische Arbeit dieses beratenden Gremiums erfolgt in drei Arbeitsgruppen: »Recht«, »Fahrer/Fahrzeug« und »Forschung« (BMVI 2014). Die Gruppen sind seit Januar 2014 aktiv. Ihre Tätigkeit bestand zunächst in der Identifizierung und Priorisierung relevanter Themenfelder und Fragestellungen. Zwischen den Arbeitsgruppen findet ein regelmäßiger Informationsaustausch statt.

Insbesondere die AG Recht befasst sich u. a. »mit Fragen der Produkthaftung, StGB, OWiG/StVG/StVO, dem Wiener Übereinkommen, dem Fahrerlaubnisrecht und dem Datenschutzrecht« (ebd.: 1). Auf internationaler Ebene wurde ein erster Fortschritt erzielt: In ihrer letzten Sitzung im März 2014 hat die Arbeitsgruppe »Straßenverkehrssicherheit« der Wirtschaftskommission für Europa (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) einen zentralen Änderungsvorschlag zur Aktualisierung des Wiener Übereinkommens aus dem Jahr 1968 angenommen. Der vom BMVI mitgestaltete Änderungsvorschlag (neuer »Artikel 8 Absatz 5«) sieht u. a. vor, dass solche Systeme als im Einklang mit Artikel 8 Absatz 5 und Artikel 13 Absatz 1 des Wiener Übereinkommens anzusehen sind, die einschlägigen UNECE-Regelungen entsprechen. Ist Letzteres nicht der Fall, müssen die Systeme so gestaltet sein, dass sie der Fahrer übersteuern oder deaktivieren kann. Der Inkraftsetzungsprozess wird von der UNECE derzeit in die Wege geleitet.

2.2 Innovationslinie »Vernetzung und Integration« der Mobilität und der Verkehrsträger

Connected Reality

Im Sinne ihrer voranstehenden technologischen Definition ist die Digitalisierung kein absolut neues Phänomen der vergangenen Jahre, sondern beginnt bereits mit dem Einsatz der ersten Computer seit den 1960er Jahren für die Zwecke von Forschung, Wissenschaft, Militär und Wirtschaft, hier vor allem in der Produktion und später bei der Rationalisierung des Büro- und Verwaltungslebens. Bei der aktuellen Welle der Digitalisierung handelt es sich nun vor allem um die Vernetzung von Menschen, Dingen und Prozessen mithilfe digitaler Vernetzungstechnologien auf Basis von Internet und mobilen Funkfrequenzen.

Die Verbindung spezifischer Kommunikationsgeräte wie Smartphone, Tablet oder PC waren der erste Vernetzungsschritt. Diese Endgeräte werden heute einerseits immer kleiner und mobiler, andererseits in vielfältige neue Kontexte »eingebettet«. Solche kleinen Computereinheiten verbinden sich dann mit anderen Geräten des sogenannten Internets der Dinge und beziehen aus dem Netz weitere Informationen. Letztlich werden die Nutzerinnen und Nutzer selbst ein Teil des Netzes.

Intramodale Vernetzung: »Connected Driving«

So betrachtet war das Auto bislang ein relativ weißer Fleck auf der Landkarte der Digitalisierung bzw. der digitalen Vernetzung. Während in den vergangenen zehn Jahren vor allem die fahrzeuginterne Vernetzung und Digitalisierung im Vordergrund stand, gilt die Vernetzung des Autos und des Fahrens, das »Connected Driving«, nun als das nächste große Ding in der Automobilwirtschaft.

Gemeint ist die Integration des Fahrzeugs ins »Internet der Dinge«, die Vernetzung der Fahrzeuge mit einer intelligenten, ebenfalls vernetzten Verkehrsinfrastruktur (Car2X) und die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander (Car2Car). Der Austausch von stets aktuellen Positions- und Zustandsdaten über den Fahrer, das Fahrzeug und die Fahrsituation sowie die Kontextbedingungen dient dabei im weitesten Sinne der Optimierung des Fahrens und des Gesamtverkehrsflusses im Sinne von Effizienzsteigerung (Infrastrukturauslastung, Stauvermeidung, Verstetigung des Verkehrsflusses, Parkplatzsuche) und Sicherheit. Weitere eng damit verknüpfte Aspekte sind die Optimierung von Navigationsprozessen und das On-Board-Infotainment.

Diese *intramodale* Vernetzung des Systems Automobilität ist schließlich auch eng verbunden mit dem älteren Begriff bzw. Konzept der Verkehrstelematik, also intelligenten urbanen Verkehrsleitsystemen, Systemen zum Parkraummanagement etc. War die Verkehrstelematik bislang auf Auswertung von indirekten Daten angewiesen (Sensoren zur Verkehrsdichteerfassung, Staupiloten, Warnhinweise von Verkehrsteilnehmern), so entsteht aus dem angestrebten permanenten Echtzeitzugang zum Gesamtbild des vernetzten Verkehrsflusses ein weiteres enormes Optimierungspotenzial für den ruhenden wie für den fließenden Verkehr und die Verkehrssicherheit.

Eine aktuelle Marktanalyse von AutoScout24 (Continental AG/AutoScout24 GmbH 2014) sieht nach einer Befragung von Fachleuten das Ranking der folgenden Anwendungsfälle für vernetztes Fahren:

- »1. Live traffic information
2. E-Call
3. Accident prevention (M2M communication)
4. Self-diagnosis including data cloud
5. Intermodal route planning
6. Intelligent parking – showing the availability of parking spots
7. Wrong-way driver warning
8. Usage-based insurance
9. WLAN in the car
10. Synchronization of playlists«

Prinzipiell werden in der Studie die folgenden Anwendungsfälle systematisiert:

»Navigation:

- Live traffic information
- Points of interest displayed in the car
- Finding parked car
- Intelligent parking – pinpointing available parking spots
- Counterevidence for speeding tickets
- Areally/timely extension of navigation area
- Booking of parking spots in advance
- Intermodal route planning
- Automatic traffic sign recognition
- Locally-based information about events
- Offers of available parking spots
- Electronic logbook

Safety:

- E-Call
- Wrong-way driver warning
- Prevention of accidents (M2M communication)
- Health check of driver

Remote telematics:

- Remote control
- Stolen vehicle recovery

- Surveillance of the car
- Analyzing driving behavior/optimizing fuel efficiency

Infotainment:

- WLAN in the car
- Purchasing and downloading music
- Entertainment streaming into the car's displays
- Synchronization via the airwaves
- SMS messages – reading and sending
- Spotify and Internet radio
- Location-based ads
- Business functions such as calendars, address books
- Social networking in the car
- Location-sharing and tracking of friends

Insurance:

- Usage-based insurance
- Combined insurance services (e. g. bCall)
- Cross-selling offers

Diagnose:

- Self-diagnosis including data cloud
- Used car check

Car sharing:

- Ad hoc carpooling
- Combined booking of cars and parking spots
- Private car sharing without physically exchanging keys

Other:

- Reminder of forgotten mobile devices in the car
- Mobile payment of car tolls
- Concierge services
- Automatic information on delays
- Location-based memory function
- Leasing rate based on driving behavior
- Current car residual value sent to the consumer«

Intramodale Vernetzungsprozesse finden heute nicht nur im System der Automobilität statt, sondern mit hohem Optimierungspotenzial auch in anderen Verkehrssystemen wie dem schienengebundenen Verkehr (z. B. zum Zwecke der Verringerung des Abstands zwischen Zügen zur Erhöhung der Auslastung einer Strecke).

Intermodale Vernetzung: »Connected Mobility«

Die möglichst friktions- und überganglose »Mobilität aus einer Hand« – die »Seamless Mobility« oder Inter- bzw. Multimodalität – ist eine schon länger diskutierte Vision gesamtsystemischer Verkehrsoptimierung, die erst jetzt, mit den heutigen Möglichkeiten digitaler Vernetzungsstrategien und Geräte, möglich wird. Hier geht es letztlich darum, nicht mehr mit einem Verkehrsmittel alles zu machen – wie bislang in europäischen und nordamerikanischen Gesellschaften mit dem Auto –, sondern die Verkehrsträger auf eine intelligente Art zu vernetzen, nach ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen, im spezifischen Miteinander.

Die digitalen Medien und ihre diversen Applikationsmöglichkeiten spielen dabei die Rolle des technischen Integrators, im Sinne von Information, von Abgleich, Schaffen von Übergängen und integrierten Abrechnungssystemen. Vor allem die sich immer schneller verbreitenden Smartphone-Endgeräte erreichen inzwischen den Status einer »Killerapplikation« für neue Mobilitätsdienstleistungen. Sie ermöglichen in Kombination mit immer günstigeren Datenflattrates, dass die Transaktionskosten und -zeiten für die Wahrnehmung von Mobilitätsdienstleistungen signifikant sinken, die Bedienungsflächen intuitiver und nutzerspezifischer werden und der Konsum somit einen spielerisch leichten und demonstrativen Charakter erhält.

Der Zugriff auf entsprechende Internetseiten und vor allem der Einsatz sogenannter Apps von überall und zu jedem Zeitpunkt gestattet spontane Entscheidungen und Planänderungen, wie sie bisher nur mit dem eigenen Auto bequem möglich waren. Informations-, Buchungs- und Ticketingprozesse können nun komfortabel unterwegs und bedürfnisorientiert abgewickelt werden: das Finden eines freien Carsharing-Fahrzeugs in der Nähe meines Standorts und die Reservierung dieses Wagens, das alternative Suchen nach einer kurzfristigen Mitfahrgelegenheit oder der Fußweg zur nächsten ÖV-Haltestelle und die Angabe der passenden Busabfahrtszeiten – alle Prozesse erfolgen über einen Zugang.

Digitalisierung ermöglicht also die Vernetzung von Verkehrsträgern aus Sicht der Angebotsseite durch verkehrsträgerübergreifende, integrierte Vorab-

information, Planung, Buchung, Zugang, »on trip«-Information und Abrechnung. Kundinnen und Kunden können mithilfe digitaler Technologien zum ersten Mal Wegeketten in Echtzeit planen, umsetzen und korrigieren. Im Augenblick ist das Endgerät noch ein Smartphone, vielleicht bald eine Datenbrille, akustisch basierte Geräte oder eine Kombination von beidem. Qixxit, Moovel oder das Pendant Smile der Wiener Linien sind gute Beispiele für Integrationskonzepte, die bislang allerdings daran krankten, dass sie von einem Anbieter gestaltet und angeboten werden. Es geht hier grundsätzlich also auch um das Problem der Kooperation in einem konkurrenzorientierten Verkehrsmarkt, um die Frage schließlich: Wem gehören die Kunden – und vor allem: Wem gehören die Kundendaten?

Ein weiterer Funke aus der IT-Branche springt über: Die Digitalisierung ermöglicht neue Formate der P2P-Koordination von Angebot und Nachfrage, neuerdings auch »Plattformkapitalismus« genannt. Der bisherige Closed Shop der Verkehrsanbieter büßt dabei sehr wahrscheinlich sein Bollwerk ein. Junge Start-ups nutzen die Chance, mit wenig Kapital und vielen neuen Ideen Lösungen kreieren zu können, die die vorhandenen Bausteine neu verpacken, neu zusammenstellen oder Ideen aus anderen Branchen adaptieren. Besonders das Experimentieren mit Transparenz schaffenden Plattformen, die Menschen mit ähnlichen Wünschen zusammenbringen und den Austausch bzw. die Selbstorganisation in kleinen Gruppen anregen, dokumentiert den Einzug eines neuen Spirits in die Mobilitätsbranche, der an die Gründerjahre des Internets erinnert. Die Firma Uber ist im Grunde nichts anderes als eine solche Plattform, oder auch das Pilotprojekt »MyWay« von DHL in Stockholm für die Mitnahme und Auslieferung von Paketen durch Private.

Keine Software ohne Hardware

Man kann die Digitalisierung des Verkehrssystems mit der Benutzeroberfläche eines PCs oder eines Smartphones vergleichen, auf der die anklickbaren Icons, Dienste und Applikationen den Zugang zu dahinterliegenden Prozessen und Abläufen ermöglichen, die letztlich aber eben auch den Betrieb von Hardware und Infrastrukturen voraussetzen. Im Sinne dieser Metapher sind die digitalen Dienste, die Software, zwar der Eintritt in eine optimierte, weil vernetzte Verkehrswelt, aber natürlich benötigt man weiterhin die harten Infrastrukturen, die Hardware der kollektiven Verkehrsträger, Straßen- und Leuchtfeueranlagen und was sonst noch alles dazugehört. Die Vision der intermodalen, digital inte-

grierten Mobilität wird ohne einen ausgebauten und massiv ertüchtigten kollektiven Verkehrssektor nicht auskommen können.

Das folgende Szenario beschreibt zur Illustration eine idealtypische Zukunftsvision der intermodalen, digital vernetzten Mobilität.

Szenario 1: Passepartu – kuratierte Mobilität – Szenario aus dem Jahr 2043

Definition

Persönliches IT-basiertes Informations- und Beratungswerkzeug, das eine sprachbasierte Schnittstelle zur virtuellen Welt und zum alltäglich eingesetzten Maschinenpark bildet. Es ist die wesentliche Grundlage für das Angebot vernetzter kuratierter Mobilitätsdienstleistungen.

Hintergrund

Der Verkehr bedient sich, anders als die Energiewirtschaft, noch heute überwiegend bewährter Strukturen, die schon seit langem in ähnlicher Gestalt im Einsatz sind. Doch hat sich die Art ihrer Nutzung revolutioniert. Die globale Energiewende ist geprägt durch immense Raumveränderungen und einen gigantischen Ressourcenaufwand für die photovoltaische Urbarmachung der Wüsten sowie durch stahlintensive Offshore-Windparks. Sie gleicht einer Marskolonialisierung auf Erden.

Bei der ebenso dem Klimawandel geschuldeten Mobilitätswende setzen die hoch industrialisierten Leitstaaten dagegen auf ein neues Betriebssystem. Es ist eine Strategie, den Gebrauch der alten Hardware, den effizienteren Einsatz des enormen Bestands an Infrastrukturen und Fahrzeugen intelligent neu zu interpretieren. Vor allem in urbanen Räumen hat dieser Kulturwandel das Leben radikal verändert.

Passepartusystem

Der wesentliche Katalysator für diese neue Form der Mobilität war ein Produkt namens Passepartu. Es hat nicht nur, wie Apples iPhone zu Beginn des Jahrhunderts, in kürzester Zeit den Smartphonemarkt erobert und funktionell erweitert. Es ist zudem wie Tesafilm oder Ohropax zum Synonym für eine ganze Produktparte geworden. Dabei wird das kaum sichtbare Im-Ohr-Gerät seinem vielseitig auslegbaren Produktnamen in allen Belangen gerecht.

Wie ein Generalschlüssel sichert es seinem Träger oder seiner Trägerin in Kombination mit der eigenen Stimme den Zugang zu diversen Artefakten des Alltags. Ob Wohnungstür, Carsharing-Auto oder Bankkonto – das Passepartu verwandelt das gesprochene »Auf!« über digitale Pfade in eine universelle »Sesam öffne dich«-Lösung. Wie ein Rahmen bettet es zahlreiche Dienstleistungen in eine einheitliche, wohlvertraute (Stimm-)Umgebung, liest E-Mails vor, empfiehlt Zeitungsartikel und Musikstreams oder wird in Verbindung mit einem Tablet-Bildschirm zum individualisierten Schaufenster in die Welt.

Die bedeutendste Neuerung lässt sich jedoch anhand des namensgebenden Helden aus Jules Vernes »In 80 Tagen um die Welt« beschreiben. Der junge Diener Jean Passepartout übernimmt darin die Rolle des gewieften Organisationsführers für den Weltreisenden Phileas Fogg. Während dieser in Bahnabteilen und Schiffskabinen Pläne schmiedet und Entscheidungen trifft, um seine Wette der 80-tägigen Weltumrundung zum Erfolg zu führen, ist Jean Passepartout für die Exekutive verantwortlich. Er bildet Fogs lebende Schnittstelle zur fremdartigen Außenwelt.

In gleicher Weise wird das Passepartu für seine Anwender zum Dolmetscher und Torwächter in der hoch technisierten Gegenwart, die von unzähligen zu steuernden Kleinst- und Großgeräten bestimmt wird. Von endlosen PIN-, TAN- und Passwortlisten über die berufliche E-Mail-Flut und implantierte medizinische Diagnosesensoren bis hin zur Fernabfrage des Kühlschrankinhalts – alles verlangt unabhängig von der augenblicklichen Relevanz fortwährend Aufmerksamkeit, Entscheidungen und letztlich Zeit.

Durch seine ständige Erreichbarkeit wird das Passepartu zu einem zweiten, künstlichen Unterbewusstsein, das das menschliche Bewusstsein vom andauernden Entscheidungsterror entlastet. Es filtert, sortiert und strukturiert im Hintergrund. Zuverlässig arbeitet es Routinehandlungen ab und kommuniziert hierfür eigenständig mit dem allgegenwärtigen Maschinenpark. Bei Bedarf kann sich der Anwender durch die einfachste und schnellste menschliche Kommunikationsform einbringen: die Stimme. Was Anfang der 2010er Jahre mit relativ simplen Sprachbefehlen für das iPhone begann, ist inzwischen Grundlage für eine gewaltige Komplexitätsreduktion im Alltag.

Das Passepartu macht sich den Hang des Menschen zu habitualisierten Verhaltensweisen zunutze und lernt schnell, die Präferenzen seiner Anwender einzuschätzen. Je länger die Beziehung dauert, desto geringer wird der Kommunikationsaufwand zwischen Mensch und Maschine. Schon Jahr-

zehnte zuvor waren große Internetversandhändler und Musikportale in der Lage, auf der Grundlage vorheriger Wahlentscheidungen erstaunlich treffend weitere personalisierte Angebote zu unterbreiten. Das Passepartu erkennt mit großer Genauigkeit, wann der geeignete Moment ist, um den Eingang einer neuen E-Mail des Chefs zu melden, ob heute die Nutzung des Fahrrads geraten ist und welche Sonderangebote im Baumarkt relevant sein könnten. Wer trotzdem spontan die letzten E-Mail-Eingänge sehen möchte, fragt einfach kurz nach.

Viele verzichten aus Angst vor systematischer Fremdsteuerung auf maßgeschneiderte Freizeitempfehlungen. Die Wahl der abendlichen Bar machen sie weiterhin lieber vom Zufall abhängig als von elektronisch zugeflüsternten Rabattaktionen. Doch in einigen Bereichen hat sich das Passepartu als extrem vorteilhafter Ratgeber etabliert. Seine Stärke liegt in der Fähigkeit, einmal getroffene grundsätzliche Lebensentscheidungen, beispielsweise für gesündere und klimaschonendere Ernährung und Fortbewegung, tatsächlich wirksam im Alltag zu installieren. So ist die Anzahl der Werktagvegetarier geradezu explodiert, seitdem das Passepartu interessierte Nutzer mit saisonalen Einkaufs- und Kochtipps, neuen standortabhängigen Kantinenempfehlungen und überraschenden Veggie-Events kontinuierlich zu einer besseren Ernährung verführt. Entgegen kam dieser Entwicklung natürlich, dass die vegetarische Küche auch in der westlichen Gastronomie im Vergleich zum Beginn des Jahrhunderts einen Quantensprung gemacht hat, was Raffinesse, Geschmack und vor allem die Breite des Angebots betrifft.

So war das Überdenken des eigenen zeit- und kostenintensiven Mobilitätsverhaltens eine logische Konsequenz aus der Verwendung des Passpartus in den genannten Lebensbereichen. Auf dem Feld der Mobilität konnte das Passepartu als universelle Mobilitäts-Über-App seine Vernetzungs- und Optimierungskapazitäten zum ersten Mal voll ausspielen. Die bisherige Marktnische der Carsharer, Fahrgemeinschaften, Busnutzer und anderer kollektiv-kollaborativer Ansätze wurde durch das neue passepartugestützte Betriebssystem auf einen Schlag alltagstauglich und massenkompatibel – als hätte jemand einen Kippschalter umgelegt. Ziel der Anwendung ist es, möglichst viel Verkehr energieeffizient zu bündeln, also simultan hunderttausende Fahrtwünsche mit unterschiedlichsten Anforderungen zu kombinieren, sei es in Privatautos oder im öffentlichen Nahverkehr, und, so weit wie vom Nutzer toleriert, dessen eigene Muskelkraft einzubinden.

Auch hier wirkte die Verführungsstrategie des konkreten Angebots der Ad-hoc-Alternative, die Portemonnaie und Umwelt in gleicher Weise schont, verblüffend überzeugend. Vor die Wahl gestellt, voraussichtlich in 20 Minuten mit dem eigenen Auto oder in 30 Minuten als Mitfahrer das Ziel zu erreichen, entschieden sich viele für das neue Gemeinschaftsangebot. Und noch mehr Verkehrsteilnehmer stellten fest, dass ein Großteil ihrer Wege komfortabel zu Fuß und mit dem Fahrrad zu bewältigen war. Besonders, wenn man die schönsten Abkürzungen en passant angezeigt bekam.

So verwickelt das Passepartu seine Nutzer in einen wechselseitigen Lernprozess. Während die Elektronik mit jedem Weg mehr über ihren Nutzer erfährt, wird dieser stetig mit attraktiven und umweltfreundlichen Mobilitätsalternativen konfrontiert. Anders als der Schachcomputer nutzt das Passepartu jedoch die Schwächen seines Anwenders in dessen eigenem Interesse und spielt auf positiv motivierende Weise gegen dessen inneren Schweinehund, also gegen die eingefahrenen, nicht mehr hinterfragten Routinehandlungen. Es veranschaulicht, dass nachhaltiges Leben ungeahnt einfach und angenehm ist.

Mit dem Passepartu verfügt jeder Nutzer, jede Nutzerin auf Wunsch über einen tiefen Einblick ins eigene reale Mobilitätsverhalten. Ein alter Managergrundsatz besagt, dass nur das, was man messen kann, wirklich steuerbar ist. In diesem Sinne wurde plötzlich nicht wenigen bekennenden Ökoaktivisten deutlich vor Augen geführt, wie weit sich auch ihr Lebensstil inzwischen von den eigenen Ansprüchen entfernt hatte. Das Passepartu liefert eben nicht nur die Diagnosefunktion, sondern auch einfache, schnell umsetzbare Lösungen für ein aktives Gegensteuern. Es bildet die Brücke über die viel zitierte »attitude-action-gap«: den im Allgemeinen breiten Spalt zwischen dem Wissen um die Notwendigkeit eines umweltfreundlicheren Mobilitätsverhaltens (meist öffentlich laut proklamiert) und der tagtäglich getroffenen Wahl eines Verkehrsmittels (meist verschwiegen oder mit guten Ausreden versehen).

Mit dem Passepartu stellt man sich faktisch einen persönlichen Kurator für das eigene Mobilitätsverhalten ein. Will man das bestmögliche Ergebnis erzielen, ist man in seiner neuen Direktorenfunktion gut beraten, seinem Passepartu ein paar Grundsätze wie das gewünschte jährliche Treibhausgas- und Kostenbudget vorzugeben und von da an auf diesen Autopiloten auf Flughöhe null zu vertrauen. Das Passepartu kann bei der Planung mehr Faktoren einbeziehen – ihm sind einfach mehr Informationen bekannt – und

diese dann schneller verarbeiten als jeder Mensch. Dass beim Einsetzen von Geburtswehen und bei medizinischen Notfällen auch einmal ineffizientere Transportlösungen angesagt sind, haben die Programmierer in den Optimierungsalgorithmen natürlich berücksichtigt.

Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten

Diese neue Philosophie der kuratierten Mobilität hatte in der Gesamtsicht drei elementare Auswirkungen auf den Verkehr.

Der motorisierte Verkehr wurde rationaler. Sicherlich, zielloses Cruisen mit dem Auto, Nachdenken und Schalten, all das gibt es natürlich immer noch. Aber prinzipiell hat sich der Personenverkehr die alte Logistikkvision des »Internets der Dinge« abgeschaut. Im »Internet der Reisenden« stellt jeder passepartugestützte Teilnehmer quasi ein Päckchen dar. Unter Ausnutzung der verschiedenen Transportmöglichkeiten wie Bahn, Bus, Automitfahrt, Carsharing, Fahrrad, E-Scooter und vielem mehr sucht es sich situationsbezogen einen geeigneten Weg durch das Stadtlabyrinth. Das Passepartukollektiv organisiert im Verbund die Gesamtheit aller Fahrten und jongliert als unsichtbare Hand die einzelnen Fahrtwünsche auf einem Energieminimum. Das Fahrtziel ist jeweils fest definiert, die Ankunftszeit meist auch, der Weg jedes und jeder Einzelnen kann sich spontan ändern.

Mit der neuen Attraktivität kollektiver und unmotorisierter Verkehre konnten sich viele Staaten und Ballungsräume auch eine Transparenzoffensive hinsichtlich der tatsächlichen Kosten motorisierter Verkehre leisten. Mit dem Rückenwind der passepartuinduzierten Umsteigezahlen führte die Politik Treibstoffsteuern, Straßenmaut und Parkgebühren näher an die echten Verkehrskosten für Umwelt und Gesellschaft heran, ohne populistische Sprengkräfte fürchten zu müssen. Die Zusatzeinnahmen fließen nicht nur in die Kompensation der entstandenen Umweltschäden, sondern zudem in den beschleunigten Umbau des Verkehrssystems.

Der physische Verkehr wurde reduziert. Menschen lieben Spiele und Wettbewerbe. Mit dem Passepartu und der persönlichen Mobilitätsdatensammlung wuchs die Gamifizierung der Fortbewegung, das heißt der Einsatz spieltypischer Elemente wie Ranglisten, Statusauszeichnungen und Gewinne im Verkehr. Statistische Akribie, wie sie zuvor vor allem vom Baseball und American Football bekannt war, hat sich den Weg in die Mobilitätsauswertung gebahnt. Man kann den eigenen Zeit-, Energie- und Kostenaufwand

mit den Durchschnittswerten aller Verkehrsteilnehmer, seiner Alters- oder Einkommensgruppe vergleichen oder sich als Einzelperson, Kiez und Unternehmen an Effizienzwettbewerben beteiligen. Sichtbares Engagement wird belohnt, vor allem mit weiteren Anreizen zur Reduzierung des physischen Verkehrs. Denn neben der Bündelung von Verkehren und dem Umstieg auf nicht motorisierte Alternativen hat sich die Einsicht durchgesetzt, dass viele Wege bei ehrlichem Hinterfragen eigentlich nicht gewollt sind. Bei anderer Organisation sind sie schlicht unnötig und vermeidbar.

Die Mobilität wurde bunter. Inzwischen ist sie nicht zuletzt durch das Passepartu selbst noch stärker technisiert als in der Vergangenheit. Trotzdem hat die Technikfixierung im Alltag neuerdings den Rückzug aus den Köpfen der Nutzerinnen und Nutzer angetreten. Höher, schneller, weiter sind nicht mehr die entscheidenden Kategorien zu Lande, zu Wasser und in der Luft. Cleverer ist das neue Ideal. Dabei macht die neue Technikabhängigkeit von der »Stimme im Ohr« die Nutzer nicht automatisch zu dumpfen Robotern, die wie die Lemminge ihrem Navigationswerkzeug blind auf nicht existente Brücken folgen oder ihre Umgebung nicht mehr selbstständig erkunden wollen. Stattdessen hat sich gezeigt, dass der neue Assistent im Gegenteil zum Experimentieren einlädt und häufiger neue Pfade getestet werden.

Auf den dominierenden Kurzstrecken ist die Mobilität in doppeltem Sinne offener geworden: Die Menschen verlassen zunehmend die geschlossenen Transportgefäße und nutzen ihre eigene Motorik, um sich zu Fuß oder mit dem Fahrrad fortzubewegen. Sie nehmen zudem ihr direktes Umfeld, das ehemals bloß ein Transitraum auf dem Weg zu ferneren Zielen war, nun anders wahr. Der Nahraum wird wiederentdeckt. Die meisten stellen bei dieser Exploration fest, wie ungeahnt groß der Möglichkeitsraum in ihrem Stadtviertel ist. Das Passepartu wirkt also eher wie ein solides Sicherheitsnetz, das zu räumlichen und zwischenmenschlichen Entdeckungstouren einlädt. Es ist keine gigantische marionettenspielende Fernsteuerung, die eine verzerrte Wahrnehmung der Wirklichkeit mit sich bringt, sondern die neue Technologie wird selbst zum Schlüssel der allgemeinen Verabschiedung vom bisherigen »technology fix«. Diese Heilssuche im technischen Fortschritt wurde insbesondere bei der Autofixierung und dem langen Festhalten an der privaten Massenmotorisierung sichtbar.

Im Zuge des Passepartu als großem Multimodalizer, als kinderleichtem Ermöglicher – oder neudeutsch »Enabler« – der bequemen fallspezifischen

Mischung aller Verkehrsträger, verändern sich die gesellschaftlichen Spielregeln. Die Vormachtstellung der Automobilität wird zurückgedrängt von der neuen Dominanz der Nachfrage nach Auto-Mobilität, der im ursprünglichen Wortsinn bewusst selbstbestimmten, ganz eigenen Beweglichkeit in einem breit gefächerten Markt unterschiedlichster physischer und virtueller Mobilitätsoptionen.

[Thomas Sauter-Servaes, vgl. Rammler 2014: 220 ff.]

2.3 Innovationslinie »Navigation«

Keine Mobilität ohne Navigation. Ihre Bedeutung für die Entwicklung der Mobilität ist kaum zu überschätzen. Sie ist ein für Mobilitätsprozesse extrem wichtiger Bereich, der hinter den Debatten um Antriebstechnologien und Infrastrukturen prinzipiell vernachlässigt wird. Ohne zu wissen, wo man sich befindet und wie der Weg von A nach B geht, findet keine Raumüberwindung statt. Navigation spielt in modernen, komplexen Gesellschaften eine zunehmend zentrale Rolle. Je einfacher die Navigationsprozesse, desto mehr kann man Mobilität optimieren, auch in nachhaltiger Hinsicht.

Seit sich Menschen im Raum bewegen, stehen sie vor der Herausforderung, sich zu orientieren: bei der steinzeitlichen Jagd, beim Wandern der Nomaden, beim Handeln und Reisen. Zunächst halfen Sterne, Landmarken, Orientierungssinn und Gedächtnisnavigation. Als die Räume weiter wurden, die Wege und Reisen länger und die Zahl der Reisenden größer, reichte das nicht mehr aus. Die Gedankenkarten wurden ergänzt durch Landkarten, und die Kartografie entwickelte sich zu einer hochgeschätzten Kunst. Die Karten galten der Sicherstellung, Überlieferung und Reproduzierbarkeit der gefundenen Wege und Orte. Sie waren auf Tafeln, Leder und geschöpftem Papier gespeichertes Wissen.

Auf diesem Wissen konnten die immer neuen, die bekannten Grenzen überschreitenden Expeditionen aufbauen, in gleicher Weise, wie das Voranschreiten der Wissenschaft auf den in Büchern dokumentierten Erkenntniscontinentalen aufbaute. Als die Schifffahrt schließlich mit dem Weltverkehr der frühen Neuzeit die Flüsse und Küstenstraßen verließ und das offene Meer suchte, war dies eine Blütezeit der Navigation, der Steuermannskunst mit ihren über die nachfolgenden Jahrhunderte immer weiter verfeinerten und verwissenschaftlichten

Verfahren der Orts- und Routenbestimmung zu Wasser, Land, in der Luft und schließlich im Weltraum.

Zwei Schritte der Orientierung gehen jedem Steuern voraus: das Feststellen der aktuellen Position und das Ermitteln der günstigsten Route zum Ziel. Beides wurde über die Jahrhunderte kontinuierlich perfektioniert und mündete mit der Erfindung der Satellitennavigation und der Verkehrstelematik in der flächendeckenden Individualisierung der Routenfindung durch Millionen von Navigationssystemen für Auto- und Lkw-Fahrer, Schiffsoffiziere und Flugkapitäne. Auch die Kriegsführung ist heute nicht mehr ohne die perfektionierten Methoden der Ortsbestimmung und Zielfindung für Panzer, Kampfbomber und U-Boote denkbar, für Marschkörper, Raketen und unbemannte Drohnen jeglicher Art. Die millimetergenaue, computergestützte Navigation wird selbst aus dem Operationssaal bald nicht mehr wegzudenken sein, wo die Operateure sich mithilfe eines medizintechnischen Systems auf der Grundlage von Röntgenbildern und Computertomographien präzise durch schwieriges Terrain manövrieren können, etwa im äußerst verletzlichen Gehirngewebe, in dem jeder Fehlgriff schwerwiegende Folgen haben kann.

Die fortschreitende Digitalisierung der Navigation verlangt – und ermöglicht – heute unsere gleichzeitige Orientierung in drei Typen von Welten: Neben der realen Welt steht die Welt der digitalen Daten, und zwischen diesen beiden wächst die immer komplexer werdende Mischwelt aus digitalen und geografischen Raummarken, beweglichen Gegenständen und Menschen, die zunehmend mit einer virtuellen Bedeutungsschicht überzogen werden. Die virtuelle Welt des weltweiten Netzes, der Datenwolken und digitalen Parallelwelten ist heute durch den technologischen Fortschritt so überaus komplex geworden, dass wir uns auch dort vielleicht bald nur noch mit individuellen Routenscouts und Rechercheassistenten zurechtfinden können.

In der sich rasant entwickelnden Mischwelt aus realen und digitalen Bewegungen wird unsere hybride Existenz als ortspolygame Cyberwesen zukünftig womöglich auf die Spitze getrieben. Allerdings zeigt sich schon heute in Sackgassen, vor toten Brücken und an Hafenkanten, dass mitunter diejenigen ziemlich verlassen sind, die sich vollkommen auf die digitalen Techniken der Orientierung verlassen. Je mehr wir der informationstechnologischen Unterstützung unserer digitalen Navigatoren vertrauen, desto mehr ähneln wir tumben Päckchen, die verloren gehen, wenn diese Unterstützung plötzlich wegfällt.

Deswegen kann für die Zukunft die Gefahr eines »digital lost« – des digitalen Verlorengehens – gar nicht ernst genug genommen werden. Je perfekter uns

die Technologie in der Alltagsorientierung unterstützt, desto schneller stellen sich unsere Gewohnheiten darauf ein und machen uns abhängig. Es wäre denkbar, dass sich am Ende bestimmte neuronale Verknüpfungen gar nicht erst ausbilden, die die Notwendigkeit, sich im Raum zurechtzufinden, in den Gehirnen der früheren Menschen entstehen ließ. Gehirnstrukturen und Fähigkeiten, die sich durch lange Übung von klein auf ausbilden, wären dann im Notfall eines Technologieversagens nicht mehr abrufbar.

Bereits im Jahr 2014 sind über eine Milliarde GPS-fähige Handys und Smartphones verkauft worden. Steht uns damit die eigentliche Kollektivierung der Orientierungslosigkeit erst bevor? Ein Rückfall in die Zeiten vor der ursprünglichen Kultivierung von technologischen und kulturellen Orientierungssystemen, paradoxerweise gerade weil wir die Kunst der Navigation informationstechnologisch auf die Spitze getrieben haben? Denn was würde passieren, wenn durch einen Sonnensturm, einen Stromausfall oder eine Cyberattacke die globalen Datennetze ausfielen? Im Cyber-GAU würde die globale Mobilitätsmaschine abrupt zum Stillstand kommen. Dieses Risiko wächst mit dem Grad der technologischen Durchdringung und Abhängigkeit, was für die Zukunft vor allem die Frage nach der Möglichkeit resilienter – also krisensicherer – Infrastrukturen aufwirft.

Mobile Navigationssysteme

Ein Navigationssystem ist nach Wikipedia im weitesten Sinne ein technisches System, das mithilfe von Positionsbestimmung (etwa durch GPS-Systeme) und/oder Geoinformationen wie Topologie-, Straßen-, Luft- oder Seekarten eine Zielführung zu einem gewählten Ort oder eine Routenbildung unter Beachtung gewünschter Kriterien ermöglicht.

Im Jahr 1982 entwickelte die Blaupunkt GmbH in Hildesheim den »Elektronischen Verkehrslotsen für Autofahrer« kurz EVA. Die Ortung beruhte auf der Erfassung mittels Radsensoren. Die Nutzer erhielten die Fahrhinweise mithilfe einer Sprachausgabe vorgestellt. Es war somit das erste autarke Navigationssystem der Welt. 1989 brachte Bosch über seine Tochterfirma Blaupunkt das TravelPilot IDS auf den Markt. Dieses System navigierte mittels Informationen von Radsensoren sowie einer gespeicherten digitalen Straßenkarte.

Pioneer folgte 1990 mit dem ersten GPS-gestützten Autonavigationssystem. 1990 wurde das weltweit erste eingebaute GPS-Navigationssystem im Luxuscoupé Mazda Eunos Cosmo eingeführt: das Car Control System (CCS). Toyota

hat 1991 die ersten ab Werk integrierten GPS-Navigationssysteme (inklusive Farbmonitor) im Crown und Soarer, ab 1992 die weltweit ersten mit Sprachangabe im Celsior eingeführt. Das erste serienmäßige Navigationssystem in einem deutschen Auto wurde 1994 im BMW 7er eingebaut.

Erst mit dem Verzicht auf die gezielte Verschlechterung des GPS-Signals durch das US-Militär im Jahr 2000 wurde die rein GPS-gestützte Navigation auch im Pkw flächendeckend erschwinglich. Vor diesem Zeitpunkt betrug die Genauigkeit rund 100 Meter, weshalb für eine präzise Navigation vor allem in Stadtbereichen zusätzliche Hilfsmittel (Radsensoren, Kreiselkompass) notwendig waren. Diese sind heute nur noch zur Aufrechterhaltung der Navigation unter schlechten Empfangsbedingungen (z. B. in Straßenschluchten oder Tunneln) nötig.

Einen weiteren Quantensprung für die mobile Navigation bedeutete die flächendeckende Verbreitung von Smartphones, die den Nutzerkreis für mobile bildgebende Navigationssysteme auf einen Schlag vom Autofahrer auf alle potenziellen Verkehrsteilnehmer mit Smartphone ausweitete. Für die Automobilindustrie, insbesondere für über Jahrzehnte höchst erfolgreiche Zuliefererbetriebe wie Bosch, stellt diese »Demokratisierung« der Navigation ein gewisses Problem dar, wurde so doch ihr Alleinstellungsmerkmal untergraben.

Heute benötigen Autofahrerinnen und -fahrer kein firmenseitig geliefertes bzw. nachträglich fest installiertes Navigationsgerät mehr, solange sie ein GPS-fähiges Smartphone nutzen können. Die unterschiedlichen Innovationszyklen von IT, Software und langlebiger Fahrzeugtechnik sind zunehmend inkompatibel. Mit fortschreitender Digitalisierung ist die vollständige Verlagerung der automobilbezogenen Navigationstechnologie von der Zulieferindustrie zu den großen IT-Firmen zu erwarten.

2.4 Innovationslinie »Infotainment«

Infotainment steht für die Kombination von Information, Kommunikation und Unterhaltung in mobilen Endgeräten. Information spielt für die Mobilität eine enorme Rolle, als »on trip«- oder »pre trip«-Information zur Optimierung von Mobilitätsabläufen, Routen und logistischen Ketten. Im Mittelpunkt stehen derzeit das On-Board-Entertainment und die Integration der Kommunikationsfunktionen des Smartphones sowie seiner verschiedenen Applikationen und Dienste in das Fahrzeug (kurz bevor steht z. B. die Einführung der Sprachsteuerung von Fahrzeugsystemen).

Leistungsfähige Infotainment-Ausstattungen werden von der Kundschaft immer mehr als Standard erwartet. Wie bereits für den Navigationsbereich beschrieben, bringen das Smartphone und andere mobile Endgeräte eine zunehmende Integration dieser Funktionen mit sich und zugleich die Loslösung von der fixen Montage im Fahrzeug.

Infotainment-Systeme, gekoppelt mit den Standardkommunikationstechnologien, spielen vor allen in asiatischen Ballungsräumen für die Kundschaft eine große Rolle. Sie dienen dazu, die Aufenthaltsqualität im Fahrzeug in Stauzeiten zu verbessern bzw. die Wartezeit als Arbeits-, Informations-, Kommunikations- oder Entertainmentzeit nutzen zu können.

2.5 Innovationslinie »Telependeln, Telepräsenz und Virtualisierung«

Bei dieser Innovationslinie steht die Frage der möglichen Substituierbarkeit von Verkehren im Mittelpunkt: Wie können direkte Mensch-zu-Mensch-Interaktionen in dafür geeigneten Situationen durch Telepräsenz ersetzt und damit Verkehrsaufwand minimiert werden, etwa durch Video- und Telekonferenzen?

Als Einsatzgebiete gelten: die Telemedizin, das Telelernen – Stichwort »Massive Open Online Courses« (MOOCs) –, die Telearbeit, das Teleshopping, Telebanking und womöglich Anwendungsfälle des virtuellen Reisens zu Freizeitzwecken, des »Cybertourismus«.

Definition und Wirkungsprinzipien der Virtualisierung

Virtualität spezifiziert laut Wikipedia eine gedachte oder über ihre Eigenschaften konkretisierte Entität, die zwar nicht physisch, aber doch in ihrer Funktionalität oder Wirkung vorhanden ist. Somit ist »virtuell« nicht das Gegenteil von »real« – obwohl es fälschlicherweise oft so verwendet wird –, sondern von »physisch«. Virtuelle Mobilität bezeichnet in diesem Sinne die Abwicklung von Arbeitsvorgängen im Internet als virtuellem Raum, die losgelöst von der physischen Mobilität der Person ist. Anders formuliert: Virtuelle Mobilität bezeichnet Formen der Mobilität, bei denen die betreffende Person sich nicht physisch (tatsächlich) von einem Ort zum anderen bewegt, sondern dies über Informationstechnologie, also »virtuell« geschieht.

Nach Lage der Dinge können drei Wirkprinzipien der Virtualisierung unterschieden werden: induktive, substitutive und komplementäre Effekte.

Induktive Effekte der Virtualisierung

Ein immer größerer Teil des persönlichen Einkaufs wird ins Internet verlagert. Der elektronische Handel, der sogenannte E-Commerce, erstreckt sich vom Onlinebanking über die digitale Reisebuchung bis hin zum Bestellen von Waren und Dienstleistungen. Ein verkehrserzeugender Effekt ist mit diesen neuen Geschäftsformen immer dann verbunden, wenn etablierte Wegemuster und Wege von Personen – z. B. zum Einkaufen von Nahrungsmitteln oder Kleidung – ersetzt werden durch Bringvorgänge für die bestellten Waren, die die ursprünglichen Wege in Quantität wie Qualität (z. B. schlechtere Emissionsbilanz der verwendeten Transporter) überkompensieren.

So wird beispielsweise die rasante Zunahme sogenannter Kurier-, Express- und Paketkurierfahrten (KEP-Dienste) in Städten zu einem großen Anteil auf ein durch E-Commerce verändertes Bestellverhalten zurückgeführt: Bücher werden einzeln angeklickt und geliefert, Schuhe und Kleidung in mehrfacher Ausführung und in verschiedenen Größen zum Anprobieren bestellt und zurückgeschickt, Food-Bringdienste ersetzen den Einkauf und das Kochen in der eigenen Küche. In der Tendenz kann festgestellt werden, dass die aus Zeit- wie Kostengesichtspunkten etablierten Bündelungseffekte des überkommenen Einkaufsverhaltens (man macht üblicherweise nicht für jedes Buch oder jeden kleinen Einkauf einen einzelnen Weg) durch die schnellen, spontanen und zu jeder Tages- und Nachtzeit möglichen Bestellvorgänge verloren gehen.

Induktive Effekte der Virtualisierung können aber auch viel langfristiger, indirekter und versteckter ablaufen. Beispiel dafür sind die günstigen weltweiten Kommunikationsgelegenheiten, die sich auf Basis des Internets etabliert haben. Sie ermöglichen die Entwicklung und Aufrechterhaltung eines globalen Interaktionsnetzwerkes und letztlich oft genug die Transnationalisierung von Biografien.

Ein Beispiel: Eine Studentin trifft während eines Auslandsaufenthaltes oder einer Ferienreise neue Freundinnen und Freunde. Ein virtuelles Netzwerk ist schnell etabliert und noch einfacher am Laufen zu halten. Im Gegensatz zu früheren, räumlich kompakteren Freundes-, Sozial- und Kommunikationsformen und -foren kann diese Studentin heute die neuen Kontakte unproblematisch, auf einem technologisch sehr hochwertigen Niveau (visuelle Kommunikation, Echtzeit, etc.) und vor allem kostengünstig aufrechterhalten – im Vergleich zu

teuren Telefongesprächen und aufwendigem Briefeschreiben noch in den 1990er Jahren. In der Folge überdauern solche Netzwerke auf einem hohen Interaktionsniveau und führen früher oder später zu erneuten Reiseanlässen, besonders wenn aus Freundschaften Liebesbeziehungen und damit schließlich dauerhaft transnationale Biografien und kosmopolitische Verwandtschaftssysteme entstehen, die an sich nur mit viel Reiseaufwand zu bewältigen sind.

Indem Menschen ihr Leben solcherart mithilfe virtueller Medien in einen globalen Aktionsraum hinein entwerfen, öffnen, verändern und stabilisieren sie diesen zugleich für andere – und vor allem für die folgende Generation. Auf diese Weise entsteht – vorausgesetzt, die ökonomischen und technologischen Rahmenbedingungen des Weltverkehrssystems bleiben mindestens gleich – von Generation zu Generation ein immer dichter gewebtes weltumspannendes Netz von freundschaftlichen und verwandtschaftlichen Bindungen, das sich heute nicht mehr nur auf die globalen Eliten beschränkt, sondern bereits ganz selbstverständlich in die weltweite Mittelschicht ausgreift.

Substitutive Effekte der Virtualisierung⁴

Das Gegenteil dieser realen Verkehrsinduktion durch Virtualisierungsprozesse ist die tatsächliche Verkehrsvermeidung. Das beste Beispiel hierfür ist der internationale Geschäftsreiseverkehr. Durch immer bessere Videokonferenztechnologie, Skype und andere Kommunikationsvarianten gelingt es immer mehr, reale Echtzeitgesprächssituationen durch telepräsente Echtzeitgesprächssituationen zu ersetzen.

Zwar wird diese Option nicht für jede Form von Austausch und Verhandlung angemessen sein, doch zeigt die aktuelle Entwicklung, wie vielfältig Onlinekonferenztechnologie heute eingesetzt wird: etwa für gemeinsame Konstruktions- und Produktentwurfsprozesse von Ingenieuren, für wissenschaftliche Konferenzen von Forscherinnen und Forschern oder regelmäßige Managementworkshops in global operierenden Firmen. Als 2010 ein isländischer Vulkan für mehrere Tage den Flugverkehr in der nördlichen Hemisphäre lahmlegte, stellten viele Firmen auf die Nutzung von Videokonferenztechnologie um (die sie interessanterweise schon installiert hatten). Angesichts der enormen Einsparungen sind viele der Firmen dabei geblieben und haben ihre Reisekosten dadurch dauerhaft senken können.

4 | Dieser Abschnitt basiert auf den noch immer aktuellen Ausführungen von Rammler/Sauter-Servaes in der Studie »Innovative Mobilitätsdienstleistungen« (2013).

Angesichts der global weiter steigenden Austauschprozesse lassen sich Klimaziele, aber auch akzeptable Mobilitätskosten langfristig nur realisieren, wenn der für die Mobilität notwendige Verkehr signifikant dekarbonisiert wird. Physikalische Grundprinzipien haben zur Folge, dass die notwendigen Effizienzsteigerungen daher letztlich eine signifikante Substitution physischer durch virtuelle Verkehre erfordern. Insbesondere Videokonferenzen sind deutlich besser als andere Telekommunikationsformen geeignet, soziale Nähe herzustellen und aufrechtzuerhalten, und können damit die Face-to-Face-Kommunikation besser ersetzen. Da mehr sprachliche und bildliche Informationen wie Mimik, Gestik, Verhalten und Erscheinungsbild der Gesprächspartner als bei anderen Medien übertragen werden, entsteht größere soziale Nähe als bei verwandten Anwendungen wie Audiokonferenzen, E-Mail oder Chat (Runge 2003).

Videokonferenzen verlaufen erheblich konzentrierter, da anders als am Telefon nebenher keine E-Mails gelesen oder Umlaufmappen abgearbeitet werden können. Dezentrale Projektpartner werden besser eingebunden und die Verständigung unterschiedlicher Muttersprachler wird durch die zusätzliche optische Komponente vereinfacht (Damberger, zitiert bei Klaubert 2010). Trotz Kosten-, Flexibilitäts- und Zeitvorteilen gegenüber Geschäftsreisen sowie dem Beitrag zu den CSR-Zielen vieler Unternehmen hatten Telefon- und Videokonferenzsysteme jedoch lange vor allem eine additive Funktion (zu den Einspar- und Umweltschutzpotenzialen vgl. Verdantix 2010: 3). Denn theoretisch reduzieren die modernen Kommunikationstechnologien zwar den Bedarf an physischer Mobilität in einer globalisierten Ökonomie, faktisch führt die Globalisierung jedoch zu einem explosionsartigen Anstieg der Reiseanlässe, sodass die Zahl der virtualisierten Mobilität durch neue physische Reisen wohl mehr als überkompensiert wurde. Dämpfend auf die Substitutionshoffnungen wirkten hohe Investitionskosten für spezielle Netze und Räume sowie die nach wenigen Jahren mangelhafte Qualität der Systeme. Diese zeigte sich in abgehackten Übertragungen, langen Verzögerungen und schlecht aufgelösten Bildern, was sich kontraproduktiv auf die Gesprächsatmosphäre auswirkte (Klaubert 2010).

Wichtige Treiber für die jetzt zu beobachtende Renaissance von Videokonferenzsystemen waren neben dem enormen technischen Fortschritt kurzfristige Krisensituationen (z. B. Flugangst/-ausfälle infolge von Terroranschlägen, Krankheitsepidemien oder Vulkanausbrüchen) und längerfristige Krisen (z. B. wirtschaftliche Rezession). Als Rückfallebene und Kostensenkungsmaßnahme haben sich die Systeme bewährt und hierüber in zunehmendem Maße den Sprung von der viel beschriebenen Zukunftstechnologie in den geschäftlichen

Alltag geschafft. Dabei zeigt sich Videotechnologie als besonders geeignet für interne Besprechungen, die bei internationalen Konzernen bis zu 40 Prozent des Reisebudgets beanspruchen (vgl. die Umfrage der Association of Corporate Travel Executives, zitiert bei Maharg-Bravo 2009, ergänzend dazu Polycom 2011).

Der Internationale Luftverkehrsverband IATA sieht in Videokonferenzen mittlerweile relevante Wettbewerber (Maharg-Bravo 2009), auch durch die inzwischen große Angebotsbreite von professionellen Unternehmensanwendungen bis zu Massenmarktlösungen. Die fortgeschrittensten Übertragungstechniken der sogenannten Telepresence-Lösungen von Anbietern wie Tandberg/Cisco oder Polycom lassen dank HD-Übertragungsqualität, aufwendiger Technik und visueller Darstellung der Teilnehmenden in Lebensgröße die Illusion einer traditionellen Konferenzsituation entstehen: als ob tatsächlich alle an einem Tisch im selben Raum sitzen würden (Hofer/Schürmann 2009). Da viele Unternehmen die Investitionssummen in sechsstelliger Höhe für die technische Luxusvariante scheuen, erleben sowohl kostengünstigere bis kostenfreie Anwendungen (z. B. Skype) als auch Mietlösungen erhebliche Zuwächse.

Sogenannte Full-Service-Dienstleister wie Regus oder Easynet Global Services organisieren Videokonferenzen eigenständig von der Buchung über die technische Umsetzung bis hin zur Wartung für die Kunden. Konferenzteilnehmer und interne IT-Abteilungen vermeiden Transaktionskosten in bedeutender Größenordnung (ebd.). Die Deutsche Telekom startete 2010 eine Offensive zum Ausbau von Videokonferenzsystemen in Form von Sharingsystemen in ausgewählten Hotels. Ausgestattet wurden im ersten Schritt Businesshotels in Hamburg, Berlin, Düsseldorf, Frankfurt und am Nürburgring. Den Hotels eröffnet sich hierdurch ein neues Geschäftsfeld, das nicht nur Einnahmen aus den Raummieten, sondern auch durch das Catering verspricht (Merx 2010). Der Dienstleister Regus betrieb 2010 etwa 2.500 Konferenzstudios in 115 Ländern, davon 55 in Deutschland. Die durchschnittliche Zahl der Buchungen lag nach Unternehmensangaben 2009 um 22 Prozent höher als im Jahr zuvor (Klaubert 2010).

Insgesamt wird virtuelles Conferencing offenbar immer mehr akzeptiert. In mindestens der Hälfte aller deutschen Unternehmen mit mehr als 100 Beschäftigten gehören Web- und Audiokonferenzen mittlerweile zum Geschäftsalltag. Videokonferenzen werden bereits von mehr als 40 Prozent der Unternehmen genutzt und haben hohe Wachstumszahlen: 35 Prozent der Firmen wollen in den kommenden zwei Jahren in eine Erweiterung bestehender Web- und Videokonferenzlösungen oder in deren Neuinstallation investieren (PAC 2012: 27 f.). Eine Umfrage der Zeitschrift »Wirtschaftswoche« unter den rund 160 in Deutschland

börsennotierten Unternehmen ergab, dass die virtuelle Zusammenarbeit für sie eine »wachsende Rolle« (64 Prozent) oder bereits eine »bedeutende Rolle« (36 Prozent) spielt.

Der US-Immobilien dienstleister Johnson Controls Global Workplace Solutions prognostiziert nach einer Befragung von 1.700 Büroangestellten aus sieben Ländern, dass die Nutzung von Webkonferenzen von jetzt 19 Prozent auf 57 Prozent im Jahr 2020 steigen wird (Schmergal/Borghardt 2012). Laut der Unternehmensberatung Frost und Sullivan erwirtschaftete der europäische Markt für Videokonferenzendpunkte im Jahr 2010 insgesamt 518 Millionen US-Dollar und soll mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 18,4 Prozent bis 2016 auf 1,43 Milliarden US-Dollar anwachsen (Frost/Sullivan 2011).

Ein Nachteil von Videokonferenzen war lange die mangelnde Kompatibilität der Systeme verschiedener Hersteller und Dienstleister, in deren Folge Geschäftspartner nicht immer über ihre Systeme miteinander kommunizieren konnten (Klaubert 2010). Mit neuen integrierenden Anwendungen werden die Insellösungen zu einem barrierefreien Patchwork zusammengeführt. So hat die Deutsche Telekom mit VideoMeet eine erste Videokonferenzlösung vorgestellt, die die Kompatibilitätslücke zwischen Unternehmensanwendungen wie Cisco/Tandberg, Polycom oder Lifesize einerseits und Massenmarktlösungen wie Skype oder Google Video Chat überbrückt. Unterschiedliche Endgeräte wie Smartphones, Tablet-PCs oder komplexe Raumsysteme können damit ebenso integriert werden wie unterschiedliche Konferenzsysteme.

Damit rückt im Verbund mit der Zunahme der Digital Natives letztlich auch der immer wieder vorausgesagte Aufstieg der Telearbeit in greifbarere Nähe (vgl. unten sowie Dixon/Ross 2011: 2), die zu weiteren, neue Mobilitätsexperimente fördernden Routinebrüchen und reduzierten Pkw-Abhängigkeiten führen könnte. Hieraus könnte ein weiterer relevanter Treiber für Nutzungsinnovationen in der Mobilitätswirtschaft erwachsen – insbesondere, wenn sich der Trend zu neuen virtuellen Welten im nächsten Anlauf stabilisiert.

Bekanntester Ansatz war die Plattform »Second Life«, die man als selbst konstruierter Avatar erkundete, um sich unverbindlich zu unterhalten, Konzerten zu lauschen oder virtuell auf Shoppingtour zu gehen. Aufgrund juristischer Unsicherheiten und technischer Mängel ließ das Interesse an »Second Life« zwar spürbar nach, das Feld war jedoch für diverse Nachfolger wie das Startup Mingliverse bereitet. Das Onlineportal verbindet geschickt Elemente aus Second Life, Skype und dem Onlinepräsentationsdienst Netviewer. Nutzerinnen und Nutzer können mit einem personalisierbaren Avatar virtuelle Konferenz-

räume aufsuchen, dort mit bis zu 50 Teilnehmenden diskutieren oder Präsentationen vorführen (Kuhn/Matthes 2010).

Die Virtualisierung beschränkt sich nicht auf den Personenverkehr, sondern hat auch im Güterverkehr hohe Potenziale. Nach der Marginalisierung des klassischen Tonträgerverkaufs in der Musikindustrie stehen vor allem das Filmgeschäft sowie der Buch- und Zeitungshandel vor einer ähnlichen Entwicklung. Interessanterweise sind aber gerade im grundsätzlich progressiven Milieu der Wissenschaft immer noch starke Widerstände spürbar, indem etwa eine E-Book-Veröffentlichung nicht als Äquivalent zur Papiaerausgabe betrachtet wird.

Komplementäre Effekte der Virtualisierung

Die Ko-Evolution von realen Transportsystemen und Kommunikationsinfrastruktur ist historisch nichts Neues. So ist bekannt, dass die Telegraphie das Eisenbahnwesen begleitete und der Funkverkehr die moderne Schifffahrt und Luftfahrt. Der damals noch analoge Datentransfer diente der Optimierung der Betriebsabläufe dieser Systeme oder schlicht der Kommunikation.

Heute kann die »on trip«-Vernetzung von Verkehrsmitteln mithilfe von WLAN-Systemen in der Bahn, in Bussen oder Automobilen als komplementäres Verhältnis vom Datenverkehr zum realen Verkehr interpretiert werden. Die Nutzer können damit die Aufenthaltszeit in neuer Weise verwenden, ggf. effizienter und rationaler als zuvor. Das kann auch ein Argument für die Verkehrsmittelwahl eines spezifischen Verkehrsangebots werden (z. B. Busse statt Bahn, die noch keine Internetverbindung hat), ein unmittelbarer verkehrsinduzierender bzw. verkehrssubstituierender Effekt ist jedoch nicht ableitbar.

Anwendungsbeispiele der Virtualisierung

Telemedizin

Als »Telemedizin« lässt sich die Vernetzung von Akteuren (medizinischen Versorgungseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen, Verwaltungseinheiten) auf lokaler und regionaler Ebene und Sicherstellung medizinischer Versorgung im (strukturell schwachen) ländlichen Raum definieren. Hintergrund telemedizinischer Anwendungen ist nicht primär die Idee der Verkehrsvermeidung, sondern die Nutzung von Optimierung- und Rationalisierungspotenzialen, besonders im Zusammenhang mit dem demografischen Wandel: »Mit der zu erwartenden Zunahme altersspezifischer Erkrankungen sind auch das Versorgungssystem, die Behandlungsangebote und die pflegerische Versorgung älterer Menschen anzupassen.

Für eine gute Versorgung chronisch Kranker oder multimorbider Patienten sind eine bessere Koordinierung der einzelnen Versorgungsangebote und eine Verzahnung von Prävention, Gesundheitsversorgung, Rehabilitation und Pflege erforderlich« (BMI 2012: 157).

Im deutschen Gesundheitswesen gibt es viele bislang eher schlecht miteinander vernetzte Akteure: Patientinnen und Patienten, Hausärztinnen, Fachärzte, Krankenhäuser mit ihren Ärzten und Pflegekräften, Apotheken und Labore. Aufgrund der mangelnden Koordinierung, Absprache und Verzahnung der Versorgung kommt es strukturell zu kostenintensiven Mehrfach- und Doppeluntersuchungen und schließlich womöglich suboptimalen Therapien, weil die Patientendaten nicht digital vorliegen und die eine Hand oft nicht weiß, was die andere macht. Eine bessere Vernetzung der Akteure innerhalb einer geeigneten informationstechnischen Wissensmanagementarchitektur ist also aus dieser Sicht ein erster zentraler Schritt zur Kosteneinsparung bei gleichzeitiger Verbesserung der therapeutischen Qualität.

Hinzu kommt, dass es in bevölkerungs- und strukturschwachen Räumen zunehmend schwerer ist, eine hinreichende medizinische Qualität selbst der Grundbetreuung zu gewährleisten. Da es auch in Deutschland trotz absoluter Bevölkerungsschrumpfung zu einer weiteren Siedlungsverdichtung in den urbanen Regionen bei gleichzeitiger Entleerung der ländlichen Regionen kommt, wird sich dieses Problem noch weiter zuspitzen. Telemedizinnetzwerke auf Basis von HD-Videokonferenzsystemen können hier eine wirkungsvolle Abhilfe schaffen, um Angebot und Nachfrage wieder besser miteinander zu verzahnen und über die technologischen Bündelungseffekte bei gleichzeitig dezentraler Nachfrage smarte, leistungsfähige und zugleich kostengünstige Lösungen anzubieten.

Allerdings können Telemedizinnetzwerke auch in strukturstarken Regionen das Qualitäts- und Behandlungsniveau verbessern, da besonders die im Bereich des Spezialwissens einzelner Ärztinnen und Ärzte strukturell knappen Ressourcen quasi national, ja sogar global »kollektiviert« werden können.

Ein Best-Practice-Beispiel zur Umsetzung des Anliegens der Telemedizin in Deutschland ist das »Telemedizinnetzwerk in der Euroregion Pomerania«, das von einem gemeinnützigen Verein betrieben wird: Vorpommern und die Region Nordbrandenburg liegen im äußersten Nordosten der Bundesrepublik und grenzen an Polen. Die Bevölkerungsdichte in diesem Flächenstaat ist mit 70 Einwohnern pro Quadratkilometer vergleichsweise niedrig. Das führt zu Problemen bei der medizinischen Versorgung. Während eine grundlegende Versorgung vor al-

lem in den Städten durchaus gegeben ist, finden hoch spezialisierte Disziplinen mit geringer Arztlzahl (Radiologie, Pathologie) sowie Fächer, die große Investitionen in Geräte erfordern (Radiologie), kein genügend großes Einzugsgebiet, um Dienste außerhalb einer Kernzeit anbieten zu können.

Ziel ist es, durch den Einsatz von Telemedizin einerseits kleine Krankenhäuser auf dem Land mit den größeren Krankenhäusern in Städten wie Greifswald, Neubrandenburg und Eberswalde zu vernetzen; andererseits wird eine bessere Ausnutzung von Arztkapazitäten und Geräten durch grenzüberschreitende Kooperationen mit Polen unterstützt. Die Verknüpfung von Telemedizinnetz und Videokonferenznetzwerk ist hier von entscheidender Bedeutung für die Qualität der ärztlichen Versorgung.

Die Vernetzung wurde abgeschlossen und durch voll praxistaugliche Videokonferenzsysteme komplettiert. Letztere erleichtern die Governance des Projekts und sind Voraussetzung für eine optimale, lösungsorientierte Kommunikation zwischen Ärztinnen und Ärzten wie etwa bei Behandlungen in der Tele-HNO-Heilkunde.

Ein weiteres Beispiel ist das Telemedizinnetzwerk »Fontane«, das seit 2013 im Auftrag des Gesundheitsministeriums in Nordbrandenburg aufgebaut wird: Diese Region zeichnet sich dadurch aus, dass sie ein Drittel des Landes Brandenburg einnimmt, dort aber nur 15 Prozent der Brandenburger Bevölkerung leben. Aufgrund der schlechten Versorgungsstrukturen sterben in dieser Region 40 Prozent mehr an Herz-Kreislauf-Erkrankungen als im Bundesdurchschnitt. Als eine Lösung dieses Problems wurde im Projekt Fontane das Dreieck Patient-Hausarzt-Kardiologe um den vierten Akteur eines Telemedizinzentrums ergänzt, bei dem alle Daten von Patienten auf Basis von biomarkierten Sensoren in einer elektronischen Krankenakte zusammengeführt werden und allen Beteiligten – auch und vor allem im Notfall – sofort zur Verfügung stehen (Scherf/Downes 2013; Scherf/Wöhrl/Downes 2012; Prescher/Köhler 2012).

Telelernen

Als Telelernen kann eine Lernsituation definiert werden, in der sich die Lehrenden und die Lernenden an voneinander getrennten Orten befinden. Dabei kann unterschieden werden zwischen zeitlich synchronen oder asynchronen Angeboten: Lehrende und Lernende treffen in einer virtuellen Lernumgebung direkt oder zeitlich versetzt aufeinander, etwa über Aufnahmen des Lehrenden und seiner Lehrinhalte. Dieses wird auch als offenes bzw. kooperatives E-Learning bezeichnet. Beim offenen E-Learning dient das Internet als Informations- und

Verteilungsplattform, während beim kooperativen E-Learning der wechselseitige Austausch von Informationen stattfindet.

Bei den netzbasierten Angeboten werden Lerneinheiten nicht auf einem Datenträger verbreitet, sondern von einem Webserver online mittels Internet oder Intranet abgerufen. Die Einbettung ins Netz bietet vielfältige weiterführende Möglichkeiten der Kommunikation und Interaktion der Lernenden mit den Dozenten. So können Mails, News, Chats und Diskussionsforen verknüpft sowie Audio- und Videosignale live gestreamt werden. Eingeschränkt wird das Teleteaching bislang durch die relativ hohen technischen Anforderungen. Mit zunehmender Bandbreite der Internetverbindungen entwickeln sich aus dieser Technologie neue Formate und global skalierbare Unterrichtsformen wie etwa die sogenannten MOOCs (Massive Open Online Courses).

Auch Anwendungen des Telelernens dienen nicht in erster Linie dem Zweck, Verkehr zu substituieren, können aber einen solchen Effekt haben. Gegenwärtig werden insbesondere MOOCs als Option diskutiert, Menschen in armen und strukturschwachen Gebieten eine kostengünstige bzw. sogar kostenfreie Bildungsoption zu eröffnen, die eine solche Gelegenheit ohne einen digitalen Zugang nicht hätten.

Telearbeit

Hier handelt es sich ähnlich wie im Bildungsbereich um die Möglichkeit, einen Teil bzw. sogar alle beruflichen Tätigkeiten von zu Hause aus abzuwickeln. Voraussetzung ist meist nur eine leistungsstarke Datenverbindung in Kombination mit einer entsprechenden Computerausstattung bzw. den entsprechenden mobilen Endgeräten. Noch heute ist in den USA der von Jack Nilles geprägte Begriff des Telecommuting, also des Telependelns, gebräuchlich.

Unter dem Sammelbegriff »Telearbeit« werden ganz unterschiedliche Arbeitsformen zusammengefasst. Es gibt die reine Telearbeit, bei der man ausschließlich zu Hause (oder in der skandinavischen Variante: in einem »Telehaus«) arbeitet, die alternierende Telearbeit, bei der man zwischen Heim- und Firmenarbeitsplatz wechselt, und die mobile Telearbeit, bei der man sich von wechselnden Orten aus immer wieder in Arbeitsabläufe im Unternehmen einlinkt. Auch Ferndiagnose- und Wartungsdienstleistungen werden oft in den Bereich der Telearbeit ausgelagert. Hier geht es ebenfalls meistens um Kostenersparnis – wenn etwa indische Telearbeiter nordamerikanische Kundenserver betreuen.

Alternierende Telearbeit ist die derzeit vorherrschende Variante: Abwechselnd wird zu Hause und im Unternehmen gearbeitet. Das Unternehmen stellt mehreren Personen einen Arbeitsplatz zur Verfügung, der dann von den Beschäftigten zu unterschiedlichen und miteinander abgesprochenen Zeiten genutzt wird. Dieses Arbeitsmodell ist besonders bei jungen Eltern beliebt.

Treiber der Entwicklung sind häufig teure Büromieten wie etwa in London, hohe Pendelkosten bzw. -zeiten wie im Londoner Umland oder in Schweizer Bergtälern, gelegentlich auch politische Versuche, der Entvölkerung und dem Arbeitsplatzmangel in ländlichen dünn besiedelten Regionen entgegenzuwirken. Zu diesem Zweck werden teilweise auch Schul- und Verwaltungsgebäude auf dem Land in Telecenter verwandelt.

Sogenannte Televillages sind ganze Wohnsiedlungen, in denen sich Telearbeitsplätze konzentrieren. Ziel eines 1994 bis 1995 durchgeführten Projekts im österreichischen Bruck an der Leitha war es, die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zur Einrichtung eines Telearbeitszentrums im Rahmen einer geplanten Wohnsiedlung zu untersuchen. Der Bericht wurde unter dem Titel »Bruck an der Leitung« bekannt und viel beachtet; die Umsetzung des ursprünglich sehr ambitionierten Vorhabens endete aber in kleinerem Maßstab in der Einrichtung und im Betrieb eines Teleklubs.

Telearbeit hat damit ein durchaus hohes unmittelbares Potenzial, Verkehr zu vermeiden. Frühe Studien in Kalifornien haben gezeigt, dass signifikante finanzielle und zeitliche Einsparungen möglich sind. Allerdings werden diese Spielräume oft indirekt im Freizeitbereich »reinvestiert«, sodass nur eine Verlagerung, aber keine absolute Einsparung an Verkehrsaufwand stattfindet (Choo/Mokhtarian/Salomon 2005; Choo/Mokhtarian/Salomon 2001; Mokhtarian 1991/2007; Mokhtarian 1991).

Bislang sind von der Telearbeit vor allem Informations- und Dienstleistungsberufe betroffen. Doch im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung und mithilfe elaborierter Virtual-Reality-Systeme könnte zukünftig auch das produzierende Gewerbe betroffen sein. Maschinen und Produktionsanlagen würden dann ferngesteuert von Arbeitern und Ingenieuren, die sich überall auf der Welt befinden könnten, im Extremfall jeder an einem anderen Ort. Für die Unternehmen zweifellos ein Gewinn an Flexibilität: Sie wären bei der Wahl ihres Produktionsstandorts nicht mehr darauf angewiesen, dass ausreichend qualifiziertes Personal vor Ort zur Verfügung steht, und könnten ihre Belegschaft ortsunabhängig zusammenstellen. Auch die Arbeits- bzw. Betriebszeiten würden elastischer: Mit der entsprechenden Arbeitszeitplanung könnten ferngesteuerte

Produktionsanlagen rund um die Uhr laufen, ohne dass ein einziger Beschäftigter eine Nachtschicht leisten müsste. Die Zeitverschiebung macht es möglich. Im Dienstleistungsbereich existieren solche »Daylight-Konzepte« bereits. In der Regel geht es darum, wichtige Serviceeinrichtungen mit hoch qualifizierten Spezialistinnen und Spezialisten Tag und Nacht verfügbar zu halten.

Szenario 2: Total digital – in Pantoffeln auf den Datenhighway

Heute Morgen war der Kollege Beckmann spät dran. Schnell noch die Kinder verabschieden, das Geschirr in die Spülmaschine, Zähne putzen – aufs Duschen würde er heute verzichten können – und dann ab in sein Arbeitszimmer. Die Videokonferenz mit den Vertretern der anderen Entwicklungsbereiche seiner Firma würde um 8 Uhr 30 beginnen. Dafür waren die meisten lange wach geblieben und ein anderer Kollege war schon Stunden vor ihm aufgestanden. Doch diesmal war er der Chef und die anderen mussten sich nach ihm richten. Beim nächsten Mal würde wohl er wieder länger aufbleiben müssen, um sich – der Zeitverschiebung entsprechend – mit den Kolleginnen und Kollegen abzustimmen. Wenn es ging, stand er aber lieber früh auf. Schnell noch das Jackett hinter der Tür hervorgeholt und dann konnte es losgehen. Die Pantoffeln unter dem virtuellen Konferenztisch sah ja niemand, solange er die Füße nicht auf den Tisch legte.

Pünktlich erschienen die anderen als lebensgroße Hologramme vor ihm, ohne ihre Head-Displays. Es war ihm lieber, wenn sie alle ohne Datenbrille miteinander arbeiteten, was sonst eher üblich war. Aber dann konnte man sich nicht in die Augen schauen. Und Blickkontakt war ihm für das heutige Strategiegelgespräch wichtig. Er brauchte immer die ganzen Gesichter, um sich ein Bild davon zu machen, ob auch alle voll dabei waren, wer noch zögerte, eigene Interessen verfolgte oder noch unausgesprochene Befürchtungen hegte. Doch war die »Media Richness« der modernen Videokonferenzen – also die Eignung für die Herstellung sozialer Nähe – fast so perfekt wie die direkte Face-to-Face-Kommunikation. Aber eben nur fast.

Immerhin ging es heute um die Entscheidung über ein Investitionsvolumen von mehreren hundert Millionen Euro, die sie gemeinsam zu treffen hatten, für die er aber letztlich die Verantwortung übernehmen musste. Bei noch wichtigeren Gesprächen und Entscheidungen nahm er aus demselben

Grund dann auch tatsächlich eine weite Reise auf sich. Als oberer Führungskraft wurden ihm einige wenige reale Reisen pro Jahr gewährt, die er nach eigenem Gutdünken einsetzen konnte. Aber eigentlich sah man es in der Konzernspitze schon lange nicht mehr gern, wenn die teuren Führungskräfte ihre Zeit unkonzentriert und daher viel weniger effektiv auf den teuren, langen und unbequemen Reisen verbrachten. Doch der Hauptgrund neben der Produktivitätssteigerung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter waren die Kosten der Flüge, die auch gut funktionierende Firmen sich nicht mehr leisten konnten und wollten.

Im Jahr 2011 wurden in Deutschland über acht Milliarden Euro allein für Geschäftsreisen ausgegeben. Bis zu 40 Prozent ihres Reisebudgets mussten internationale Konzerne für interne Besprechungen ausgeben – und genau hier boten sich deshalb zunächst auch die Investitionen in sichere firmeneigene Videokonferenztechnologie an. Für Unternehmen, die zu klein waren, um sich eigene Ausstattungen zu leisten, offerierte die Deutsche Telekom alsbald Sharing-Konferenzsysteme an ausgewählten Orten, etwa in Business-hotels, innerstädtischen Geschäftsvierteln und an Verkehrsknotenpunkten, die von allen Seiten gut erreicht werden konnten. Den Hotels eröffnete sich hierdurch ein neues Geschäftsfeld, das nicht nur Einnahmen aus den Raummieten, sondern auch durch das Catering versprach.

Szenario 3: Avatar Mobility – virtuelle Kommunikations- und Arbeitsplattform zur Reduzierung von Pendlerverkehren

Hintergrund

Anfang des Jahrtausends wurden die werktäglichen Pendlerströme in den Industriestaaten zum größten Verkehrsproblem. Befeuert durch die überwiegende Berufstätigkeit beider Elternteile der zahlenmäßig wieder stark zunehmenden Kleinfamilien, wurden längere Arbeitswege als geringeres Übel in Kauf genommen. Die Alternative des ständigen Umziehens, wenn einer der zeitlich befristeten Arbeitsverträge der Lebenspartner endete und die nächste Anstellung an einem anderen Ort begann, stellte nicht nur aufgrund des Kostenaufwands keine belastbare Option dar. Das mehrfache Verlassen der gewohnten Lebensumgebung wurde vor allem für die Kinder als unzumutbare

Belastung empfunden. Die Folge waren überlastete Verkehrsinfrastrukturen, staubedingt ausufernde Pendlerzeiten und überfüllte öffentliche Verkehrsmittel – verbunden mit einer massiven Beeinträchtigung der Gesundheit und der Arbeitsmotivation.

Die gesellschaftlichen Wohlfahrtsverluste wurden Ende der 2010er Jahre allein für Europa auf einen zweistelligen Milliardenbetrag pro Jahr taxiert. Erst die Mitte der 2020er Jahre etablierten Avatar-Mobility-Systeme führten zu einer deutlichen qualitativen Aufwertung der Homeoffice-Alternative und waren damit der entscheidende Impuls zur Einführung neuer Arbeitsplatz- und Präsenzzeitmodelle.

Avatar-Mobility-Systeme

In Anlehnung an den ersten großen Versuch, virtuelle Welten als »Dritte Orte« geschäftlicher Treffen und interaktiver Arbeit zu nutzen, wird die Avatar-Mobility auch als »Third Life« bezeichnet. Die Zugangsbedingungen sind dabei ähnlich dem Vorgänger »Second Life« extrem niedrig, qualitativ hochwertigere Hardware kann die räumliche Illusion allerdings beliebig weit erhöhen. Anders als bei den bis vor wenigen Jahren üblichen Videokonferenzsystemen sehen sich die Besprechungsteilnehmenden nicht mehr persönlich gegenseitig auf dem eigenen Monitor, sondern befinden sich gemeinsam in einem virtuellen Raum, in dem sie jeweils durch ihren persönlichen Avatar vertreten werden. Per Videobrille, Maus und Internetverbindung steuert man sein Double durch Raumwelten, die nicht selten anlassspezifisch gestaltet sind und deren Atmosphäre die Produktivität und Kreativität des Treffens positiv beeinflussen sollen.

Für einen Bruchteil der Investitions- und Betriebskosten betonierter Unternehmenskomplexe entstehen auf gemieteten Serverfarmen allzeit saubere und nicht selten räumlich beeindruckende Arbeits- und Präsentationsumgebungen im Cyberspace. Diese sind leicht in der Größe skalier- und modernisierbar, müssen nicht beheizt werden und sind von überall auf der Welt mit der entsprechenden Zugangsberechtigung innerhalb von Sekunden aus jedem Winkel der Welt klimaschonend erreichbar. Insofern heißt das Motto nicht mehr nur infrastrukturbezogen »from bricks to clicks«, sondern vor allem auch verkehrssparsam »from vehicle to virtual«.

Aufbauend auf Fortschritten der Computerspielindustrie taucht der Nutzer innerhalb kürzester Zeit vollständig in die künstliche Welt ein. Er bewegt sich mit seinem Avatar durch Avatargruppen und kommuniziert über ihn

mit einzelnen oder 20 Mitarbeitern wie im traditionellen Büroalltag. Neben den schnell einzurichtenden Heimarbeitsplätzen sind riesige sogenannte Avatar Mobility Center gegründet worden. In diesen verkehrlich sehr gut angebundenen Gemeinschaftsbüros können Einzelplätze oder ganze Etagen für die Avatararbeit gemietet werden.

Vorreiter bei der Erstellung und Implementierung dieser Systeme waren renommierte Universitäten, die in ihren Heimatmärkten mit geburtenschwachen Jahrgängen konfrontiert wurden und zugleich bei ihren ersten Onlineexperimenten eine gewaltige Nachfrage aus den wirtschaftlich aufholenden Weltregionen verzeichneten. Die Avatararbeit bewährte sich als hervorragendes Instrument zur Ergänzung der individuell abrufbaren Vortragsvideos um Tutorien, Lerngruppen und interkulturell zusammengesetzte Seminare. Mussten sich große amerikanische Universitäten zuvor um die Bereitstellung und den Unterhalt zehntausender Parkplätze kümmern, fließen die freigegebenen Mittel nun in zusätzliche Gastprofessuren. Während weite Parkplatzflächen wieder ergrünen, wird der Campus überwiegend alternierend für Blockwochen einzelner Fakultäten genutzt, um den weiterhin gewünschten physisch-persönlichen Kontakt zeitlich komprimiert zu ermöglichen.

Verkehrliche Wirkung

90 Prozent der europäischen Unternehmen haben Avatararbeit inzwischen fest in den Arbeitsalltag integriert. Überwiegend können die Beschäftigten selbst bestimmen, zu welchem Anteil sie zu Hause, in einem Avatar Mobility Center oder am ursprünglichen Firmenstandort arbeiten. Aufgrund der positiven Erfahrungen mit den Arbeitsergebnissen haben sich Avatarmetings aber zum Standard in vielen Wissensarbeitsbranchen entwickelt. Vereinzelt existieren noch Mischsysteme, bei denen die Mitarbeiter beispielsweise über Telepräsenzroboter an physisch durchgeführten Sitzungen teilnehmen. Dies hat zu einer erheblichen Reduzierung des Verkehrsaufkommens in den ehemaligen Spitzenstunden des Berufsverkehrs geführt. Viele geplante Ausbaumaßnahmen, die auf den zusätzlich prognostizierten Kapazitätsbedarf in den werktäglichen Morgenstunden ausgelegt waren, konnten zum Vorteil der öffentlichen Haushalte gestrichen werden. Die Befürchtungen, die Avatararbeiter würden die gewonnene Zeit stärker in verkehrsentensive Freizeitaktivitäten investieren, bewahrheiteten sich nicht.

[Thomas Sauter-Servaes; vgl. Rammler 2014: 245 ff.]

Cybertourismus

Der Cybertourismus ist heute noch keine realistische Variante, sondern allenfalls ein Beispiel für das komplementäre Verhältnis von realen und virtuellen Verkehren insofern, als dass bei der Reiseplanung und -vorbereitung die Destinationen vorab im Internet begutachtet werden.

Cybertourismus wird wahrscheinlich erst unter der Bedingung massiv veränderter technologischer Fähigkeiten und Rahmenbedingungen eine ernstzunehmende Alternative zur realen Urlaubsreise werden können. Die verkehrsvermeidenden Effekte wären in diesem Fall allerdings signifikant.

Szenario 4: Cybertourismus – Reisen im virtuellen Raum

Das ganze Unglück des Menschen, so der französische Physiker und Philosoph Blaise Pascal, entspringe seiner Unfähigkeit, ruhig in seinem Zimmer zu sitzen. Hat er wirklich Recht? Ich befinde mich jetzt seit drei Tagen allein in meinem Apartment an Bord der *Rhodos* und bin nicht so glücklich, wie ich es Pascals Meinung nach sein sollte. Ich kommuniziere im touristischen Cyberspace unausgesetzt mit Avataren, und es fehlen mir die Menschen.

Es sind zwei Formen von Cybertourismus zu unterscheiden. Zunächst die, bei der man als eine Art Ersatzreise für eine unterlassene echte Reise, die man, aus welchen Gründen auch immer – Geldmangel, körperliche Einschränkungen oder Zeitnot – nicht machen kann, durch die Datenkanäle von Internet und Satellitenkommunikation zu wirklichen Orten reist.

Mit Datenbrille oder vor der Videoleinwand und mit Kopfhörern auf den Ohren kann man sich heute fast jeden prominenten Ort der Welt in Echtzeit anschauen und auch anhören. Während ich also auf der *Rhodos* in Richtung Süden schippere, kann ich mir zum Beispiel den Nordpol ansehen und dabei zuhören, wie die Eisschollen beim Schmelzen bersten. Ein geostationärer Ballon macht es möglich. Wenn mir dann danach ist, kann ich gleich darauf den Gipfel des Himalaya erklimmen, mich in die Außenbordkamera eines Luftschiffes über der Sahara einloggen oder aus der Perspektive der Helmkamera eines Kanuten durch den Grand Canyon paddeln. Solche Spezialangebote sind natürlich nicht immer online, werden aber rechtzeitig angekündigt, sodass man seine virtuelle Reise planen kann. Oder man reist eben spontan. Der Kanute bekommt im Gegenzug für seine eingeschränkte

Privatheit eine Entschädigung von der Cybertouristagentur, die die Angebote organisiert und verkauft. Immer mehr Echtzeitreisende sind aber auch bereit, spannende Erlebnisse unentgeltlich mit denen zu teilen, die nicht unterwegs sein können.

Seit der Erfindung der modernen Datenbrille, die eigentlich vor allem eine Schnittstelle in den virtuellen Raum sein sollte, ist heute jeder Nutzer und jede Nutzerin zugleich eine potenzielle Kamera auf die Welt. So bewegen sich Millionen von Menschen als nebenberufliche Cyberdestinatoren mit Brillenkameras an besonderen Orten des Planeten oder einfach durch ihre Heimatstadt und bieten den Cyberreisenden an, dabei zu sein. Tatsächlich versetzen sich gleichzeitig Millionen von Menschen an andere Orte, während sie mit der S-Bahn von der Arbeit nach Hause fahren oder in einem Wartezimmer herumsitzen. Es bleibt nicht aus, dass dabei immer auch Missbrauch geschieht und äußerst fragwürdige Angebote wie Pornographie, Echtzeitkriegsszenen, Raubzüge, ganze Entführungen und sogar Auftragsmorde auf den grauen Markt geraten. Die touristische Netzgemeinschaft sucht intensiv nach Wegen, damit umzugehen. In der gezielten Übernutzung, die zum Zusammenbruch bestimmter Server führt, scheint eine wirksame Methode gefunden zu sein.

Eine zweite Form des Cybertourismus führt in imaginäre synthetische Welten, in denen die Naturgesetze von Physik und Biologie und die üblichen sozialen und kulturellen Standards vollständig außer Kraft gesetzt sein können. Hier gibt es ganze Baukästen virtueller Realitäten, aus denen mit neuen, erfundenen Varianten von Vegetation, unbekanntem architektonischen Formen und fantastischen Kreaturen, die als Avatare realer Personen den Cyberspace bevölkern, ganz neue Welten kreiert werden. Meistens entstehen diese digitalen touristischen Erlebniswelten in Selbstorganisation auf der Basis von Open-Source-Softwares. Menschen überall auf der Welt arbeiten gemeinsam am Aufbau von Kunstwelten. Daneben existieren aber auch die High-End-Angebote kommerzieller Studios, die mit teils tagelangen Reisen durch perfekt inszenierte Surrogatwelten die totale Immersion anbieten. In eng am Körper anliegenden und ihn völlig umgebenden MultiSense-Anzügen wirken orchestrierte Lichteffekte, Temperaturschwankungen, Geräusche, Gerüche, Bewegungen und Berührungen unmittelbar auf alle zugänglichen Körper Sinne. Bei längeren Reisen ist nur die Nahrungsaufnahme eine Herausforderung, der man mit Infusionen beizukommen versucht.

Tauche selbst gerade aus so einer Surrogatwelt auf und muss sagen: Was für ein Trip! Hatte eine Reise auf den Mars gebucht und war ganze zwei Tage unterwegs. Da Raumfahrer sich sowieso von Pasten und Pastillen mit hochkonzentrierten Nährstoffen ernähren, gehörte das Problem der Nahrungsaufnahme sozusagen zur Inszenierung. Sogar die fehlende Schwerkraft haben sie irgendwie imitieren können. Ich bin noch ganz wackelig auf den Beinen. Aber die perfekte Inszenierung hat meine Neugierde geweckt.

Zur abschließenden Illustration dieses Themas beschreibt das folgende Szenario eine idealtypische Zukunftsvision der Restrukturierung von Lebens- und Siedlungsformen auf der Grundlage virtueller Mobilitätsangebote.

Szenario 5: New H (rurale Kolonien bzw. Dorf 2.0) – Szenario aus dem Jahr 2028

Hier geht's um eine Stadtfluchtbewegung kreativer Digital Natives, die eine moderne Form des Landlebens propagiert.

Das Wunschbild vom idyllischen Landleben – in Hochglanzmagazinen, TV-Sendungen und der Werbung für Landprodukte aufwendig medial inszeniert – war lange kaum zu vereinen mit der tatsächlichen Entwicklung. Jahrzehntlang waren der Verfall ländlicher Gemeinden und eine massive Landflucht zu beobachten. Erst mit Beginn der 2020er Jahre wandelte sich das Bild. Baugemeinschaften und Avantgardisten eroberten brachliegende Dörfer zurück, aber auch professionelle Projektentwickler spekulierten auf das gerade in vielen akademischen Schichten prinzipiell positive Bild vom Landleben und konzipierten auf der Grundlage der Anforderungen dieser Klientel unter dem Schlagwort »Dorf 2.0« ein neues Modell ländlicher Siedlungen.

Zum großen Teil nutzen die Stadtauswanderer ressourcenschonend alte Bausubstanz. Teilweise werden jedoch auch günstige neue Standorte mit zeitgenössischen Architekturentwürfen entwickelt, weshalb die ruralen Projekte in Anlehnung an das Berliner Hansaviertel in Planerkreisen auch Hansadörfer genannt werden. Die neuen Ansiedlungen liegen überwiegend in 60 bis 90 Minuten Schnellzugdistanz in der erweiterten Peripherie großer Städte.

Vorreiter

Vorreiter und Namensgeber der New-H-Bewegung waren New Yorker Hipster, die Anfang der 2010er Jahre von Manhattan in die Kleinstadt Hastings am Hudson River zogen. Die kreativen Pioniere suchten zunächst vor allem eine Alternative zu den überhitzten innerstädtischen Immobilienpreisen. Was als temporäre Stadtfucht für den Feierabend und zugunsten größerer Wohnflächen begann, mündete schließlich in funktionierenden suburbanen Lebensräumen, die sich immer stärker vom nächstgelegenen Metropolraum abnabelten, ohne dass dieser als Möglichkeitsraum für Einkauf, Freizeit oder allgemeines Kontrastprogramm an Bedeutung für das Gesamtkonzept verlor.

Ausgestaltung

Anders als die zuvor bekannten Schlafstädte und Retortendörfer, setzt sich die Bevölkerung nicht aus einem Heer von Arbeitsnomaden zusammen, das faktisch nur am Wochenende und nachts in voller Besetzung anzutreffen ist. Stattdessen zielt das Modell auf die Digital Natives, die sich aus ihrem Arbeitszimmer oder der Büro-WG nebenan in den weltweit stattfindenden Arbeitsalltag einklinken, aber einer exzessiven physischen Mobilität eine Absage erteilen; die für einige Jahre oder für immer eine Auszeit vom Großstadtleben suchen, ohne komplett aussteigen zu müssen. Es ist die Neuentdeckung von intensiv genutzten Versorgungs-, Begegnungs- und Erholungsstrukturen im unmittelbaren, unmotorisiert erlebbaren Umfeld. Der Lebensentwurf basiert auf einer großen Naturnähe, einem hohen Grad an Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln und Energie und einer starken virtuellen Nabelschnur, die den Anschluss an die Welt sichert. Die physische Anbindung an die weite Welt allerdings wird bewusst erschwert, um das rastlose Hopping zwischen Landleben, Großstadt und Flughafen bereits im Ansatz zu unterbinden.

[Thomas Sauter-Servaes, vgl. Rammler 2014: 251 ff.]

2.6 Erstes Zwischenfazit: Die digitale Welle erfasst die Mobilität

»So konnte schon Schumpeter vor fünfzig Jahren, als das Auto gerade die Hälfte seiner bisherigen Produktexistenz hinter sich hatte, davon sprechen, dass die Automobilindustrie den Lebensstil und die Lebensanschauung nachhaltiger verändert hat als je ein Prophet« (zit. nach Prätorius 1993: 63).

Diesen Gedanken aufgreifend kann man heute sagen, dass die Digitalisierung – schon am Beginn ihrer eigentlichen Entfaltung – Lebensstile und Lebensanschauungen überall auf der Welt radikal zu verändern begonnen hat, mithin die zu erwartende Entwicklung der Produkte und Produktionstechnologien der Mobilität in absehbarer Zeit auch zu radikalen Transformationsprozessen in der Mobilitätswirtschaft führen wird.

Die aktuelle Diskurslage der öffentlichen Debatten einerseits, das reale Investitionsvolumen der Automobilwirtschaft und der IT-Branche sowie die aktuell erkennbaren Strategien andererseits zeigen dabei einen klaren Schwerpunkt bei der *intramodalen* Optimierung des automobilen Systems: der Vernetzung des Automobils in Verbindung mit dem Konzept des assistierten bzw. automatischen Fahrens. Daher lag einer der Schwerpunkte dieser Studie auch bei diesem Themenbereich.

Unterstrichen wird diese Einschätzung durch die aktuelle Meldung, dass neben Google nun auch Apple an der Entwicklung eines eigenen Autos arbeitet. Wahrscheinlich wird der Konzern bei der Entwicklung seines eigenen Elektrofahrzeugs ebenfalls die Idee des vernetzten und automatischen Fahrens gleich mit im Blick haben. Der Schritt ist vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen folgerichtig und war mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Nicht ohne Grund ist es Apple, neben Google der zweite große IT-Anbieter mit eigenem Betriebssystem für mobile Endgeräte, der damit in den Mobilitätsmarkt einsteigen könnte. Denn die digitale Vernetzungskompetenz wird es sein, die die Automobilbauer der Zukunft auszeichnet und das Abschöpfen eines immer größeren Teils der automobilen und automobilen Wertschöpfung garantiert.

Steht die Branche damit vor dem Neustart, mit doppeltem Fahrerwechsel – dem auf dem Fahrersitz des Autos und dem in den Führungspositionen der Autobranche? In der Tat spricht vieles dafür, dass der langanhaltende und große Erfolg der etablierten Autobauer mit der technischen Kompetenz bei den thermischen Antrieben und der unternehmerischen Strategie des Wachstums mit hohen Stückzahlen nach den aktuellen Höhenflügen nicht mehr viel weitergetrieben werden kann.

Die Rahmenbedingungen für Mobilität und die Trends der Nachfrage nach Mobilitätstechnologie verändern sich rasant. Bevölkerungswachstum, urbane Verdichtung und mit steigender Mobilitätsnachfrage massiv wachsende Phänomene des urbanen Dichtesses wie Raumknappheit, Engpässe für den fließenden und ruhenden Verkehr, mangelnde Verkehrssicherheit und Emissionsprob-

leme erzwingen vor allem auf den künftigen Wachstumsmärkten der Mobilität in Asien und Lateinamerika neue Mobilitätskonzepte. Sie werden im Kern auf emissionsarmen Antrieben und einer gesteigerten Nutzungseffizienz von Produkten und Infrastrukturen aufbauen müssen. Auch die junge Kundschaft pocht – im Sinne der Philosophie der sogenannten Shareconomy («nutzen statt besitzen») – immer weniger auf den betriebswirtschaftlich im Grunde uneleganten Besitz von Fahrzeugen und erwartet stattdessen den verlässlichen, flexiblen und zugleich kostengünstigen Zugang zu modernen Verkehrssystemen. Selbstverständlich will man dabei auch unterwegs möglichst online und vernetzt sein.

Die Digitalisierung kommt über uns wie eine Welle, die wir weder einhegen noch kanalisieren können. Sie bringt eine kreative Zerstörungswucht im Schumpeterschen Sinne mit sich, die nichts und niemanden unverändert zurücklässt. Am Möglichkeitshorizont erscheint das Bild einer ubiquitär vernetzten technologischen Meta-Intelligenz, einer sozio-technischen Mischwelt aus Netzen, Geräten, Software und menschlichen Verhaltensweisen und Lebensstilen. Wie auch immer wir das moralisch bewerten und ob es uns gefällt oder nicht: Diese Entwicklung wird auch die Produktivkräfte und Produktionsverhältnisse der Mobilitätswirtschaft umfassend revolutionieren.

Die Gründerszene der digitalen Shareconomy entwickelt schon heute in großer Geschwindigkeit immer neue Foren, Netzwerke und Applikationen für Wegeplanung, Verkehrsflussoptimierung, Parkplatzsuche, für die anteilige Fahrzeugnutzung wie Carsharing, Bikesharing und Ridesharing; mithin entstehen – in geringerem Maße – digitale Marktplätze für vernetzte und verkehrsträgerübergreifende Mobilität (vgl. auch Rammler/Sauter-Servaes 2013).

Die Automobilbranche hat angesichts dieser Entwicklungen womöglich nur die Chance, die digitale Welle ebenfalls reiten zu lernen und die sich bietenden technologischen Möglichkeiten klug zu nutzen, vor allem um die beschriebenen Wachstumsprobleme der Mobilität nachhaltig in den Griff zu bekommen. Wie sich IT-Branche und traditionelle Autobauer dabei arrangieren werden, ob sie konkurrenz- oder eher kooperationsbasierte Strategien an den Tag legen, ist noch eine offene Frage. Nach Lage der Dinge kann man bei der Spekulation über die Zukunft aber von zwei Thesen ausgehen:

- Die absehbare Entwicklung der Mobilitätsnachfrage erfordert konzeptionell eher Kooperation als Konkurrenz. Die Herausforderungen sind so groß, dass sie ökologisch wie ökonomisch und sozial zukunftsfähig nur in gemeinsamer

Anstrengung der Akteure gelöst werden können. Die bislang enorme Konkurrenz an den Verkehrsmärkten ist hier womöglich eher hinderlich.

- Die IT-Branche sitzt angesichts des enormen Erfolgs ihrer Produkte und der wachsenden Erwartung der Kundschaft an eine umfassend vernetzte smarte Lebenswelt strukturell womöglich ohnehin am längeren Hebel. Die traditionellen Autobauer sind also auch aus dieser Sicht gut beraten, Kooperation zu suchen, statt in einen schon heute aussichtslosen Wettbewerb einzutreten.

Die automobilen Projekte von Google und Apple könnte man vor dem Hintergrund dieser Annahmen eher als Signale an die Autoindustrie bewerten. Sie könnten damit sagen wollen: Seht her, die Macht ist mit uns! Wenn wir wollten, könnten wir uns sehr schnell in die Lage versetzen, in die souveräne Produktion elektromobiler und umfassend vernetzter urbaner Fahrzeugflotten einzusteigen. Wir haben das Kapital, wir haben die organisationskulturelle »Mehrhändigkeit«, wir können uns die automobilen Technologie und ingenieure Kompetenz beschaffen, und schließlich spielen uns im Kontext der neuen Aufmerksamkeitsökonomie sowieso alle zu erwartenden Nachfragetrends in der Mobilität wie an den anderen Märkten der Energie, der Gesundheit, des Wohnens etc. in die Hände. Ihr solltet besser mit uns zusammenarbeiten, denn davon hätten alle Beteiligten am Ende mehr.

Mit Verweis auf die prognostische Demut, die angesichts der Unübersichtlichkeit und Geschwindigkeit der aktuellen Entwicklungen geboten ist, lässt sich mit vier Szenarien über die mobilitätsbezogenen Pläne der IT-Branche die Spekulation noch weitertreiben:

- Szenario 1: Google und Apple wollen selbst Autos bauen. Google- und iCar sind der erste Schritt hin zur Verknüpfung von Elektromobilität und automatischem Fahren, ökologisch verträglich, hocheffizient und enorm sicher – so wäre das Imagelabel. In einer Zeit in der immer mehr Wertschöpfung in Elektronik und digitalen Vernetzungstechnologien steckt, verringert sich der Anteil der Wertschöpfung, die die klassische Domäne der Autobauer ist. Google & Co. oder IT-brancheninterne Kooperationen sehen hier Chancen, selber Hersteller zu werden.
- Szenario 2: Die IT-Firmen starten mit ihren automobilen Projekten provokante und verunsichernde Testballons und versuchen so einen Zusammenschluss mit den Großen der Autobranche zu für sie günstigen Bedingungen, z. B. der Hoheit über die Fahrerdaten. Vielleicht liegt auch eine Kooperation

mit Tesla nahe. Die regionalen Führungsvorteile im Silicon Valley wären groß, die Imageverwandtschaft ebenso.

- Szenario 3: Google & Co. zielen nicht auf den Markteintritt als Hersteller, sondern auf die Systemführerschaft in der gesamten globalen Welt des vernetzten automobilen Fahrens. Geplant ist nicht, im eigenen Fahrzeug nebenherzufahren, allein oder in Kooperation mit einem Autobauer, sondern in alle Fahrzeuge aller Hersteller einzusteigen. Ihr Ziel ist es, den umfänglichen Zugang zu allen so abschöpfbaren Daten zu bekommen und auszuwerten, mit den Daten aus anderen Bedürfnisfeldern zu verschneiden und neu zu vermarkten. Google und Apple wollen mit ihren automobilen Testballons Bewegung in die Szene bringen und sich bei der Neusortierung der Szene die beste Startposition sichern, z.B. auch gegenüber weiteren IT-Größen in der Branche.
- Szenario 4: Die IT-Branche will in den gesamten Markt der vernetzen verkehrsträgerübergreifenden Mobilität einsteigen. Die Digitalisierung des Autos ist ein konsequenter erster Schritt hin zu einem urbanen, intermodal vernetzten Autobaustein vernetzter Mobilität. In diesem Szenario wären die Güte und Menge der abgreifbaren Daten am größten: Man hat potenziell Zugriff auf alle Menschen, die sich im urbanen Kontext mithilfe digitaler Schnittstellen bewegen, da prinzipiell alle Menschen auch am Verkehr teilnehmen. Alle Verkehrsteilnehmer und alle Verkehrswege können so im idealtypischen Fall erfasst und ihre Daten wirtschaftlich genutzt werden. Hier ist auch die Schnittstelle zum Gütertransport am größten, der ein weiterer Testballon des Markteintritts werden könnte. Kooperationen mit digitalen Marktplätzen wie Amazon und Ebay und logistischen Drohen liegen nahe. Die Dynamik der Entwicklung von intermodalen Schnittstellen ist ebenfalls erkennbar hoch (vom Smartphone zur Datenbrille, iView, etc.).

Vor allem das letzte Szenario zeigt, dass die Digitalisierung geeignet ist, eben nicht nur die Autoindustrie neu zu formatieren, sondern die gesamte Mobilitätswirtschaft. Die Bahnen und die Betreiber kollektiver urbaner Verkehrssysteme stehen im Grunde vor denselben Fragen wie die Autobranche. Heute schon haben die IT-Firmen den besten Zugang zur Kundschaft und auch die beste Meta-Informationslage über Wegemuster und Verkehrssituationen, die eine ideale Basis für die Entwicklung und Vermarktung neuer Mobilitätsdienste bietet.

Aus ökologischer und sozialer Sicht wäre dieses letzte Szenario womöglich ein wünschenswertes, weil es die zunehmend fatale Dominanz des Automobils

im Zusammenhang der digitalen Gesamtoptimierung urbaner Logistik reduziert und die individuelle Selbstbeweglichkeit zukunftsfähig neu definiert. Das im Augenblick wahrscheinlichere Szenario ist jedoch das dritte, da es an die etablierte Pfadabhängigkeit der automobilen Kultur anschließt und deswegen kurzfristig auch der IT-Branche größere Margen verspricht. So oder so findet der Fahrerwechsel in der Mobilitätswirtschaft gerade statt.

Man kann der Autoindustrie wie der gesamten Branche wohl nur raten: Digitalisiert euch, sonst werdet ihr vom Markt verschwinden. Aber eine zukunftsfeste Garantie bietet auch das nicht – die kann gerade niemand geben. Sicher scheint nur eines: Der Preis des rasanten Transparentwerdens des einzelnen Kunden, sein Verlust an informationeller Selbstbestimmung wird in jedem Fall sehr hoch sein.

Diese Überlegungen leiten zur Folgenabschätzung der Digitalisierung im nächsten Kapitel über.

3 Risiken der Digitalisierung

Die »4R« und andere Herausforderungen

Neben den großen Chancen der Digitalisierung sind bereits jetzt einige der Risiken und Probleme ihrer weiteren Entwicklung sehr gut erkennbar, die in diesem Kapitel – wo möglich am konkreten Beispiel der Mobilitätsbranche – thematisiert werden.

3.1 Rechtliche Dimensionen

Die »informationelle Selbstbestimmung« ist das Recht des Einzelnen, selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner personenbezogenen Daten zu bestimmen. Nach der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts handelt es sich dabei um ein Datenschutz-Grundrecht, das im Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland nicht ausdrücklich erwähnt wird. Personenbezogene Daten sind jedoch nach Art. 8 der EU-Grundrechtecharta geschützt.

Die flächendeckende Digitalisierung bringt dieses Recht nun in zweierlei Hinsicht in Gefahr. Einerseits durch die unter dem Stichwort »Big Data« diskutierte, bislang weitestgehend legale Sammlung, Verschneidung, Auswertung und Neuvermarktung von personenbezogenen Daten durch die Anbieter und Betreiber von IT in großem Ausmaß, wie sie mit der Nutzung digitaler Systeme, Devices und Dienstleistungen in allem Lebensbereichen einhergeht. Andererseits die illegale Ausspähung von personenbezogenen Daten durch Cyberkriminelle bzw. staatliche oder private Geheimdienstorganisationen zu Überwachungs- und Manipulationszwecken.

Die Digitalisierung der Mobilität und ihrer Infrastrukturen ist neben dem Gesundheitsmarkt einer der großen Bereiche, in dem zukünftig dauerhaft große Mengen personenbezogener Daten von hoher Güte und Differenziertheit ab-

geschöpft werden können. Die Vernetzung der Fahrzeuge wie die Vernetzung der Kundschaft über die Einbindung ihrer smartphonebasierten intermodalen Mobilitätsassistenten in digitale Verkehrssystemarchitekturen ermöglichen eine weitreichende und umfassende Nachverfolgung aller Verkehrsteilnehmer.

Vor allem ortsbezogene Aktivitätsmuster in Korrelation mit weiteren Daten (Zahlungsvorgängen, Kommunikation, körperbezogenen Daten, etc.) bringen eine enorme Transparenz des einzelnen Menschen mit sich. Daher ist die weitere digitale Durchdringung des Mobilitätsmarktes aus der Perspektive, das Recht auf informationelle Selbstbestimmung schützen zu wollen, eine enorme Herausforderung. Dieser wird neben verbesserten Präventionsmechanismen für kritische Infrastrukturen und verbesserte internationale Standards für Sicherheitssysteme gegenüber illegalen Datenabschöpfungen künftig wohl nur mit einem sehr viel stärkerem Problembewusstsein der einzelnen Verkehrsteilnehmer zu begegnen sein.

3.2 Digitalisierung und Resilienz

»Alle Räder stehen still, wenn der Hacker es so will.« Diese Variante der alten Arbeiterkampfparole könnte sich zu einem düsteren Leitmotiv unserer digitalen Zukunft entwickeln. Mit rasender Geschwindigkeit und in vielfacher Gestalt halten Informations- und Kommunikationstechnologien in alle Lebensbereiche Einzug. Das bringt zunächst eine Menge Vorteile mit sich, und welche Erleichterungen und Verbesserungen wir durch sie noch erleben werden, ist kaum abzusehen.

Je digitaler und vernetzter die Welt sich jedoch bis in die kleinsten Nischen des alltäglichen Lebens darstellt, je ausgeprägter das »Internet der Dinge« sich entwickelt, desto größer werden auch die Angreifbarkeit und Verletzbarkeit aller kritischen Infrastrukturen und aller täglichen Abläufe und Prozesse. Je größer die Systemkomplexität, so die einfache Regel, desto größer ist im Zweifel das Gefährdungspotenzial – sei es durch missgünstige IT-Spezialisten oder (zwar weniger wahrscheinliche, aber womöglich umso katastrophalere) Naturereignisse, deren Folgen im schlechtesten Fall durch Dominoeffekte weltweit und einander bedingend in der realen, der digitalen und der Mischsphäre schmerzhaft spürbar werden könnten. Die Angreifbarkeit der komplexen und technologisch vielfach gemischten und sich überlagernden Infrastrukturen ist gleichbedeutend mit der Verletzbarkeit der gesamten Gesellschaft, die auf diesen Infrastrukturen

aufbaut. Gefährdet sind staatliche Verwaltungsstrukturen ebenso wie IT-basierte Geschäftsprozesse in privaten Firmen und Verwaltungen, Industrieanlagen sowie Energie-, Versorgungs- und Verkehrssystemen.

Nehmen wir einmal an, es gelänge einem IT-Spezialisten, sich mit einer Schadsoftware einen Weg in die Ferndiagnoseserver der großen Autofirmen zu bahnen. Er könnte mit einem einzigen Knopfdruck ganze Fahrzeugflotten manipulieren, stillstehen lassen oder sonst wie die Kontrolle übernehmen. Da die Zukunft der Automobiltechnologie in der Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung von Funktionen liegt, die bislang mechanisch dargestellt wurden, wird dieses Risiko mit jeder neuen Fahrzeuggeneration größer. Gleiches gilt für die Navigationsarchitekturen des modernen Weltverkehrs, sei es auf See, in der Luft oder auf den Straßen, wo millionenfach verbreitete Navigationsgeräte an Bord von Pkws und Lkws Störungen kommunikationstechnischer Art möglich machen. Und es gilt auch für die Steuerungszentralen der öffentlichen Verkehrsanbieter, für die komplexen Steuerungs- und Sicherheitsstrukturen der Bahnen und die Leitsysteme des Straßenverkehrs in den urbanen Zentren.

Ein Beispiel für die Verletzbarkeit der engmaschigen globalen Transport- und Logistikmaschinerie durch Naturereignisse ist der Ausbruch eines kleinen isländischen Vulkans im Jahr 2010, den zuvor kaum jemand auf der Welt zur Kenntnis genommen hatte. Für ein paar Tage brachte er mit seinen scharfkantigen und daher für Flugzeugturbinen äußerst gefährlichen Aschepartikeln fast den gesamten Flugverkehr Europas zum Stillstand. In der Folge sah man zwar, dass so manche Geschäftsreise auch durch Videokonferenzen ersetzbar war, es zeigte sich aber eben auch, dass die Just-in-time-Logistik wichtiger Teile so störungsempfindlich ist, dass die europäische Industrie an den Rand einer größeren Produktionskrise geriet.

Insgesamt gilt: Überall dort, wo der Schritt vom einzelnen Fahrzeug mit weitgehend mechanischen Funktionen zum vernetzten, automatisierten und digitalen Gewebe eines hochgradig integrierten Gesamtverkehrssystems gemacht wird, entstehen neue Risiken, die zukünftig mit in den Blick genommen werden müssen. Das Kriterium der Resilienz, also der Robustheit und Widerstandsfähigkeit von Systemen und Fahrzeugen gegenüber zufälligen oder absichtlich verursachten Störfällen, wird für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Mobilität daher eine mindestens ebenso große Bedeutung haben wie die Kriterien der Umweltverträglichkeit und der Verkehrssicherheit.

Szenario 6: Mobilitätsfukushima – Szenario aus dem Jahr 2028

»Mobilitätsfukushima« ist die umgangssprachliche Bezeichnung für den 12. Februar 2028, an dem der Computerwurm »Caritus« um 11:55 AM (MESZ) weltweit gleichzeitig die Kontrolle über rund ein Zehntel aller Straßenfahrzeuge übernahm. Die direkte Folge waren tausende Massenkarambolagen, der Zusammenbruch sämtlicher städtischen Verkehrssysteme und somit chaotische Zustände in den urbanen Agglomerationen.

Durch den als Terrorakt eingestuftes Vorfall wurde der Straßenverkehr besonders in Europa und den angrenzenden Zeitzonen für rund zwei Wochen beinahe vollständig lahmgelegt. Die genaue Zahl der Opfer konnte nie ermittelt werden, der globale Sachschaden wurde auf über 200 Milliarden US-Dollar geschätzt. Die Drahtzieher der Aktion wurden bis heute nicht identifiziert. Die persönlichen Erlebnisse und die Berichterstattung führten in vielen Ländern zu einer kritischen Auseinandersetzung mit dem Einsatz von einheitlichen elektronischen Bauteilen in sicherheitsrelevanten Anwendungen. Der Straßenverkehr hat nach dem 12. Februar 2028 aus Angst vor weiteren Systemangriffen auf die Automobilität nie mehr die zuvor gültigen Verkehrsleistungswerte erreicht. Gemeinsam mit dem im Sommer 2010 entdeckten Stuxnet-Virus, der vermutlich die iranischen Atomanlagen in Natanz und Buschehr zum Ziel hatte, gilt »Caritus« als komplexester bislang bekannter IT-Sabotageakt.

Wahrscheinlich seit Ende 2025 wurde das Schadprogramm über eine infizierte Diagnosesoftware, die standardmäßig in fast allen Werkstätten zum Einsatz kommt, in die Bordsysteme der Fahrzeuge geschleust. Analog zu klassischen Epidemien hatte sich die digitale Fahrzeuggrippe mit extrem langer Inkubationszeit über Diagnosegeräte und infizierten Fahrzeuge wechselseitig ausgebreitet. Die kollektive selbstständige Aktivierung am 12. Februar 2028 bewirkte bei den betroffenen Fahrern einen vollständigen Kontrollverlust über ihr Fahrzeug. »Caritus« blockierte die Bremsen einzelner Räder, würgte den Motor selbst in voller Fahrt ab und aktivierte die Scheibenwaschanlage sowie den Gurtanlage-Warnton.

[Thomas Sauter-Servaes, vgl. Rammler 2014: 240 ff.]

3.3 Ressourcenintensität

Das Konzept des ökologischen Rucksacks beschreibt, wie viel Materialien und Energie während des Gesamtlebenszyklus eines Geräts, einer Infrastruktur oder bei der Bereitstellung und Nutzung einer Dienstleistung verbraucht werden und welche Emissionen und Abfallstoffe dabei entstehen. Betrachtet werden alle verfügbaren Daten, angefangen von der Extraktion und Verarbeitung von Rohstoffen, dem Planungs-, Konstruktions- und Produktionsprozess eines Produkts und/oder einer Dienstleistung, schließlich die Nutzungsphase und die Entsorgung.

So leicht, transparent und ubiquitär sich die Nutzung digitaler Technologien und Dienstleistungen in den alltäglichen Anwendungen darstellt, so umfangreich sind nun jedoch die für ihre Bereitstellung und ihren Betrieb notwendigen Mengen an Ressourcen und Energie: Endgeräte wie Smartphones, Tablets, Laptops und PCs benötigen seltene und teure sowie in ihrer Extraktion oft ausgesprochen umweltschädliche Rohstoffe; Leitungsinfrastrukturen müssen aufgebaut und die immer umfanglicheren Serverfarmen mit hohem Material- und Energieaufwand gebaut, betrieben und gekühlt werden.

Die noch sehr gering ausgeprägte wissenschaftliche und öffentliche Debatte über die Ressourceneffekte wird teilweise unter dem Stichwort »Green IT« geführt. Die meisten Untersuchungen konzentrieren sich dabei auf den Verbrauch von Energie während der Nutzungsphase von Informations- und Kommunikationstechnologie. Die ökologischen Wirkungen von Materialaufwand, Herstellung, Transport und Entsorgung sind hingegen kaum untersucht. Die ökologischen Gesamteffekte können aufgrund der lückenhaften Datenlage daher nur rudimentär abgeschätzt werden und beziehen sich hier vor allem auf die Frage des Energieverbrauchs (Borderstep/IZT 2012: 41).

Zum Stromverbrauch der Branche Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Deutschland lassen sich also einige – für das Gesamtthema Ressourcen in der Tendenz beispielhafte – Aussagen treffen: Der durch IKT verursachte Stromverbrauch ist im letzten Jahrzehnt stark gestiegen und lag 2010 mit 538 TWh bei 11 Prozent des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland (Umweltbundesamt 2012b: 2). 2001 betrug der Anteil der IKT-Branche noch 8 Prozent mit 484 TWh. Für eine differenzierte Abschätzung ist folgende Systematisierung in den vorliegenden Studien gebräuchlich:

- IKT-Endgeräte in Haushalten, Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen, also PCs, Displays, Drucker, Kopierer, Fernseher, Audiogeräte, Telefone
- Server und Rechenzentren: Applikationen, Speicher, Kommunikation
- Netze: Netzzugang und Kernnetze mit Netzwerkkomponenten wie Router, Switches, Transceiver, Antennen etc., Netzinfrastruktur für Festnetz und Mobilfunk¹

Welcher Stromverbrauch lässt sich nun für diese Bereiche ermitteln und prognostizieren?

- Die Endgeräte privater Haushalte verursachten mit 33 TWh den größten Anteil des gesamten IKT-bedingten Stromverbrauchs: etwa 60 Prozent. Erwartet wird bis 2020 ein Anstieg um ein Viertel auf knapp 40 TWh, insbesondere bei PCs und TV-Geräten. In Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen wurden etwa 6,8 TWh Strom benötigt und damit 12 Prozent des gesamten Bedarfs. Hier wird geschätzt, dass der Bestand an Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von 26,5 Millionen im Jahr 2010 bis 2020 auf 37,5 Millionen steigen wird. Dennoch erscheint es möglich, den Ressourcenverbrauch zu senken, wenn energieeffiziente Geräte wie Mini-PCs, Notebooks, Thin Clients wesentlich stärker zum Einsatz kommen würden (Borderstep/IZT 2012: 91).
- Für Server und Rechenzentren wurde ein Verbrauch von 9,1 TWh ermittelt. Der Trend eines steigenden Stromverbrauchs konnte in diesem Bereich gestoppt werden. Das liegt an Effizienzsteigerungen, die jedoch durch eine wachsende Serverzahl, zunehmende Speicherbedarfe und mehr Netzwerktechnik aufgehoben wurden (ebd.: 44). Der Materialbedarf konnte jedoch nicht verringert werden, vor allem der Elektronikanteil steigt weiter an.
- Für Netzzugang und Kernnetz wurde 2007 von einem Verbrauch von 6,4 TWh ausgegangen (ISI/IZM 2009: 13). Hierzu gehört das Betreiben der Netzzugänge zu Telefon- und Internetnetzen und des Kernnetzes selbst mit den

1 | Die einzelnen Netzwerkebenen lassen sich unterscheiden nach Orts-, Regional- und globalen Fernnetzen, nach Betreibern wie Telekom- und Internetanbietern. Zu differenzieren ist auch die »Last Mile«-Zugangstechnologie nach drahtgebunden und drahtlos. Zu den Geräten gezählt werden können Netzübergangsschnittstellen und Vermittlungsknoten (Gateways, Router, Switches), Signalverstärker und Sendempfangseinheiten (Repeater, Basisstationen, Antennen) sowie Richtfunk (Funktürme und Satellitenlinks). Diese funktionalen Recheneinheiten verbergen sich meist in Racks (19-Zoll-Schränken) innerhalb von Servern (Borderstep/IZT 2012: 53).

Netzwerkkomponenten. Prognosen gehen davon aus, dass sich der Stromverbrauch vervierfachen wird: von 8 TWh im Jahr 2010 auf über 32 TWh im Jahr 2020. Das Feld der Netze ist daher ressourcenpolitisch besonders bedeutsam (Borderstep/IZT 2012: 91).

Kann der Ersatz älterer Geräte durch energieeffiziente Neugeräte die Umweltauswirkungen von Herstellung, Distribution und Entsorgung wettmachen? Eine Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes hat diese sogenannte energetische Amortisierung am Beispiel von Notebooks untersucht und gefragt: Wie viel effizienter muss das neue Notebook sein, damit sich der Ersatz des alten und weniger energieeffizienten Geräts aus ökologischen Gesichtspunkten lohnt? Es konnte gezeigt werden, dass die Herstellung für knapp 56 Prozent (oder 214 Kilogramm CO₂ in fünf Jahren) der Gesamttreibhausgasemissionen verantwortlich ist und damit der Ausstoß höher liegt als in der Nutzungsphase (Umweltbundesamt 2012a). Der Umweltaufwand bei der Herstellung ist also so hoch, dass er sich durch eine erhöhte Energieeffizienz in der Nutzung nicht in realisierbaren Zeiträumen amortisieren lässt. Wird die Effizienz durch ein Neugerät um 10 Prozent gesteigert, amortisiert sich dies erst in 33 bis 89 Jahren. Entscheidend ist daher, die Lebensdauer der Neugeräte zu erhöhen, um die ökologischen Belastungen der Herstellungsphase zu reduzieren.

Das Umweltbundesamt empfiehlt neben »verpflichtenden produktpolitischen Ökodesign-Maßnahmen für IKT-Geräte« folgende weitere Schritte:

- Auf- und Nachrüstung ermöglichen
- modularen Aufbau fördern
- recyclinggerecht konstruieren
- Ersatzteile verfügbar machen
- Komponenten standardisieren
- Mindestgarantien geben

Es ist damit zu rechnen, dass der Ressourcenverbrauch durch IKT aufgrund der immer größeren Gesamtnachfrage weiterhin stark steigen wird. Zwar kann die Effizienz sowohl bei Einzelgeräten – etwa durch Miniaturisierung – als auch bei Rechenzentren und Netzen deutlich gesteigert werden. Für Deutschland ist jedoch davon auszugehen, dass der IKT-bedingte Stromverbrauch von etwa 59,6 TWh im Jahr 2010 auf über 90 TWh im Jahr 2020 steigen wird. Dies würde eine Zunahme um 50 Prozent bedeuten und damit den IKT-Anteil am hierzu-

lande insgesamt verbrauchten Strom auf fast 20 Prozent erhöhen. Die Stromnetze könnten dadurch wesentlich belastet werden – mit Folgen für Versorgungssicherheit und Umwelt (Borderstep/IZT 2012: 77).

Etwa 2,5 Milliarden Menschen weltweit haben heute Internetzugang. Im Jahr 2017 werden 50 Prozent der Weltbevölkerung online sein – und damit 3,6 Milliarden von dann 7,2 Milliarden Erdenbürgern (Greenpeace 2014). Mit der steigenden Nutzung von Internet und Cloud wird auch der globale Strombedarf überproportional zunehmen: Steigerungen um 60 Prozent oder mehr bis zum Jahr 2020 werden durch die wachsende Onlinebevölkerung und ihre Internetabhängigkeit prognostiziert.

Die Daten der Nutzer werden in Serverparks gespeichert, die sehr große Mengen Energie verbrauchen. So benötigen zum einen die Hochleistungsprozessoren viel Strom, zum anderen müssen die Geräte dauerhaft gekühlt werden – rund um die Uhr. Mittlerweile verbraucht das weltweite Cloud Computing mit 700 Milliarden Kilowattstunden mehr Strom als die gesamte Bundesrepublik. Wäre das Internet ein Land, so hätte es den weltweit sechstgrößten Stromverbrauch.

Problematisch ist zudem, dass der »ökologische Fußabdruck des Internets« sich bislang vor allem auf Orte konzentriert, an denen Energie auf besonders schmutzige Weise hergestellt wird. Greenpeace (2014) hat in einer Studie die 19 global führenden IT-Unternehmen untersucht, die den Shift zum Cloud Computing vorantreiben und einen Großteil der Internetdaten verarbeiten. Es hat sich gezeigt, dass immerhin sechs große Cloud-Markenführer (Apple, Box, Facebook, Google, Rackspace, Salesforce) sich dem Ziel verpflichtet haben, ihre Datenverarbeitung vollständig auf erneuerbare Energie umzustellen.

Rein regenerativ betreibt bislang allein Apple seinen Serverpark im Süden der USA mit Solar-, Wasser, Hydro- und Geothermalkraft. Der Konzern hat gemeinsam mit Google und Facebook den größten Stromversorger der USA, Duke Energy, dazu gebracht, den Markt für grünen Strom zu öffnen. Sehr schlecht schneiden Ebay und vor allem Amazon ab, das in dem Report als »eines der schmutzigsten und intransparentesten Unternehmen im Internet« bezeichnet wird. Als deutsche Firma wurde IBM mit seinem Rechenzentrum im baden-württembergischen Ehningen untersucht, das 22 Prozent seines Stroms aus erneuerbaren Quellen bezieht, 14 Prozent mit Gas, 18 Prozent mit Kernkraft und 45 Prozent mit Kohle erzeugen lässt.

Aufgrund des großen Kühlungsbedarfs werden immer mehr Rechenzentren in Skandinavien gebaut. So siedelt sich Facebook mit einem Rechenzentrum in

Nordschweden an, dessen Server mit Außenluft gekühlt werden können. Auch in Island und Norwegen werden Rechenzentren geplant, ebenfalls in Finnland, wo Google bereits eines mit Meereskühlung in Betrieb genommen hat.

Vor diesem Hintergrund entwickeln sich IT-Unternehmen zu wichtigen Playern, die einen großen Beitrag zur Umstellung auf erneuerbare Energien leisten können. Neben den Unternehmen in den USA rückt China im nächsten Jahrzehnt in den Fokus, denn dort wird ein Großteil des Internetwachstums stattfinden. Wenn Unternehmen ihre Internetinfrastruktur dort auf der Basis schmutziger Energie auf- und ausbauen, könnte das desaströse Folgen für den Kohlenstoffausstoß wie die Luftverschmutzung haben. Innovative Ansätze könnten hier allerdings eine große Gegenwirkung zeigen.

3.4 Reboundeffekte

Eng mit der Frage der Ressourcenintensität verbunden ist die Frage der sogenannten Reboundeffekte. Denn gemeinhin werden technologische Innovationen eingesetzt, um Zeit, Kapital oder Ressourcenaufwände zu minimieren. Solche technologischen Effizienzsteigerungen sind allerdings mit dem in Ökonomenkreisen zunehmend diskutierten Problem der Überkompensation der ursprünglich intendierten Einsparungen durch Mehraufwendungen an anderer Stelle verknüpft.

Der Begriff »Rebound«, zu Deutsch »Zurückspringen« (z. B. »Rebounding« = Trampolinspringen), verweist auf diesen Effekt. Eine viel beachtete Studie von Madlener und Alcott (2011) für die Enquete-Kommission »Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität« des Deutschen Bundestages hat sich umfassend mit dem Problem beschäftigt. Die Autoren schlagen folgende Definitionen vor:

»Der Begriff ›Rebound‹ deckt alle Auswirkungen einer technischen Effizienzsteigerung auf die Nachfrage in einer Wirtschaft ab, nicht nur jene bei den direkt betroffenen Produkten (Güter und Dienstleistungen), die durch den technischen Fortschritt effizienter geworden sind. Sehr viele Studien untersuchen z. B. das Konsumverhalten, nachdem jemand ein ›sparsameres‹ Fahrzeug kauft, nämlich die zusätzlich gefahrenen Kilometer oder vielleicht auch den Kauf eines zusätzlichen Fahrzeugs. Andere messen, wie viel mehr geheizt wird, nachdem ein Wohnhaus besser isoliert und die Beheizung dadurch kostengünstiger geworden ist. Dieser Rebound wird als Direktrebound bezeichnet.

Indirekter Rebound hingegen bezeichnet alle anderen Auswirkungen: nach der Effizienzsteigerung hat z. B. der Konsument Kaufkraft übrig, die für alle nur denkbaren Produkte bzw. Dienstleistungen ausgegeben werden kann; zudem wird der Energieinput selbst billiger, weil die Effizienzsteigerung einer (temporären) Senkung der Nachfrage gleichkommt, was die Nachfrage wiederum ankurbelt. Die Auswirkungen dieser vorläufig brachliegenden Kaufkraft lassen sich folgendermaßen klassifizieren:

- Der Konsument, der das durch die Effizienzsteigerung günstiger gewordene Produkt bislang gekauft oder genutzt hat (z. B. ein Fahrzeug), kauft mehr davon oder nutzt es intensiver.
- Dieser Konsument kauft ein anderes Produkt.
- Ein anderer Konsument kauft oder benutzt das günstiger gewordene Produkt.
- Eine andere Konsumentin kauft ein anderes Produkt, das durch die Effizienzsteigerung indirekt günstiger geworden ist.
- Niemand kauft etwas mehr, sondern alle arbeiten, verdienen und kaufen weniger, proportional zur Effizienzveränderung.

Kategorien (1) und (3) bilden den direkten Rebound, Kategorien (2) und (4) den indirekten Rebound und Kategorie (5) den sogenannten Null-Rebound, bei dem die »engineering savings« voll realisiert werden und die Gesellschaft mehr Freizeit zur Verfügung hat. Leider werden Rebound und Direktrebound in der Literatur oft verwechselt bzw. genauer gesagt wird Rebound quantifiziert, aber nur der Direktrebound ist damit gemeint. Weil der Direktrebound nur einen Teil der Auswirkungen misst, ist er immer kleiner als der Gesamtrebound. Der Gesamtrebound (d. h. die Aggregation aller Reboundeffekte) ist jedoch die umweltrelevante Größe« (Madlener/Alcott 2011: 8 ff.).

Die unterschiedlichen, oben beschriebenen Innovationskorridore der Digitalisierung der Mobilität zielen alle im weitesten Sinne auf eine Effizienzsteigerung der Nutzung einzelner Produkte bzw. eine gesamtsystemische Effizienzsteigerung. Da zudem digitale Innovationen für sich betrachtet meist starke Effizienzsteigerungen mit sich bringen, ist das Thema der Reboundeffekte künftig unbedingt im Blick zu behalten, wenn man mit dem Einsatz digitaler Technologien (auch) auf eine ökologische Gesamtoptimierung erreichen will.

Als eine unmittelbare Schlussfolgerung ergibt sich aus den Rebounds, dass digital unterstützte verkehrssystemische Innovationen – wenn mit ökologischem

Anspruch – immer im Gesamtkontext einer übergeordneten Zielmatrix und entsprechender komplementärer Handlungsansätze zu betreiben sind. Einer etwaigen Optimierung des urbanen Verkehrsflusses für den fließenden und ruhenden Verkehr durch verkehrstelematische Lenkung digital vernetzter Autoflotten stünde in dieser Denkweise dann also die Notwendigkeit eines Handlungsansatzes gegenüber, der die weiteren, dadurch möglichen Wachstumsprozesse der Automobilität durch fiskal- oder ordnungspolitische Instrumente auf ein gewünschtes Niveau reguliert.

Schließlich sei der Aspekt möglicher generalisierter, gesamtgesellschaftlich wirkender Reboundeffekte der Digitalisierung angesprochen. Hier kann vielleicht eine Metapher weiterhelfen, die den funktional hoch differenzierten und deswegen strukturell auf ein hohes Maß an integrationsleistender Mobilität angewiesenen »Organismus der Gesellschaft« mit allen seinen Straßen, Leitungen und Austauschprozessen gleichsetzt mit dem biologischen Organismus, seinen Blutbahnen, Nervenleitungen und Schaltzentralen.

Zu befürchten ist, dass die Digitalisierung auf den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Gesamtorganismus so wirken könnte wie viele Liter koffeinhaltinge Getränke oder aufputschende Drogen auf den menschlichen Organismus wirken würden: Es kommt zu einer enormen Beschleunigung und Dynamisierung aller körperlich-metabolischen bzw. gesellschaftlichen Vorgänge, zu eher kurzfristigen Steigerungseffekten – und eben nicht zu nachhaltig dauerhaften Entwicklungen – mit allen damit verbundenen Effekten eines gesteigerten Ressourcendurchsatzes, Flächenverbrauchs, einer Zerstörung sozialer Strukturen und Institutionen etc. Das hat dann mit einer stetigen, auf Nachhaltigkeit angelegten Entwicklung nicht mehr viel zu tun.

3.5 Spaltung oder Daseinsvorsorge? Soziale Aspekte

Werden die Gesellschaften der Zukunft durch einen digitalen Graben getrennt sein? Der Zugang zu innovativen Technologien wird maßgeblich mit beeinflusst durch Technologiekompetenz (die mit Alter und Bildung korreliert) und finanzielle Spielräume zum Technologieerwerb. Beide Aspekte lassen befürchten, dass zukünftig bildungsferne, einkommensschwache und/oder ältere Bevölkerungsteile von der digitalen Innovationsspirale zunehmend ausgeschlossen sein könnten.

Eine zusätzliche Problematik entsteht dadurch, dass digitale Technologie, insbesondere die »Universalschnittstelle« des Smartphones zunehmend zur Tür-

öffnerin für den Zugang auch zur Nutzung öffentlicher Infrastrukturen werden könnte. Öffentliche Verkehrsmittel beispielsweise, deren Zugang, Nutzung und Abrechnung ein Smartphone voraussetzen, würden auf diese Weise ebenso sozial diskriminierend wirken wie die Digitalisierung von Verwaltungsabläufen oder des Gesundheitswesens.

Insofern dabei privat zu finanzierende Zugangstechnologie Voraussetzung für die Inanspruchnahme auch von Leistungen der staatlichen Daseinsvorsorge wird, müsste die Frage der Ermöglichung eines diskriminierungsfreien und sicheren Zugangs zu staatlichen Leistungen mit ganz oben auf der politischen Digitalisierungsgenda stehen.

3.6 Psychologische und sozialpsychologische Aspekte

Die massenhafte und dauerhafte Integration von (digitalen) Technologien in unsere Alltagskultur verändert Formen der Sozialität und psychologische Dispositionen. Für beides gibt es in der Technikgeschichte, besonders in der Geschichte der Kommunikationstechnologien, hinreichende Beispiele.

Das folgende Szenario greift besonders die Frage der dauerhaften Veränderung kognitiver Dispositionen und Fähigkeiten auf, die mit der hybriden realen und zugleich digitalen Existenz einhergehen könnten.

Szenario 7:

»Digital lost«: Wo bin ich? Und wenn ja, wie viele? – Szenario aus dem Jahr 2040

Wissen Sie gerade, wo Sie sind? Nein, nicht genau? Das kann ich verstehen. Sie müssten dafür ja auch wissen, wer Sie sind. Sind Sie die Person, die gerade in einem Café sitzt und in ihrer iView-Brille diesen Artikel liest? Nebenbei bemerkt: Wissen Sie überhaupt den Straßennamen dieses Cafés und wie Sie ohne Ihr iView-Navi hier wieder wegst kämen?

Oder sind Sie einer der virtuellen Agenten, die Sie heute Morgen mit Rechercheaufgaben ins Netz geschickt haben und jeden Augenblick zurück erwarten? Einer sollte Ihre nächste Urlaubsreise planen. Einer sollte einige Daten recherchieren und einen dritten hatten Sie in ein virtuelles Büro geschickt, um dort Ihre nächste Rede auszuarbeiten. Der war nicht begeistert,

hat gemeckert und Sie hatten sich innerlich notiert, beim nächsten Mal, wenn Sie eine solche Aufgabe an einen Agenten zu vergeben hätten, vorher seinen Persönlichkeitssimulator auszuschalten. Der war Ihnen zu selbstänlich.

Oder sind Sie möglicherweise der virtuelle Mantel, den Sie tragen, wenn Sie das Haus verlassen? Jeder kann daran erkennen, was Sie ihn erkennen lassen möchten: Ihren Namen, Ihren Titel, Ihren Beruf, Ihre sexuelle Orientierung, Ihr Lieblingsgericht, Ihre Hobbys, ob Sie ledig sind oder auf Partnersuche. Dann unterhalten sich die virtuellen Mäntel zweier Personen und checken die wichtigsten Daten, oft ohne dass ihre Besitzer überhaupt etwas davon mitbekommen. Erst bei wirklichem Wohlgefühl der virtuellen Schutzhaut zoomt der Autofokus Ihrer Datenbrille die entsprechende Person in Ihren Aufmerksamkeitsfokus. Sie können dann mit einem Augenzwinkern immer noch entscheiden, ob Sie reagieren wollen oder nicht.

Aber sind Sie dann auch immer ganz sicher, welche Bedeutungshaut Sie heute Morgen umgehängt haben? Es soll im morgendlichen Berufsverkehr ja immer wieder zu peinlichen Situationen kommen, wenn Kolleginnen und Kollegen aufeinandertreffen. Diese »erkennen« sich oft nicht, wenn beide vergessen haben, ihre Cybermäntel vom Vorabend auszuziehen – kaum jemand schaut sich im öffentlichen Verkehr ja noch mit seinen biologischen Klaraugen an, fast alle tragen ihre Cyberbrillen mit Filter- und Suchmasken.

Doch Anekdoten beiseite. Wir wissen heute zum ersten Mal seit Beginn der frühen Zivilisationsgeschichte wieder nicht, wo wir sind – weder im geografischen noch im virtuellen Sinne. Das ist meine Ausgangsbeobachtung für diesen Text, den zum 20. Jahrestag von iView zu schreiben ich mich aufgefordert gefühlt habe. Und wirklich: Ich habe ihn ganz selbst geschrieben, ohne Schreibagenten, altmodisch mit Computer und mit Tastatur.

Ich kann das noch, denn ich bin mit über 70 Jahren ja nun so alt, dass ich noch gelernt habe, so zu schreiben. Genauso wie ich in der Lage bin, mit Landkarte, Stadtplan und Erinnerungsvermögen ganz selbstständig meinen Weg zu finden. Diese Kulturtechnik ist heute wohl fast ausgestorben – einfach so, in zwei Jahrzehnten. Nach 10.000 Jahren Kultur- und Mobilitätsgeschichte, die sich in weiten Teilen um die Kunst der Orientierung drehte und von der Frage getrieben wurde, wo man sei und wie man dorthin komme, wohin man wolle, wissen die meisten heute zwar wohl noch, wo sie hinwollen, aber niemand findet ohne seine digitalen Navigationsassistenten den Weg dorthin, geschweige denn zurück.

Es ist nun auf den Tag 20 Jahre her, seit Google und Apple mit ihrem fast handstreichartigen Geniewurf der gemeinsamen Markteinführung von iView unsere Wahrnehmung der Realität radikal veränderten. Sie definierten Raum und Mobilität im Grunde neu und ließen die Mehrheit von uns gleichzeitig zu unmündigen Sklaven unserer digitalen Überlebensausrüstungen degenerieren. Heute vor 20 Jahren war der Tag, an dem wir gewissermaßen alle zu Brillenträgern wurden, ob wir nun aus körperlichen Gründen eine benötigten oder nicht. Und wir tragen alle einen Ring mit Touchsensor an der Hand, mit dem wir uns im Menü des Brillendisplay bewegen können. iView ist auch ein schlichter Navigationsassistent, der uns an jeder Ecke und Straßenkreuzung, an jedem Feld- und Waldweg, jedem Fluss- und Seeufer, auf dem offenen Meer und im weiten Himmel zu jeder Zeit sagen kann, wo wir sind und wie es weitergeht.

Vor allem aber ist iView die virtuelle Pforte zu einer zweiten, jederzeit abrufbaren Realität hinter der Realität. Bei Bedarf in die Handinnenfläche gedreht, navigiert man auf der minimalen Oberfläche des Rings mit kaum sichtbaren Streichelbewegungen der Daumenkuppe durch ein ganzes Paralleluniversum von Daten und Informationen, Geschichten und Bildern, die sich auf dem Display der Datenbrille phantasmagorisch mit den visuellen Eindrücken unserer biologischen Klaraugen zu einer hybriden Wirklichkeit vermischen. Mit einer kaum wahrnehmbaren Bewegung des Daumens setzen wir unser Boot in die rasenden Datenströme unserer Gegenwart. Während wir im Zug oder zu Fuß unseren Weg nehmen, mobilisieren und beschleunigen wir gleichzeitig Myriaden von Daten zwischen Himmel und Erde, damit wir den richtigen Weg finden, während der Reisezeit unterhalten werden, unsere Finanzgeschäfte regeln oder unserer Arbeit nachgehen können. Jede Bewegung ist heute eine Doppelbewegung von Körper und Daten, eine Bewegung zur Mehrbewegung, eine Potenzierung von Kraft und Zugang, wie sie vor wenigen Jahrzehnten noch nicht auszumalen war.

Doch jede Ermöglichung und Befreiung ist ambivalent, ist oft durch Beschränkung und Verlust an anderer Stelle erkauft. So ist das Erleben von geografischen Orten seitdem etwas enorm Episodisches geworden, hat sich zu einem Flickenteppich ohne erinnerbare Mustererkennung entwickelt. iView hatte daran den größten Anteil, doch ist es nur die Spitze des ungeheuren Digitalisierungs- und Vernetzungsprozesses der gesamten vergangenen 50 Jahre, der mit dem Handy bzw. dem Smartphone begonnen hatte.

Bereits 2014 wurden über eine Milliarde solcher Geräte hergestellt und die Menschen gewöhnten sich wie zuvor die Autofahrer sehr schnell daran, sich bei jedem einzelnen Weg von der Handynavigation unterstützen zu lassen. Aus der Zeit bald danach stammen ja auch die ersten ernstzunehmenden Geschichten von älteren Kindern und Jugendlichen, später auch jungen Erwachsenen, die in der eigenen Stadt, ja sogar im näheren Umfeld des eigenen Stadtteils verloren gingen, weil sie ihr Handy verloren hatten oder die Akkus leer waren. Sie hatten einfach nicht von klein auf erlernt, sich ohne technische Unterstützung auf Straßen und in den öffentlichen Verkehrssystemen zurechtzufinden. Sicher waren das damals frühe Extremfälle, doch heute – unter den Bedingungen von iView – ist dieses Phänomen des »digital lost« gar nicht ernst genug zu nehmen.

Während bis in die 2020er Jahre eher eine komplementäre Entwicklung von Verkehrswachstum und digitaler Kommunikation zu beobachten war, kam es nach den großen Ressourcenteuernungen schnell zu Substitutionseffekten. Die Perfektionierung der 3-D-Videokonferenzen ersetzte Dienstreisen bald ebenso zuverlässig wie private Reisen. Gemeinsame Text- und Bildproduktionen, Design- und Konstruktionsleistungen fanden in weltweit gemischten Teams mehr und mehr in der Datenwolke statt.

So entstanden Lebensstile, die Paul Virilios früherer Metapher vom »rasenden Stillstand« recht nahekommen: Es gibt heute lokale Gemeinschaften, die sich gänzlich aus der Region versorgen, deren Bewohner die Grenzen der Gemeinde seit ihrer Kindheit körperlich kaum mehr verlassen und die dennoch global extrem vernetzt und mental mobil sind. Die digitale Mobilisierung ermöglicht heute immer mehr Menschen eine geografische Stillstellung und Sesshaftigkeit, wie wir sie uns noch vor einigen Jahrzehnten nicht haben vorstellen können, und die als Globalisierung benannte Ortspolygamie des späten 20. und des frühen 21. Jahrhunderts wurde mehr und mehr von der digitalen Mehr-Örtigkeit abgelöst.

Digitale Nomaden

Schließlich müssen wir hier noch die Mischwelt aus realen und digitalen Bewegungen betrachten, die unsere hybride Existenz als ortspolygame Cyberwesen auf die Spitze treibt. Sich in dieser Mischwelt zurechtzufinden und korrekt zu benehmen, stellt heute wohl die größten Anforderungen an uns. In der Mischwelt verschwimmen die Wirklichkeiten, vermischen sich die Realitäten. Wir gehen durch eine Straße und werden von einer Schaufensterpuppe

über unsere iView-Brille angesprochen, es gäbe da gerade noch ein schickes Kleidungsstück in unserer Größe, jetzt gerade im Schlussverkauf, wir wären doch gute Kunden und man könnte über einen Nachlass verhandeln. Wir werden über historische Orte informiert, erfahren von günstigen Gelegenheiten jeder Art hinter den Fassaden und Mauern. Wir erkennen Menschen mit ähnlichen Interessen, den gleichen Wegen und Zielen. Aber wir erkennen sie nur dann, wenn unser Datenmantel entsprechend eingestellt ist.

So gehen und fahren wir durch eine absolut individualisierte Welt unserer vorkonfigurierten Einstellungen. Wen wir nicht sehen wollen, sehen wir nicht, wen wir nicht erkennen wollen, erkennen wir nicht, was wir nicht wissen wollen, erfahren wir nicht im digitalen Panzer unserer Neigungen und Interessen. Die Zumutungen müssen draußen bleiben. Der Möglichkeit nach mit allem und jedem, mit Gott und der Welt bekannt und verknüpft sind und bleiben wir so doch letztlich digitale Nomaden im Eigenraum unserer Vorlieben und Ängste, Werte und Überzeugungen. Wo wird das enden?

Gewebe der Freiheit und »Gehäuse der Hörigkeit«

Überall unterstützt uns heute die digitale Technologie. Sie hat uns enorm frei gemacht und unerhörte Vorteile für unsere Umwelt und unserer Alltagsleben mit sich gebracht. Sie hat ein Gewebe der Freiheit geknüpft. Und sie ist deswegen ebenso grundlegend geworden für das Überleben in der modernen Gesellschaft wie eine funktionierende Versorgung mit Elektrizität. Erkennbar wird also wieder die alte Story einer neuen Technologie, die unendliche Erleichterungen und Fortschritte mit sich gebracht hat und uns gleichzeitig noch sicherer in den goldenen Käfig technologischer Abhängigkeit einschließen konnte.

Erkennbar wird auch, dass die These Baudrillards vom Verschwinden des Realen und der Herrschaft der Simulation, die »wahrer ist als das Wahre«, heute tatsächlich in weiten Teilen unseres Lebens Wirklichkeit geworden ist. Wir sind Abhängige im »Gehäuse der Hörigkeit« (Max Weber) einer weiteren technologischen Einschaltung geworden. Was passiert nun bei einem elektromagnetischen Sonnensturm oder einem anders verursachten Zusammenbruch der Netze? Wie finden wir unseren Weg durch die ampellosen Straßen und Kreuzungen, die namenlosen Orte, Gänge und Tunnel, die plötzlich nicht mehr zu uns sprechen? Wie kommen wir mit uns und den anderen zurecht, wenn der digitale Schutzmantel plötzlich von uns abfällt und wir nackt dastehen? Wer sind wir dann und wenn ja, wie viele?

3.7 Beschäftigungspolitische Aspekte

Entsprechend der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung der Mobilitätswirtschaft ist die beschäftigungspolitische Dimension ein zentraler Aspekt jeder Debatte über die möglichen Wirkungen digital basierter Innovationen in dieser Branche.²

Grob zu unterscheiden sind dabei die Beschäftigungseffekte im Bereich von Entwicklung und Produktion von Fahrzeugen, Infrastrukturen und Dienstleistungen der Mobilität einerseits, der Produkt- und Systembetrieb sowie digital unterstützte Mobilitätsdienstleistungen andererseits. Gleichfalls zu differenzieren und gegeneinander abzuwägen sind digitalisierungsbedingte Beschäftigungsverluste und -zuwächse sowie Beschäftigungsverschiebungen zwischen ganzen Branchen, Unternehmen und Verkehrssystemen.

Zudem sind schließlich drei Wirkungsrichtungen einer weitergehenden forcierten Digitalisierung zu unterscheiden, die man mit Al Gore als »Outsourcing, Selsourcing und Robosourcing« (Gore 2014) beschreiben kann:

- »Outsourcing« bezeichnet das bekannte Phänomen der Verlagerung von Arbeitsplätzen in Länder und Regionen mit einem geringeren Lohnniveau und den Aufbau von Produktionsinfrastrukturen nahe der neu bzw. weitergehend zu erschließenden Märkte. Schnelleres Internet, standardisierte Prozesse, Kommunikationsprotokolle und Software ermöglichen eine erleichterte und kostengünstige Verlagerung von Tätigkeiten auch in komplexeren Tätigkeitsbereichen wie Forschung und Entwicklung bei zeitgleichem Erhalt einer engen (und kostengünstigen) Einbindung in die unternehmensinternen Abstimmungs- und Entscheidungsprozesse.
- »Selsourcing« beschreibt die Verlagerung von Tätigkeiten in den privaten Verantwortungs- und Organisationsbereich, die zuvor von professionellen Dienstleistern angeboten wurden, im Zuge der Digitalisierung aber an den einzelnen Nutzer bzw. Verbraucher delegiert werden, der damit zum Hightech-»Prosu-

2 | Vgl. zu dieser Thematik auch die Studie »Innovative Mobilitätsdienstleistungen« von Rammler/Sauter-Servaes, besonders die Szenarien zu möglichen Beschäftigungsimplicationen neuer Mobilitätsangebote. Aufgrund der großen Nähe von Digitalisierung und neuen Mobilitätsdienstleistungen wird auf diese Ausführungen hier ein enger Bezug genommen. Die in der früheren Studie formulierten Entwicklungsszenarios werden im abschließenden Kapitel 4 aufgegriffen und unter neuen Gesichtspunkten weitergeführt und ausdifferenziert.

menten« seiner eigenen Geschäftsabwicklung wird (Bankgeschäfte über Internet, Bankautomaten, Reiseplanung und Reisebuchung, Ticketkauf im Internet oder am Automaten).

- »Robosourcing« bezeichnet die zunehmende Substitution menschlicher Arbeitskräfte durch intelligente Roboter und Software im Bereich der industriellen Produktion und der Automatisierung von Handlungsketten auch im Dienstleistungs- und Verwaltungsbereich.

Besonders zum letzten Aspekt ist festzuhalten, dass es zur Geschichte der wachstumsstarken Mobilitätswirtschaft gehört, dass im Rahmen technologisch induzierter Rationalisierungsprozesse in immer neuen Schüben Beschäftigung durch Kapital ersetzt wurde. Diese Effekte sind durch ein enormes Wachstum der gesamten Branche aufgrund steigender globaler Produktabsätze und eine erhöhte globale Verkehrsnachfrage bislang meist überkompensiert worden. Mit der flächendeckenden Digitalisierung der Mobilitätssysteme könnte diese Entwicklungslogik einen Bruch erleben, der auch durch die erwarteten, ebenfalls von der Digitalisierung induzierten, allgemeinen Wertschöpfungs- und Wachstumseffekte und eine entsprechend gesteigerte Verkehrsnachfrage nicht kompensiert würde.

Hier ist eine Studie von Frey und Osborne aus dem Jahr 2013 von Interesse. Die Autoren argumentieren, dass 47 Prozent aller Arbeitsplätze in den USA durch Automatisierung und flächendeckenden Computereinsatz bedroht sind. Waren es bislang eher einfach qualifizierte Arbeitskräfte, deren stark standardisierte und routinisierte Jobs durch moderne Informationstechnologien – Vernetzung, Robotik, künstliche Intelligenz – unter Druck gerieten, so sehen Frey und Osborne (2013) im Zuge der rasanten digitalen Intelligenzsteigerung zunehmend auch komplexere Tätigkeiten im mittleren und höheren Angestelltenbereich in Gefahr. In ähnliche Richtung argumentieren Kurz und Rieger (2015) in ihrem aktuellen Buch »Arbeitsfrei«.

Andererseits, so die Arbeitswissenschaftler Eichhorst und Buhlmann in einer gemeinsamen Studie des Forschungsinstituts für die Zukunft der Arbeit und der Universität Mannheim, »entstünden durch neue Produktionsmöglichkeiten und den Einsatz der fortgeschrittenen Technologie Jobs, die dazu komplementär sind oder solche, für die bisher keine Ressourcen zur Verfügung standen. In der Vergangenheit waren diese Veränderungen vor allem in der industriellen Produktion zu beobachten. Hier verringerte sich mit zunehmendem Einsatz von anfänglich Maschinen, später Computern und Internet die Anzahl der Beschäf-

tigten, die für die eigentliche Produktion benötigt wurden. Hierdurch wurden Arbeitskräfte frei, die von nun an beispielsweise dem Dienstleistungssektor und wissensintensiveren, innovativeren Produktionsprozessen zur Verfügung standen« (Eichhorst/Buhlmann 2015: 3 ff.).

Eichhorst und Buhlmann (ebd.) argumentieren weiter, dass »die technische Entwicklung auch einen Strukturwandel der Tätigkeiten und Berufe im Dienstleistungsbereich nahelegt. In den Tätigkeitsfeldern, bei denen Mensch und Maschine in Konkurrenz standen, verschlechterten sich, mit zunehmendem Preisrückgang für die entsprechenden Maschinen, die relative Bezahlung und die Beschäftigungsbedingungen für die betroffenen Angestellten. Letzteres resultiert daraus, dass menschliche Arbeit, wenn sie durch Maschinen substituierbar ist, ihre Vorteile gegenüber der Maschine vor allem in der höheren Flexibilität oder einem günstigeren Preis hat.« Der Unterschied zur zukünftigen Entwicklung sei allerdings, »dass in der Vergangenheit insbesondere Routinetätigkeiten durch Computer ersetzt wurden, während Roboter wohl künftig zunehmend in der Lage sein werden, auch bestimmte, mehr oder weniger anspruchsvolle Nicht-Routinetätigkeiten auszuführen. Beispiele hierfür sind das autonome, fahrerlose Auto oder aber Computer, die in der Lage sind, Sprache zu interpretieren und eine sinnvolle Antwort zu geben. Diese können zum Beispiel in Callcentern zum Einsatz kommen oder bei standardisierten Formen der Kunden- und Rechtsberatung im Internet.«

Ob Automatisierung und Vernetzungsprozesse in Industrie, Mobilitätswirtschaft und Logistik dazu führen werden, so Eichhorst und Buhlmann (ebd.), »dass in diesen Branchen die Beschäftigung in absoluten Zahlen wächst, ist aufgrund von gegenläufigen Effekten (Substitutionseffekt vs. Schaffung von Arbeitsplätzen durch Wachstum) unklar. In jedem Fall ist zu erwarten, dass für die Produktionsarbeit der Zukunft der Flexibilitätsbedarf steigt sowie Produktions- und Entwicklungsarbeit weiter zusammenwachsen werden. Letzteres hat höhere Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten in der Produktion zur Folge. Deshalb ist auch in der Industrie ein relativer Anstieg an Fachkräften und wissensintensiveren Tätigkeiten zu erwarten. Jedoch ist zu beachten, dass Investitionsgüter in der Industrie eher langlebig sind und deshalb technische Neuerungen entsprechend kontinuierlich eingeführt werden. Beschäftigungseffekte werden dementsprechend weniger abrupt wirksam werden.«

Während Frey und Osborne also von einer dramatischen Substitution von Beschäftigung ausgehen, was auch Al Gore teilt, sehen die beiden deutschen Forscher komplexe differenzierte, sich überlagernde und gegenläufige Entwick-

lungen, deren absolute Gesamteffekte sich bislang nur schlecht prognostizieren lassen. Vor dem Hintergrund der aktuellen Mehrfachherausforderungen insbesondere der Automobilwirtschaft (Elektromobilität, neue Mobilität als Shareconomy, hoch differenzierte Marktanforderungen in verschiedenen Weltregionen, CO₂-Regulierung, Digitalisierungs- und Vernetzungsdynamik und die entsprechende Konkurrenz der IT-Branche), die in der Summe ebenfalls zu einem Rückgang von Beschäftigung in der Branche führen können, ist hier dringender weiterer Forschungsbedarf zu annoncieren.

Spekulationen über mögliche Beschäftigungsentwicklungsszenarien sind unter Annahme unterschiedlicher zukünftiger Rahmenbedingungen allerdings sehr wohl möglich (Rammler/Sauter-Servaes 2013: 56).

Im abschließenden Kapitel werden zwei solcher Gesamtscenarien formuliert, in deren Rahmen auch die verschiedenen möglichen Implikationen für Beschäftigung aufgegriffen werden.

3.8 Zweites Zwischenfazit: Wo Licht ist, ist auch Schatten

Wo Licht ist, ist Schatten. Wo viel Licht ist, ist reichlich Schatten. Mit anderen Worten: Die Potenziale der Digitalisierung für die Optimierungen, Erleichterungen und Kostensenkungen im wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und privaten Leben sind enorm. Riesig sind zugleich die konvergierenden Risiken dieser Entwicklung.

Im Endeffekt ist das Ausleuchten der digitalen Schattenseiten wie so viele andere Herausforderungen mit gesamtgesellschaftlicher Wirkung und Zukunftsrelevanz heute vor allem eine Frage des politischen Willens und der Bereitschaft, eine Gesellschaft zukunftsfähig gestalten zu wollen. Unter reinen Marktbedingungen werden digitale Technologien nicht nur alle bekannten Wachstums- und Entgrenzungsprobleme der modernen Gesellschaften fortführen bzw. noch verstärken, sondern womöglich das System der Politik und speziell der demokratischen Verfahrensweisen insgesamt infrage stellen.

Wer den Roman »Der Circle« von Dave Eggers gelesen hat, kann gerade in dieser Hinsicht zu dem Schluss kommen, dass eine vollkommen transparente Gesellschaft nicht automatisch auch bedeutet, eine demokratisch offene Gesellschaft zu sein. Im Gegenteil entsteht dort gerade aus der totalen Transparenz ein irrwitziger totalitärer Drive, dem sich irgendwann niemand mehr entziehen kann ohne sich verdächtig zu machen. In Ansätzen sehen wir eine solche

Entwicklung heute vor allem dort, wo sich Menschen durch die Anwendung besonderer Sicherungs- und Verschlüsselungssysteme oder die Verlegung ihrer Aktivitäten ins »Darknet« aus Sicht von Geheimdiensten erst recht verdächtig machen und dadurch unter einen besonderen Kontrolldruck geraten.

Die Ironie des Szenarios von Eggers ist, dass ein zunächst äußerst positives Leitbild der Beteiligung, der Offenlegung, des basisdemokratischen Anspruchs – erst mal innerhalb der eigenen jungen, dynamischen und positiv weltzugewandten, eutopisch an der Weltverbesserung interessierten jungen Belegschaft der Firma »Circle«, später in immer weitere Kreisen in die Gesellschaft und Politik hineindringend – sich in sein Gegenteil verkehrt. Denn die totale Transparenz hat dort, so zeigt sich, mit Freiheit irgendwann nichts mehr zu tun, sondern nur mit totaler Kontrolle und Überwachung, mit Optimierung und Optimierungsdruck. Wo regelmäßig alle körperlichen Werte automatisch gescannt, Blut und Urin getestet werden, bleibt irgendwann gar kein Freiraum mehr, etwas vermeintlich Ungesundes oder Verbotenes zu tun. Alkohol, Nikotin, zu viel Fastfood, zu wenig Schlaf, der Joint am Wochenende, der Hormonstatus, die Schwangerschaft – nichts bleibt verborgen und wird dem Diktat der Optimierung unterworfen.

Erst kürzlich wurde bekannt, dass das amerikanische Gesundheitsministerium einen Feldversuch gestartet hat, um das Gesundheitsverhalten seiner Beschäftigten digital zu unterstützen. Es erinnert per Handy etwa daran, dass man die Treppe nehmen könnte, sobald man sich einer Fahrstuhltür nähert. Das Bewegungsverhalten ausgewählter Mitarbeiter wird über den ganzen Tag gescannt und es werden Gesundheitstipps gegeben. Google hat gerade bekannt gegeben, daran zu forschen, wie über ins Blut gegebene Nanopartikel Warnsignale via Handy-App gegeben werden können, um eine Krebsgefahr anzuzeigen, oder wie eine Kontaktlinse Diabetiker vor raschem Blutabfall warnen kann.

Das sind alles eigentlich hilfreiche Ansätze. Man muss dem Ministerium oder dem Konzern auch zunächst keine bösen Absichten oder Kontrollinteressen unterstellen – und doch kann das Ganze im komplexen sozialen Geschehen, welches eine Gesellschaft darstellt, sehr schnell ins Negative kippen: Wann werden aus den Tipps und Vorschlägen Angebote, die man nicht mehr ablehnen kann, ohne sanktioniert zu werden? Und wo alle immer Freunde sind, alles »liken« und kommentieren, wird plötzlich verdächtig, wer sich entzieht, auch wenn er nur mal vergessen hat, sich zu beteiligen.

Hier wird das vermeintliche Paradies der Transparenz auf einmal zur Hölle der Unfreiheit. Der Philosoph Karl Popper kann an dieser Stelle vielleicht weiterhelfen. Popper entwirft das Modell einer offenen und pluralistischen Gesell-

schaft, in der sich Fortschritt langsam einstellt, aus einer enormen Vielfalt von Einflüssen und Entwicklungen nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum, von Vor- und Rückwärtsbewegungen von sozialen Bewegungen und Leitbildern. Das ideale Bild der total vernetzten digitalen schönen neuen Welt entspricht diesen Ansatz gerade nicht.

Doch es ist noch früh genug, die Welle der Digitalisierung reiten zu lernen und Kriterien und Verfahrensweisen für einen vernünftigen Umgang mit ihr zu finden. In der Digitalisierung selbst liegen womöglich die besten Voraussetzungen, die eigenen Begleiterscheinungen so in den Griff zu bekommen, dass die digitalen Technologien dienlich werden, also zu einer ökologisch wie sozial und politisch ausgewogenen und zukunftsfähigen Entwicklung beitragen. Ein Beispiel wäre die Nutzung digitaler Technologien für die Umsetzung einer maximal ressourcenfreundlichen »cradle to cradle«-Ökonomie oder die Entwicklung von »sicheren« digitalen Systemen und Infrastrukturen, was ja nicht prinzipiell unmöglich ist.

Auch Reboundeffekte sind kein neues Phänomen, sondern begleiten die technologische Innovationsgeschichte von Beginn an. Sie können mit klugen politischen Gesamtstrategien zur Rahmenregulierung von Entwicklungsprozessen und entsprechenden Handlungsansätzen genauso angegangen werden wie die Vermeidung eines größeren »sozialen Grabens« zwischen technologieaffinen und solventen sozialen Gruppen einerseits und technologiefernen und einkommenschwachen Gruppen andererseits.

Weit offener erscheint die Frage nach der Zukunft von Beschäftigung unter der Bedingung massiver Digitalisierung. Weitere Kostensenkungen für Technologie und Technologiebetrieb sowie weitere Steigerungen der Leistungsfähigkeit werden unter sonst unveränderten Bedingungen höchstwahrscheinlich – nach allem, was wir aus der Vergangenheit wissen – zu einer massiven Substitution von menschlicher Arbeitskraft durch Technologie in den heute bekannten Branchenstrukturen führen.

Auch wenn es möglich erscheint, dass von der Digitalisierung induzierte Wachstumseffekte an anderer Stelle zu punktuellen – zunächst »abstraktem« – Beschäftigungszuwachs führen, werden wohl konkrete Arbeitsplätze besonders in der Produktion und im Betrieb verloren gehen. Eindeutigere Aussagen sind auf dem heutigen Diskussionsstand nicht möglich. Gleichwohl können in Szenarien Spekulationen über unterschiedliche Gesamtentwicklungsvarianten und auch über angemessene Handlungsstrategien angestellt werden. Dies ist die Aufgabe des folgenden, abschließenden Kapitels dieser Studie.

4 Digitaler Treibstoff?!

Gesamtfazit und Szenarien

Die aktuelle Situation der Digitalisierung des Mobilitätssektors lässt sich aus der bisherigen Bestandsaufnahme zu folgenden Befunden verdichten:

- Mobilität und Mobilitätswirtschaft gehören aktuell zu den sehr dynamischen Experimentier- und Anwendungsfeldern digital basierter Produkt- und Serviceinnovationen. Dies gilt besonders für die (automatisierten und vernetzten) Produktinnovationen im Fahrzeugbereich, aber auch für die Entwicklung innovativer Mobilitätsdienstleistungen, bei denen sich die Potenziale digitaler Technologien mit der Konsumphilosophie der Shareconomy (»nutzen statt besitzen«) verbinden. Für die kommenden Jahre ist außerdem eine rasante »Robotisierung« bzw. Automatisierung auch in den mobilitätswirtschaftlichen Produktionsprozessen zu erwarten.
- Die größte anwendungsseitige Dynamik ist derzeit bei der Innovationslinie der Automatisierung (Autonomes Fahren) und intramodalen Vernetzung (»Connected Car«, Navigation und Infotainment) des automobilen Segments zu beobachten. In dieses Segment drängen mit großer ökonomischer Verve und Sendungsbewusstsein die etablierten IT-Firmen einerseits sowie neue wendige und risikoaffine »Freiberuter« wie Uber u. a. andererseits, wobei deren eigentliche Zielsetzungen und Strategien – gerade auch mit Blick auf die wachstumsstarken asiatischen Mobilitätsmärkte – noch nicht klar zu erkennen sind.
- Deutlich geringer ausgeprägt, aber doch erkennbar sind die Innovationen in der verkehrsträgerübergreifenden, inter- bzw. multimodalen Vernetzung der Verkehrsträger. Die Gründerszene der digitalen Shareconomy entwickelt immer neue Foren, Netzwerke und Applikationen für Wegeplanung, Verkehrsflussoptimierung und Parkplatzsuche, für die anteilige Fahrzeugnutzung wie Carsha-

ring, Bikesharing und Ridesharing; mithin entstehen – in geringerem Maße – digitale Marktplätze für vernetzte und verkehrsträgerübergreifende Mobilität. Zudem arbeiten vor allem die Kommunen und Stadtwerke, aber auch Verkehrsdienstleister wie die Deutsche Bahn, an der Ermöglichung bzw. Einführung etwa von plattformformbasierten persönlichen Mobilitätsassistenten. Schnittstellen zur klassischen Automobilbranche ergeben sich hier vor allem über die Herausforderung, »automobile Bausteine« wie etwa Konzepte zum Car- bzw. Ridesharing zu integrieren. Solche nutzungseffizienten »pay per service«-Mobilitätsangebote haben eine hohe Affinität zur Elektromobilität im automobilen Segment, aber auch im (elektromobilen) Radverkehr.

- Im Vordergrund der aktuellen Diskussion steht die Personenmobilität. Gleichwohl experimentieren Logistikfirmen mit digitalisierten Konzepten zur Optimierung der Güterverkehrslogistik (z. B. das Pilotprojekt »My Way« von DHL zur Paketmitnahme durch private Personen), besonders in Ballungsräumen. Da die KEP-Logistik, induziert durch das massive Wachstum des Onlinehandels, rasant steigt – und dabei auch die Rahmenbedingungen zur Abwicklung des Personenverkehrs in Städten stark verändert –, wäre hier ein unmittelbares Anwendungsfeld für eine weiter stark forcierte Logistikoptimierung durch digitale Technologien.
- Deutlich geringer ausgeprägt ist die Entwicklungsdynamik in der Innovationslinie der Virtualisierung. Unter reinen Marktbedingungen sind dabei keine großen Entwicklungssprünge zu erwarten, obwohl das verkehrsökologische Entlastungspotenzial gerade in diesem Bereich möglicherweise recht hoch anzusetzen ist. Hier ist es ggf. notwendig, bei der Förderung von Forschung und Entwicklung einen deutlichen innovationspolitischen Schwerpunkt zu setzen.
- Es besteht die einhellige Meinung, dass die Digitalisierung der Mobilitätsbranche erstens nicht mehr aufzuhalten ist und zweitens überwiegend positive Effekte mit sich bringen wird – die Risiken werden jedoch nicht ausreichend diskutiert. Gerade hier ist weiterhin deutlich mehr Forschung, aber auch entsprechende Politikberatung nötig, bevor sich die aktuelle Dynamik in festen Innovationsmustern und Standards etabliert hat, ohne dabei Sicherheits-, Resilienz- oder Reboundaspekte integriert zu haben.
- Sehr riskant erscheint zunehmend die Situation der Automobilindustrie. Im schlimmsten Fall droht hier die »kreative Zerstörung« einer ganzen Branche, ohne dass zuvor hinreichende Initiativen zur Transformation ihres Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzials ergriffen worden sind.

Der Status quo wird aus verkehrsökologischer und volkswirtschaftlicher Gesamtperspektive folgendermaßen bewertet:

Knappe volkswirtschaftliche Ressourcen werden für die digitale Modernisierung der Mobilitätswirtschaft derzeit an falscher Stelle zugewiesen; sie sollten besser genutzt werden, um das Gesamtsystem Mobilität in Richtung Nachhaltigkeit zu transformieren und damit seine Resilienz zu steigern. Das heißt konkret:

- Die starke Fokussierung der Innovationskraft auf die Kombination aus E-Mobilität und »Connected Driving« sowie autonomem Fahren stabilisiert vor allem den etablierten Pfad der Massenmotorisierung. Diese Linie könnte sich zur Innovation in die Sackgasse entwickeln, da sie angesichts möglicher Branchenstrukturbrüche (ggf. ausgelöst durch IT-Firmen oder den »Game Changer« China) – insbesondere auch aus Sicht der Beschäftigungsmonokulturen in den großen automobilen Verkehrskompetenzregionen der Bundesrepublik – weder widerstands- noch zukunftsfähig ist.
- Eine der Ausgangsthesen dieser Kurzstudie lautete, dass digitale Technologien die Wirkmacht entwickeln können, die wenig zukunftsfähigen Mobilitätsformate der fossil-industriellen Phase – vor allem mit der entwickelten Abhängigkeit des Transportsektors vom Erdöl – in die ökologisch, ökonomisch wie sozial nachhaltigen Systeminnovationen einer dann ggf. *solar-digital* zu nennenden Phase zu transformieren. Der beschriebene Status quo macht deutlich, dass dieses Potenzial theoretisch zwar existieren mag und erste Ansätze konzeptionell wie praktisch auch schon zu finden sind, aber die tatsächliche Entwicklung noch sehr den etablierten Pfadabhängigkeiten der fossilen Ära verhaftet bleibt. Besonders die starken potenziellen Reboundeffekte der digitalen Innovation lassen unter Beibehaltung der gegenwärtigen Rahmenbedingungen sogar eine Zuspitzung der aktuellen Verkehrsprobleme erwarten.
- Eine nachhaltige Systeminnovation der Mobilität mithilfe digitaler Basistechnologien bedarf eines Primats der Politik mit klarer Zieldefinition der künftigen Entwicklung und hinreichenden Entwicklungskriterien. Da in der digitalen Technologie an sich keine Entwicklungsrichtung festgelegt ist, liegt die Entscheidung über ihre zukünftige Nutzung im Feld von Politik und Gesellschaft.

In den beiden folgenden idealtypisch zugespitzten Szenarien werden zwei Optionen als äußerste Pole eines künftigen Entwicklungsspektrums dargelegt.

Beide werden in dieser Reinform sehr wahrscheinlich nicht eintreffen. Vor allem die künftige Rolle der digitalen Newcomer in der Branche (Uber, MyTaxi, BlaBlaCar, etc.) ist momentan sehr schwer einzuschätzen. Von der sinnvollen Ergänzung der formatierten Verkehrsmärkte durch nutzungsoptimierte Mobilitätsangebote bis hin zur totalen disruptiven Innovation der Mobilitätswelt erscheint derzeit alles möglich. Je disruptiver die Entwicklung, desto prekärer wird die Aussicht für die Geschäftsmodelle der etablierten Akteure, nicht nur in der Autobranche, sondern in der gesamten Mobilitätswirtschaft.

Sollten sich die Akteure der digitalen »Aufmerksamkeitsökonomie« sowie des sogenannten Plattformkapitalismus durchsetzen, könnten die Fahrzeuge selbst im Rahmen von Konzepten einer Mobilitätsflatrate sogar zur kostenfreien »Commodity« degradiert werden – zugunsten einer möglichst lückenlosen Erfassung der Nutzerdaten, dem digitalen Goldschatz der Zukunft. Ähnlich könnte es allerdings auch einigen der heutigen Konkurrenten der Autobranche ergehen. Im Spannungsfeld der Trends zur Automatisierung und zur Shareconomy könnte sich ein flächendeckendes Mobilitätsmodell entwickeln (Robotertaxis), das auch den kommunalen ÖV-Anbietern massive Konkurrenz bereiten würde. Infrage gestellt würde damit aber ebenfalls das Prinzip der kommunalen Daseinsvorsorge und des möglichst diskriminierungsfreien Zugangs aller Bürgerinnen und Bürger zu einem Sockelangebot an Mobilitätsdienstleistungen.

Das erste, kürzere und konservative Szenario beschreibt die weitere Entwicklung unter Bedingungen des »business as usual«, ausgehend vom beschriebenen Status quo. Das zweite Szenario erläutert die gezielte Transformation der Mobilitätsbranche hin zu einer solar-digitalen Entwicklungsphase mithilfe klarer politischer Entscheidungen und Strategien.

4.1 Die wahrscheinliche Entwicklung: »Business as usual«-Szenario

Dieses Szenario erwartet mehr oder weniger die Fortschreibung der aktuellen Situation, wie sie oben ausgeführt wurde. Es beschreibt einen weiteren evolutionären Wandel in Richtung moderater Elektrifizierung der Mobilität ohne stärkere und flächendeckend koordinierte politische Impulsgebung – eine Ausnahme davon könnte China sein –, den sehr beschleunigten Einsatz von IuK-Technologien im Fahrzeug, zur Vernetzung zwischen Fahrzeugen, zur Automatisierung und

zur Verkehrssteuerung und schließlich zur immer genaueren Koordination von Angebot und Nachfrage in den verschiedensten Varianten.

Die flächendeckende Nutzung von IT zur Optimierung inter- und multi-modaler Verkehrssysteme findet außer von besonders fortschrittlichen und/oder von großem Problemdruck getriebenen urbanen Regionen nicht statt. Das Kulturmodell der automobilen Massenmotorisierung auf Basis fossiler Brennstoffe bleibt im globalen Bewusstsein vorerst das herrschende Nutzungsleitbild – trotz im globalen Vergleich eher geringfügigen Erosionstendenzen, die unter dem Stichwort »Wertewandel« bei jüngeren urbanen Zielgruppen diskutiert werden.

Gleichzeitig ist hier, neben der Bereinigung von Überkapazitäten, auszugehen von einer weiterhin steigenden Produktivität in allen mobilitätsbezogenen Branchen durch den massiven Einsatz von Automatisierungstechnologien, ebenso von einer global immer weiter zunehmenden Angleichung der technologischen Fähigkeiten von Unternehmen, Branchen und Volkswirtschaften sowie entsprechenden weiteren Marktverschiebungen. Das bedeutet, dass die Differenzierung im Hinblick auf die Kundschaft den Unternehmen immer weniger durch technologische Kompetenz im traditionellen Bereich der thermischen Antriebe gelingen wird, sondern vielmehr durch IT-Einsatz, Markenimage und zusätzliche Mehrwertbildung, etwa durch produktnahe IT-basierte Dienstleistungen und durch generelle Dienstleistungskompetenz.

Google & Co. zielen in diesem Szenario – wie im ersten Zwischenfazit angenommen – nicht auf den Markteintritt als Hersteller, sondern eher auf die Systemführerschaft in der gesamten globalen Welt des vernetzten automobilen Fahrens. Geplant ist nicht, »im eigenen Fahrzeug« nebenherzufahren, allein oder in Kooperation mit einem Autobauer, sondern in alle Fahrzeuge aller Hersteller einzusteigen. Ihr Ziel ist es, den umfänglichen Zugang zu allen so abschöpfbaren Daten zu bekommen und auszuwerten, mit den Daten aus anderen Bedürfnisfeldern zu verschneiden und neu zu vermarkten. Google und Apple wollen mit ihren automobilen Testballons – so die Lesart ihrer aktuellen Aktivitäten aus Sicht dieses Szenarios – Bewegung in die Szene bringen und sich bei der Neusortierung der Szene die beste Startposition sichern, auch gegenüber weiteren IT-Größen in der Branche. Diese Strategie würde an die etablierte Pfadabhängigkeit der automobilen Kultur anschließen und daher kurzfristig auch der IT-Branche größere Margen versprechen.

Durch den weiteren Ausbau von E-Commerce und digitalen Bestell- und Bezahlvorgängen wird auch die Lieferlogistik weiter stark wachsen, was vor allem für die urbanen Zentren große Probleme mit Emissionen und der Behinderung

des Verkehrsflusses mit sich bringt. Deshalb lässt dieses Segment auch in diesem konservativen Szenario am ehesten auf kommunaler Ebene nennenswerte politische Regulierungen erwarten, die den Einsatz alternativer Antriebskonzepte, neuer Systeme (Elektrofahrrad-Liefertransporte) und nutzungsoptimierender digitaler Dienstleistungen (z. B. C2C-Paket-Mitnahmeservice, vgl. etwa »My Way« von DHL) befördern oder regulieren.

Der Luftverkehr wird als Ausdruck weitergehender – digital unterstützter bzw. induzierter – Globalisierung von Privat- wie Geschäftsbeziehungen, vor allem auch als Folge der stetig verbesserten ubiquitären digitalen Vernetzung weiter massiv steigen. Ökologisch ausgerichtete Optimierungen finden hier allenfalls in Form von Verbrauchssenkungen und ggf. neuen Treibstoffvarianten statt. Allerdings werden die Grenzkosten dieser Anstrengungen aufgrund physikalisch systemischer Grenzen immer höher. Radikale Konzepte zur Substitution von Luftverkehr durch digitale Virtualisierungstechnologien bzw. alternative Verkehrssysteme (ein eng vernetztes Nachtzugsystem innerhalb Europas, kontinentale Fernreisezugsysteme bis nach Asien, Einstieg in die Luftschiffwirtschaft und Wiederbelebung der internationalen Personenschiffahrt) werden nicht umgesetzt, da es an politischen Anreizen und Initiativen mangelt.

Überhaupt spielt die Virtualisierung zur gezielten Substitution von Verkehr in diesem Szenario kaum eine Rolle. Allenfalls in Spezialsegmenten wie der Telemedizin und dem »Ambient Assisted Living« werden Virtualisierungstechnologien angewandt, allerdings vorrangig nicht aus verkehrspolitischen Überlegungen, sondern um mit den spezifischen Herausforderungen einer alternden und regional schrumpfenden Gesellschaft umzugehen. Telemedizinnetzwerke und digital betreutes eigenständiges Wohnen sind hier Antworten auf die Kostenexplosion im Gesundheits- und Pflegewesen angesichts des demografischen Wandels, besonders in ländlichen Regionen.

Die beschriebenen Schattenseiten der Digitalisierung spielen als zu bewältigende Herausforderungen in diesem Szenario kaum eine Rolle. Die Nutzerinnen und Nutzer sind mehr oder minder flächendeckend bereit, die Hoheit über ihre Daten abzugeben bzw. transparenter zu werden, und/oder ihnen fehlen die Kompetenz, der Wille und das Wissen, sich mit diesen Aspekten kritisch auseinanderzusetzen. Die Unternehmen profitieren davon und die Politik ist in einer Mischung aus Inkompetenz, Ignoranz und der digitalen Goldgräberstimmung weiterer Wachstumserwartungen nicht bereit, politische Regulierungen umzusetzen, die die Probleme der Digitalisierung konsequent in Angriff nehmen würden.

So bleiben insbesondere die Ressourcen- und Reboundeffekte unberücksichtigt und Spielball eines insgesamt wenig nachhaltigen Marktgeschehens. Am ehesten ist zu erwarten, dass die mangelnde Resilienz digital vernetzter Produktsysteme und Infrastrukturen im Kontext der Debatten um digitale Kriegsführung und Terrorismus in den Fokus der Politik und öffentlichen Debatte rückt.

4.2 Die mögliche Entwicklung: Transformationsszenario

Die möglichen Handlungsansätze einer nachhaltigkeitsorientierten digitalen Transformation des Mobilitätssektors und ihre Anwendungsstrategien werden im Rahmen dieses idealen und möglichen, doch unter aktuellen politischen Rahmenbedingungen wenig wahrscheinlichen Szenario beschrieben.

Das Szenario geht von einer deutlichen Veränderung der relevanten Handlungsparameter aller volks- und mobilitätswirtschaftlichen Akteure in den kommenden beiden Dekaden aus: Es kommt zu Ressourcenpreissteigerungen (besonders für nicht fossile Ressourcen wie seltene Rohstoffe und Metalle) und einer hohen Volatilität der Preisentwicklung für Mineralöl auf einem mittlerem bis hohem Sockelniveau.

Zugleich gibt es nutzerseitige Präferenz- und Wertverschiebungen – vor allem in den urbanen Zentren – hin zu Mechanismen des kollaborativen und nachhaltigen Konsums einerseits, und andererseits vor allem stärkere politische Regulierungsregime weltweit und auf allen Regulierungsebenen (kommunal bis global). Diese Verschiebungen werden den Funktionsraum der privaten Automobilnutzung zugunsten intermodal integrierter, »access«-orientierter Mobilitätssysteme deutlich einschränken, den kollektiven Verkehr stärken und den Güterverkehr regulieren und modernisieren.

Unterstützend wirken dabei äußerst dynamische Urbanisierungsprozesse, eine weiter wachsende Motorisierung sowie Verkehrsleistungen mit enormen raumwirtschaftlichen Nutzungskonflikten, noch immer bestehende und weiter wachsende Emissionsprobleme sowie eine sich qua Zuspitzung politisch nunmehr sehr schnell in Rahmenregulierungen transformierende Klimaentwicklung.

Die politisch-strategischen Handlungsoptionen innerhalb dieses Szenarios:

- Förderung der Elektromobilität als (digital unterstützte) Systeminnovation über alle Verkehrsträger plus Förderung digital unterstützter intermodaler Mobilitätsdienste;
- Ausbau des virtuellen Transportsektors zur Substitution von realen Verkehren im Bereich des beruflichen Pendelns und der Ausbildung;
- Umsetzung digital basierter kreislaufwirtschaftlicher »cradle to cradle«-Konzepte zur Verringerung der Ressourcenlast von E-Mobilität und digitalen Endgeräten und Infrastrukturen;
- Weiterentwicklung von Emissionsstandards als Treiber weiterer Antriebsinnovationen;
- Ausbau und Sicherung einer leistungsfähigen Dateninfrastruktur, Entwicklung und Umsetzung resilianter Infrastrukturen, Umstellung des Betriebs der Dateninfrastrukturen auf regenerative Energien;
- Gewährleistung einer »digitalen Daseinsvorsorge«, Ermöglichung des Zugangs zu digitaler Vernetzungstechnologie (in der Mobilität und anderen Bedürfnisfeldern) auch für einkommensschwache Bevölkerungsgruppen.

Die erste dieser möglichen Handlungsstrategien wird im Folgenden weiter ausgeführt und mit konkreten Policy-Optionen hinterlegt.

Förderung der Elektromobilität als (digital unterstützte) Systeminnovation über alle Verkehrsträger plus Förderung digital unterstützter intermodaler Mobilitätsdienste

Im Jahr 2008 konvergierten drei voneinander unabhängige Entwicklungen zu einem historischen Möglichkeitsfenster, die Elektromobilität als globales technologisches Innovationsprojekt zu forcieren: Die beginnende Finanz- und Wirtschaftskrise, die massiven strukturellen Probleme der globalen Autoindustrie – vor allem die allgemeinen Überkapazitäten sowie die fehlgeleitete Modellentwicklung der amerikanischen Autobauer – und schließlich die weltweit sich zuspitzende Besorgnis über die globale Erwärmung und die geopolitische Abhängigkeit von fossilen Treibstoffen – all dies verdichtete sich zu einem Bedarf an schnellen und tiefgreifenden politischen Lösungen.

In Deutschland wurde in dieser Situation zunächst eine umfassende Abwrackprämie zur Stimulierung der Nachfrage im Automobilmarkt umgesetzt und schließlich ein groß angelegtes verkehrs- und innovationspolitisches Projekt lanciert, das seit 2009 unter dem Titel »Nationaler Entwicklungsplan

Elektromobilität« firmiert. Darin wurden vergleichsweise ambitionierte Ziele vorgelegt, beispielsweise Deutschland zum weltweiten Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu machen und hier bis spätestens 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen. Zur Förderung der Elektromobilität wurden hierzulande seitdem schwerpunktmäßig Forschungs- und Entwicklungsbemühungen unterstützt wie zunächst in der Verbundförderung »Modellregionen« und dann in den »Schaufensterregionen« für Elektromobilität.

Vergleicht man die öffentlichen, politischen wie unternehmensseitigen Diskussionen und Positionierungen von 2008/2009 und heute, lässt sich ein deutlicher diskursiver Schließungsprozess beobachten: Zu Beginn wurde über die Elektromobilität durchaus sehr umfassend und verkehrspolitisch ambitioniert im Sinne einer Gesamtsysteminnovation über alle Verkehrsträger debattiert.

Konzeptionell weitreichende Vorschläge forderten damals eine energie- wie verkehrswirtschaftliche Integration der neuen Antriebstechnologie für die Zwecke einer Energie- und Verkehrswende gleichermaßen. In dieser frühen Phase engagierten sich verstärkt auch neue Akteure wie die Energieversorgungsunternehmen in der Erwartung möglicher neuer Absatzchancen für ihr Kernprodukt Strom und produktnahe Servicekonzepte.

Insbesondere die Erzeuger von volatilen regenerativem Strom durch Wind- und Sonnenenergie sahen die damals – auch heute noch – gut begründbare Chance, die Elektrofahrzeugflotten im systemischen Zusammenhang digital basierter Smart-Grid-Konzepte als dezentrale, bi-direktional nutzbare Energiespeicher zu nutzen (energiewirtschaftliche Integration der Elektromobilität).

Konzeptionelle Vordenker aus der Verkehrsbranche wiederum sahen die Chance, mit der Elektromobilität eine wichtige Lücke in den verkehrsträgerübergreifenden Mobilitätskonzepten gerade in urbanen Ballungsräumen klimaverträglich und emissionsarm schließen zu können: das Carsharing. Ein zentraler Nachteil der Produktinnovation Elektroantrieb – die mangelnde Reichweite – würde, so die Überlegung, ergänzt durch die Nutzungsinnovation des Carsharing, als »Autobaustein« intermodaler Verkehrskonzepte neutralisiert werden und dabei trotzdem noch einen enormen gesamtsystemischen Innovationsimpuls liefern (verkehrswirtschaftliche Integration der Elektromobilität).¹

1 | Mit BMW (DriveNow) und Daimler (car2go) griffen zwei große deutsche Hersteller und mit der Deutschen Bahn (Flinkster) ein Systemanbieter die Idee der elektromobilen Serviceinnovation eines flexiblen elektrischen Carsharing zunächst sogar sehr ambitioniert auf.

Insgesamt betrachtet war die Diskussion zu Beginn des Innovationshochlaufs der Elektromobilität seit dem Jahr 2008 also konzeptionell sehr ambitioniert und befand sich in großer Nähe zu den Inhalten und Anforderungen der Ausgestaltung einer digitalen »Smart City«, was sich im Laufe der Zeit wieder abschwächte und in einem Rollback zum alten technologischen wie nutzungs-kulturellen Leitbild der Elektroautos im Privatbesitz mündete.

Während die Elektromobilität als digital-intermodale Systeminnovation unter Einbindung nutzungseffizienter Autobausteine bei den industriellen Akteuren der Mobilitätsbranche heute kein Thema mehr ist, gewinnt das alte neue Leitbild im Zuge der Digitalisierungswelle enorm an Attraktivität: das vernetzte und automatische (elektrische) Fahren.

Das oben hergeleitete ältere Ziel einer energie- wie verkehrswirtschaftlichen Integration der Elektromobilität als IKT-basierte Systeminnovation verfolgen nun aber zunehmend innovative und politisch ambitionierte Städte wie Kopenhagen, Amsterdam oder das bereits erwähnte Wien (in Deutschland: Hamburg, Berlin, Freiburg, Tübingen) im Rahmen ihrer Smart-City-Konzeptionen.

Sie könnten damit künftig im Verein mit den kommunalen Versorgungsunternehmen und ÖV-Anbietern einerseits und den überregionalen Energieversorgern andererseits ein wichtiges innovationspolitisches Gegengewicht aufbauen zum derzeit zu beobachtenden Rollback der automobilindustriellen Akteure. Das im Folgenden beschriebene Maßnahmenpaket wird im hier angenommenen Szenario daher insbesondere von den Kommunen eingesetzt.

Beschaffungspolitik für gewerbliche und kommunale Flotten

Das Mittel der Marktmacht steht grundsätzlich jeder Organisation zur Verfügung, die als Fahrzeugflottenbetreiberin eine genügend große Zahl von Investitions- und Kaufentscheidungen beeinflusst. Ziel ist dabei, durch die Erhöhung der nachgefragten Stückzahlen eine Spirale der Kostendegression für neue Technologien wie den Elektroantrieb in Gang zu setzen. Eine solche »Umweltbeschaffung« kann bei schon am Markt etablierten Effizienztechnologien ansetzen, also deren Marktausweitung fördern, oder durch Vorbestellungen das zwangsläufige Risiko von Produktinnovationen auf Herstellerseite minimieren und somit gerade auch den Markteintritt neuer Technologien unterstützen.

Besonders für die Elektromobilität bestünden hier Möglichkeiten, allein schon über eine Bündelung und Koordination der Fahrzeugbeschaffung der öffentlichen Hand in Deutschland/Europa (EU, Bund, Kantone, Kommunen, Institutionen wie das Militär, Post, Bahn, große Unternehmen) einen techno-

logischen »Leapfrog« enorm zu unterstützen. Hinzu kommen Unternehmen und gesellschaftliche Großorganisationen wie die Kirchen, die Diakonie, soziale Dienste, die ebenfalls nicht unerhebliche Flotten betreiben.

Eine öffentlich-private konzertierte Aktion für Nullemissionsfahrzeuge könnte somit zum nachfrageseitigen Herzstück einer Innovationsstrategie für Elektromobilität werden. Neben allen klimadiplomatischen Aktivitäten der Bundesrepublik würde die Glaubwürdigkeit von Staat und Politik beim Klimaschutz ihren deutlichsten Ausdruck in solchen beschaffungspolitischen Ansätzen finden. Kaum eine größere »Vorbild- und Verweisungs symbolik« für Elektromobilität könnte die Politik erzeugen, als wenn sie die Fahrzeugflotte ihres Parlaments, ihrer Regierung und Administration durch heute schon einsatzfähige Batterieelektrik- und/oder Brennstoffzellenfahrzeuge ersetzen würde.

Förderung von Carsharing

Carsharing ist eine gute Möglichkeit zur Reduzierung des Individualverkehrs und wichtiger Bestandteil zukunftsfähiger Verkehrskonzepte. Vor allem den Kommunen ist zu empfehlen, den Anbietern ausreichend Flächen für Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur zur Verfügung zu stellen. In den Carsharing-Flotten ist der Einsatz von Elektrofahrzeugen sinnvoll. Die Kommunen sollen die Möglichkeiten der Beteiligung an Carsharing-Modellen prüfen. Hier sind auch Fahrzeuge mit thermischem Antrieb einzubeziehen.

Zwei Gründe sprechen besonders dafür, die technologische Innovation Elektroauto durch die digital basierte Nutzungsinnovation des Carsharing zu ergänzen. Erstens adressiert die neue Antriebstechnologie vor allem die Ressourcen- und Emissionsproblematik, nicht aber den zunehmenden Raumbedarf privater Autoflotten und die wachsende urbane Flächenkonkurrenz. Carsharing hingegen zielt genau auf diese Problematik, indem die Auslastung der Fahrzeugflotte optimiert wird durch eine gesteigerte sequenzielle Nutzungseffizienz, ggf. sogar in Kombination mit Maßnahmen zur Förderung des Ridesharing. Zweitens sind E-Fahrzeuge aufgrund des spezifischen technischen Potenzials des elektrischen Antriebs, aber auch durch seine (womöglich prinzipielle) Reichweiteneinschränkung ideal für den Einsatz in kommunalen und regionalen Carsharing-Flotten mit einer durchschnittlichen Nutzung für kurze Strecken.

Professionell betriebene Pkw- und Fahrradflotten werden künftig ein Treiber des urbanen Mobilitätswandels sein. Gemäß der oft zitierten Frage, »Wenn Sie Lust auf ein Glas Milch haben, kaufen Sie dann eine Kuh?«, kultivieren sie den Rationalitätsgedanken beim Mobilitätsverhalten. Neben den Carsharing-Inno-

vatoren haben sich in den vergangenen Jahren diverse Stadtverwaltungen als erfolgsrelevante Förderer und Partner herauskristallisiert. Dabei musste nicht immer die Automobilität im Vordergrund stehen. So konzessionierte Paris zunächst 2007 das stadtweit einheitliche Leihfahrradsystem Vélib', bevor 2011 das automobile Pendant Autolib' an den Start ging. Ziel ist in beiden Fällen, durch eine hohe Verfügbarkeit flexibel einsetzbarer öffentlich zugänglicher Individualverkehrsmittel das Privatauto zu substituieren. Durch Synergieeffekte (z. B. Einkauf und Wartung) sowie Crossmarketing (z. B. Nutzung als Werbeträger) soll bei den Flotten trotz hoher Qualität eine wettbewerbsfähige Kostenbasis erzielt werden.

Carsharing ist seit langem ein fester Bestandteil des städtischen Verkehrsangebots, konnte bislang aber nicht über einen Nischenmarkt hinaus expandieren. Nun befindet sich der Markt des Prozentautos massiv im Umbruch. Die Markteintritte der drei großen deutschen Automobilhersteller Daimler (mit car2go), BMW (mit DriveNow) und VW (mit Quicar) haben nicht nur eine deutliche Angebotsausweitung in deutschen Großstädten zur Folge gehabt, sondern vor allem eine große mediale Öffentlichkeit erzielt. Gleichzeitig haben sie zu einer weiteren Ausdifferenzierung des Angebots geführt. So sind unter der Bezeichnung »Carsharing« inzwischen sehr unterschiedliche Dienstleistungen mit verschiedenen Tarifmodellen zu finden. Diverse Anpassungen dokumentieren die Experimentierphase, in der sich die neuen Spielarten des »öffentlichen Autos« trotz der Ausgereiftheit des ursprünglich sozial-ökologisch motivierten Grundkonzepts noch befinden. Neben Fahrzeugzahl und -klasse unterscheiden sich die Wettbewerber besonders über das Merkmal Zugang/Funktionsweise.

Die neuen Marktteilnehmer positionieren sich mit den Schlagworten »instant access«, »One-way-Fähigkeit« und »open-end-Nutzung« als besonders flexible Systeme. Car2go und DriveNow setzen auf ein innovatives Free-floating-Konzept, bei dem Fahrzeuge nicht an feste Stationen gebunden sind und der Rückgabezeitpunkt nicht im Voraus festgelegt werden muss. Über eine Smartphone-App oder das Internet können freie Fahrzeuge gefunden und reserviert oder spontan gebucht werden. Zur Rückgabe werden sie auf einem beliebigen Parkplatz innerhalb des definierten Geschäftsgebiets wieder abgestellt. Quicar operiert dagegen mit einem Stationensystem, das den Vorteil gleichbleibender, kalkulierbarer Wege bietet, aber die Flexibilität der Rückgabe einschränkt. Anders als im konventionellen Carsharing ist jedoch nicht die Rückgabe an der Ausleihstation erforderlich, sondern diese kann auch abweichend vereinbart werden. So bleiben One-way-Fahrten und damit eine multimodale Fahrtenkette

möglich. Dies ist bei den etablierten Anbietern wie cambio oder stattauto nicht möglich. Auch ZebraMobil- und Flinkster-Nutzer müssen zum Ausgangsort zurückkehren, können allerdings stets bzw. teilweise innerhalb eines Quartiers einen Parkplatz wählen.

Mit der anschlussfähigen Story der Nutzungsintensivierung und neuen Akteuren wie risikoaffinen E-Commerce-Investoren und Versicherungen setzen auch neue, wendige Freibeuter im Markt der Autokonzerne und Mietwagenmultis auf das bislang unentdeckte Geschäftsfeld des privaten Autoleihens und -verleihens: Die Grundidee deutscher Onlineplattformen wie Nachbarschaftsauto, Tamyca, Rent-n-Roll, Autonetzer und carzapp oder internationaler Äquivalente wie buzzcar (Frankreich), RelayRides/Getaround (USA) oder WhipCar (England) ist es, den Verleih bzw. die Ausleihe von privaten Autos in der Nachbarschaft transaktionskostenarm, sicher und einfach zu gestalten. Ohne eigene Produktionsmittel konzentrieren sie sich vollständig auf eine provisionsfinanzierte Vermittlerrolle mit intuitiv nutzbarer Bedienoberfläche.

Im Gegensatz zum Projekt CashCar, das in den 1990er Jahren die Co-Nutzung des eigenen Fahrzeugs in einer professionellen Carsharing-Flotte ermöglichte, zielt die Dienstleistung auf die Anbahnung bilateraler Vermietgeschäfte. Wichtigste Argumente ihres Geschäftsmodells sind die Kostenersparnis für den Autobesitzer (Fixkosten-Deckungsbeitrag zu Wertverlust, Versicherung, Steuern, Parkplatzgebühren) und den mietenden Gelegenheitsfahrer (Preisniveau unterhalb professioneller Anbieter) sowie die potenziell hohe Verfügbarkeit an Fahrzeugen. Angesichts der hohen Bevölkerungs- und damit Autobesitzerdichte in urbanen Räumen können bei der aktuellen Aktivierung von privaten Verleihern schon heute Zugangsentfernungen angeboten werden, die deutlich unter denen des professionellen Carsharing liegen. Als speziellen Service gegenüber bilateralen Absprachen bieten die Plattformen Zusatzversicherungen an, die Leiher und Verleiher während der privaten Fahrzeugausleihe absichern. So muss im Schadensfall die ursprüngliche Versicherung des Verleihers nicht einspringen. Ein System der Bewertung durch die Mitglieder der Community bietet Orientierung und zusätzliche Sicherheit.

Der noch nicht aktive Anbieter carzapp versucht sich über die Nachrüstmöglichkeit eines sogenannten Zapkits zu positionieren. Über eine App lässt sich festlegen, wer das Auto wann fahren darf, und sie berechtigt den jeweiligen Mieter, das Auto mit seinem Smartphone zu öffnen. Das derzeit im Praxistest befindliche Tool funktioniert zudem als elektronische Wegfahrsperre. Gegenwärtig konkurrieren diverse Plattformen, die sich im Leistungsspektrum nur

bedingt unterscheiden. Langfristig ist mit einer Marktberreinigung und/oder der Herausbildung von Meta-Plattformen zu rechnen.

Das private Verleihgeschäft im motorisierten Individualverkehr beschränkt sich aber nicht auf das Produktionsmittel Fahrzeug, sondern erstreckt sich inzwischen auch auf die Bereitstellung privater Stellplätze. Das britische Internetportal Parkatmyhouse bietet einen Marktplatz für private Stellflächenbesitzer (z. B. Auffahrt vor einer Garage) und Parkplatzsuchende. Bislang wird die unkonventionelle Parkoption besonders von Pendlern in Anspruch genommen. 2011 hat sich BMW an dem Unternehmen beteiligt. Park Circa agiert nach dem gleichen Geschäftsmodell in den USA.

Ridesharing

Das Teilen von Fahrzeugen für gemeinsame Wege oder Teilwege, das sogenannte Ridesharing, eignet sich ebenfalls zur Reduzierung des Individualverkehrs und ist wichtiger Bestandteil zukunftsfähiger Verkehrskonzepte. Den Kommunen wird empfohlen, etwa im Rahmen betrieblicher Mobilitätsmanagementkonzepte Möglichkeiten und Anreize zu verstärken, dass Arbeitnehmer und Angestellte durch kluge Organisation unterstützt werden, den Weg zur Arbeit gemeinsam zu unternehmen. Gleiches gilt für betriebsbedingte und geschäftliche Fahrten während der Arbeitszeit.

Immer mehr Autofahrer sind heute bereit, andere Reisende mit (anteilig) gleicher Wegstrecke mitzunehmen, und immer mehr sind bereit, sich mitnehmen zu lassen. Noch unterschätzen gerade Autohändler, wie groß die Akzeptanz von Mitfahrbörsen inzwischen ist. In Stadtgebieten gibt die Hälfte der befragten unter 30-Jährigen an, schon einmal diese Form des Autoteilens genutzt zu haben, über 40 Prozent haben das Pendeln in Fahrgemeinschaften bereits praktiziert. Das Angebot hat auf diese Nachfrage reagiert. Unternehmen wie flinc, car2gether und carpooling weiten dabei das Geschäft vom bewährten Fernverkehr auf den Nahverkehr aus, weil die Transaktionskosten und Reaktionsgeschwindigkeiten dank mobiler Endgeräte sinken und technische Lösungen ein Ad-hoc-Matching ermöglichen.

Mit OpenRide steht bereits eine kostenlose und freie Open-Source-Lösung für dynamische Mitfahrgelegenheiten zur Verfügung, mit der alle, ob Unternehmen, Kommune oder Privatperson, eigene Mitfahrzentralen betreiben können. Nachdem die ersten Versuche in den 1990er Jahren noch an den technischen Randbedingungen scheiterten, sind spontane Vermittlungen von Fahrgemeinschaften inzwischen implementiert. Über internetfähige Smartphones oder Na-

vigationssysteme können kurzfristig Fahrgemeinschaften zwischen Akteuren gebildet werden, die bereits im Straßenverkehr unterwegs sind. Betreiber wie flinc entpuppen sich dank schneller Ver- und Übermittlungsgeschwindigkeiten sogar als Taxisubstitut.

Wesentliches Element von Fahrgemeinschaften ist das gegenseitige Vertrauen auf Verlässlichkeit und Sicherheit. Die Pooling-Plattformen verwenden daher einfache Bewertungsverfahren bis hin zu integrierten sozialen Netzwerken, um eine hohe Transparenz über die einzelnen Mitglieder zu gewährleisten und imageschädigenden »schwarze Schafe« abzuschrecken. So bauen die Nutzer von flinc ihr eigenes Mobilitätsnetz auf, zeigen jedem ihre Relationen zu potenziellen Mitfahrern an, wie häufig sie bei anderen Gast oder Fahrer waren und wie diese sie bewertet haben. Damit wird der eigene Ruf zu einem entscheidenden Faktor über die Zugehörigkeit zum und Entwicklungsfähigkeit im Netzwerk. Vertrauen erhält die Funktion einer sozialen Währung. Als technisch einfachere Form, potenziell affine Reisende zusammenzubringen, haben sich ferner zielgruppenspezifische Mitfahrplattformen wie muslimtaxi.de oder frauenfahrgemeinschaft.de etabliert.

Einen besonderen Anwendungsfokus hat das Angebot PocketTaxi: Es konzentriert sich auf den mit durchschnittlichen Fahrzeugbesetzungszahlen von 1,07 Personen besonders ineffizienten Pendlerverkehr. Mit PocketTaxi können Fahrten spontan von Haustür zu Haustür geteilt werden, was Berufspendler mit unregelmäßigen Arbeitszeiten anspricht, die bislang keine festen Fahrgemeinschaften bilden konnten. Das Hinterlegen von regelmäßigen Fahrten sowie favorisierten Strecken im Onlineprofil ermöglicht es, ohne großen Aufwand im Bedarfsfall eine Anfrage per Internet oder Smartphone an das System zu stellen. Die Teilstreckenvermittlung und das automatische Überprüfen von Alternativrouten erhöhen die Trefferwahrscheinlichkeit. Zusätzlich zu den Angeboten potenzieller Fahrer werden künftig auch Verbindungen mit Bus und Bahn angezeigt, adressengenau mit Fußweg und Fahrplanauskunft. Noch vor dem offiziellen Start konnten mit Siemens, EnBW und der Raumfabrik in Durlach große Karlsruher Unternehmen als erste Partner gewonnen werden.

Während in anderen Ländern wie den USA die hohe Auslastung von Fahrzeugen durch die Einrichtung spezieller Fahrspuren – sogenannter HOV-lanes (HOV: high occupied vehicle) – unterstützt wird und hieraus gerade im Pendlerverkehr signifikante Effekte resultieren, gibt es in Deutschland bislang keine derartigen Anreizsysteme.

Parken

Der sogenannte ruhende Verkehr – das Parken – entwickelt sich weltweit zu einem der zentralen Engpassfaktoren künftiger Mobilitätsentwicklung. Dies gilt vor allem für die stark urbanisierten Regionen der Welt, aber auch für die deutschen Städte und Kommunen.

Einerseits besteht die Gefahr, dass die Verknappung von Parkraum die Nutzungsbedingungen des Automobils und damit die Attraktivität sowie die Verkaufschancen dieses Mobilitätsmodells in Zukunft massiv beeinträchtigen könnte. Das betrifft vor allem die künftig besonders wichtigen Absatzmärkte in Asien und Lateinamerika, insgesamt aber alle urbanen Regionen, die überall wachsen und sich verdichten. Galten bislang schlicht und einfach die Entwicklung, die Produktion und der Verkauf sicherer und attraktiver Fahrzeuge als Erfolgsgaranten der Automobilindustrie, muss sich die Branche heute und für die weitere Zukunft darauf einstellen, dass die Etablierung, die attraktive Ausgestaltung und der Erhalt des Funktionsraums der Automobilität mindestens ebenso wichtig werden könnten wie das Produkt selbst. Der Parkplatz ist einer der zentralen Faktoren dieses Funktionsraums.

Andererseits entstehen überall dort, wo sich Knappheiten einstellen, auch neue Marktchancen. Anders gesagt: Durch die Erweiterung des Geschäftsmodells um Dienstleistungen zur optimierten Nutzung ihrer automobilen Kernprodukte könnte die Autoindustrie nicht nur die Gefahr eines massiv beeinträchtigten Funktionsraums bannen, sondern zugleich neue und dauerhafte Einnahmequellen erschließen. Auch hier könnte das Parken Gegenstand vielfältiger Serviceinnovationen werden, die sich im Zusammenhang der Gesamtentwicklung der modernen Konsum- und Mobilitätskultur vom »Nutzen zum Besitzen« gut einfügen würden. Die beschleunigte Innovation bei den digitalen Diensten könnte die technologische Basis nicht nur einer kollaborativen Produktnutzung sein, sondern auch für Serviceinnovationen rund um das Parken.

Aus Sicht der Kommunen und der Bewohnerinnen und Bewohner urbaner Ballungszentren, die sich als Beteiligte des Mobilitätsmarktes sowie als private Bürger und Konsumenten vielfältigen Zielkonflikten bei der Nutzung des öffentlichen Raums ausgesetzt sehen, kann die Bewirtschaftung des Kollektivgutes Stadtraum ebenfalls zur Verbesserung der urbanen Daseinsqualität beitragen. Auch hier gilt: Jedes knappe Gut, jeder Engpass kann zum Gegenstand intelligenter kommunaler Regulierungskonzepte gemacht werden.

Die durch die fortlaufende Urbanisierung zugespitzten Nutzungskonflikte im Spannungsfeld von Mobilitätsentwicklung, öffentlicher Daseinsvorsorge

und knappen öffentlichen Kassen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass Parkraumregulierungs- und Bewirtschaftungsstrategien sich zum wichtigen und festen Bestandteil des kommunalpolitischen Politikinstrumentariums entwickeln. Die alten und neuen Player am Mobilitätsmarkt können sich in diesem Zusammenhang als Partner etablieren und/oder sollten diese Entwicklung mindestens als eine wichtige Rahmenbedingung in die Ausarbeitung eigener Serviceinnovationsstrategien rund um das Parken miteinbeziehen.

Vor dem Hintergrund dieser allgemeinen Zusammenhänge können Konzepte wie das gebührenfreie Parken für Elektrofahrzeuge und/oder (elektrische) Carsharing-Fahrzeuge als indirekte, nicht monetäre Fördermaßnahmen zur Unterstützung der neuen Antriebstechnologie verstanden und eingesetzt werden. Wo das Parken aus welchen Gründen auch immer nicht gänzlich kostenfrei gestellt werden kann, könnten mindestens Preisdifferenzierungen zugunsten von E-Fahrzeugen einen Pull-Impuls liefern.

Aufbau von Ladeinfrastruktur

Bisher fehlen tragfähige Konzepte für den Aufbau und Betrieb einer Ladeinfrastruktur, die geeignet ist, den Einsatz von Elektrofahrzeugen zu erleichtern und den Markthochlauf zu unterstützen. Hier gilt es auf kommunaler Ebene, zügig das Handlungsfeld der eigenen Aktivitäten zu definieren und mit den relevanten Akteuren ein regional abgestimmtes und lokal angepasstes Konzept zu erarbeiten. Die Kommunen sollten anstreben, ihren Beschäftigten, die mit einem Elektrofahrzeug zur Arbeit fahren, die Möglichkeit des Stromladens einzuräumen und im Umfeld der zentralen Verwaltungsgebäude Lademöglichkeiten für Besucherinnen und Besucher anzubieten.

Eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur bereitzustellen ist keine Aufgabe, die Städte und Gemeinden zu erfüllen haben. Die Kommunen sind in erster Linie gefordert, die Ladeinfrastruktureinrichtungen im teilöffentlichen Raum zugänglich zu genehmigen, ausreichend öffentliche Flächen für Stromtankstellen bereitzustellen und Initiativen der lokalen Wirtschaft zur unterstützen. Die Standorte für Stromtankstellen sollten vorrangig ausgewählt werden unter Gesichtspunkten der Zugänglichkeit und Risikominimierung des Zuparkens durch Fahrzeuge mit thermischen Motoren. Die Kommunen sollten an die Fahrzeughersteller und die Betreiber von Stromtankstellen appellieren, die Infrastruktur so aufzubauen, dass möglichst viele der auf dem Markt befindlichen Elektrofahrzeuge laden können. Bei der Bereitstellung von Flächen für die Tankstellen ist der Aspekt der Diskriminierungsfreiheit besonders zu beachten.

Förderung der (Elektro-)Radkultur

Die Kommunen sollten auf die zunehmende Verbreitung der unterschiedlichen Varianten von Elektrofahrrädern reagieren und dem Radverkehr angemessenen Straßenraum zur Verfügung stellen. Der Radverkehr steht vor einer Renaissance, die mit einiger Wahrscheinlichkeit noch weit über die aktuelle Erfolgsgeschichte hinausgehen wird. Denn die Technologie ist noch lange nicht am Ende ihrer Entwicklungsmöglichkeiten; zudem ist mit dem Einsatz von moderner Datentechnologie im Fahrradflottenbetrieb die smarte Integration in kommunale Gesamtverkehrssysteme heute schon möglich – und kann noch weitaus besser werden. Darüber hinaus wird die Elektrifizierung des Rades die räumlich-topographisch und altersbedingt bisher nicht erschlossenen Marktanteile erweitern. Und schließlich haben die Lebensstile der jungen Generationen und der bereits bei den Älteren etablierte LOHAS-Trend (Lifestyle of Health and Sustainability) eine große Affinität zum Fahrrad.

Insgesamt ist also eine Situation gegeben, die von der Mobilitätspolitik bereits mit einfachen Maßnahmen zu einer Erfolgsgeschichte gemacht werden kann – in der das Fahrrad vom Symbol der Zurückgebliebenen, Abgehängten oder noch nicht Erwachsenen zu einer Ikone der Selbstbeweglichkeit wird.

Bevölkerungsverdichtung und Verkehrswachstum erzwingen radikal neue urbane Verkehrskonzepte mit geringem Flächenbedarf und hoher Flexibilität. Großstädte wie Paris, Rio de Janeiro, Sevilla, Bordeaux, Barcelona, London oder Hangzouh installierten nicht zuletzt auch aus diesem Grund flächendeckende Infrastrukturen für die Radnutzung und Fahrradverleihsysteme und werteten damit den gesamten Stadtraum auf. Pedelecs, Fahrräder oder entsprechende Verleihsysteme stehen heute für sorgloses, flexibles, effektives Unterwegssein und haben das Zeug zum Sehnsuchtsmotiv und Statussymbol.

Machtbewusste Stadtpolitiker profilieren sich deswegen weltweit mit innovativer Zweiradpolitik. So haben Bürgermeister wie Mike Bloomberg (New York), Ignazio Marino (Rom), Boris Johnson (London) oder Bertrand Delanoë (Paris) persönlich die Förderung von Fahrradverkehr und Verleihsystemen im Umweltverbund vorangetrieben. Neue, multimodale Mobilitätstypen entstehen und es etablieren sich flächendeckende, regional ausgeprägte Zweiradkulturen.

Die Zweiradmobilität steht auch am Beginn eines weiteren, technologischen Entwicklungszyklus. Getrieben vom wachsenden Kundenbedürfnis nach hochwertigen, wartungsarmen, niederschwellig nutzbaren, nachhaltigen Mobilitätsprodukten entstehen neue Produkt- und Markenwelten. Zusätzlich erschließen

Elektrifizierung und Digitalisierung des Antriebs neue Nutzungskontexte und vereinfachen die Integration von Produkten und Systemen.

Zweiradpolitik ist vergleichsweise kostengünstig und schnell umsetzbar. Ein Kilometer Radweg kostet je nach Ausführung 200.000 Euro – die Kosten für einen Autobahnkilometer betragen mindestens sechs Millionen Euro. Zugleich wird Mobilität immer weniger als Bewegung durch denn als Bewegung im Raum verstanden. Das entspricht dem Bedürfnis lokaler Bevölkerungen nach einer Steigerung der Lebens-, Aufenthalts- und Verkehrsqualität in ihren Lebensräumen.

Mithilfe moderner Serviceinnovationen auf digitaler Basis werden Fahrrad und Pedelec zum Kernprodukt integrierter, meist urbaner Mobilitätsdienstleistungen für den Personen- und Güterverkehr. Bike-Sharing, Fahrradmitnahme oder -transport, mobile Reparaturdienste, Wartungsräder, intelligente Mikro- und Letzte-Meile-Logistik, eingebunden in intermodale Mobilitätssysteme, entsprechen den Anforderungen einer eher städtischen Bevölkerung, die ihr zur Verfügung stehende Ressourcen (Zeit, Geld, Raum) für Mobilität nur temporär binden kann oder will.

Da Krankheitskosten durch Selbstbeweglichkeit radikal reduziert werden, betreiben Versicherungen und Gesundheitspolitik in Zukunft aktive Zweiradförderungs- bzw. Wirtschaftspolitik. Auch Arbeitgeber werden nicht mehr um das Prädikat »fahrradfreundlicher Betrieb« herkommen, wenn sie für Fachkräfte attraktiv bleiben bzw. werden wollen. Der erste Schritt, die steuerliche Gleichbehandlung von Diensträdern und -wagen, ist getan. Doch die zunehmende Flexibilisierung und Auflösung der Grenzen zwischen Arbeit und Freizeit verlangen nach flächendeckenden, gesunden, lustvollen, smarten und »erneuerbaren« Verkehrslösungen.

In der jüngeren Vergangenheit ist vor allem das Angebot an Fahrradverleihsystemen in Westeuropa explodiert. Beinahe jede größere Stadt stellt Einwohnern und Touristen eine im öffentlichen Raum zugängliche Stadtradflotte als Selbstbedienungssystem zur Verfügung, das in einem größeren Netzwerk One-way-fähige Räder zur Kurzzeitmiete vorhält. Neben spezialisierten Systemanbietern (z. B. nextbike) und großen Unternehmen des öffentlichen Verkehrs (z. B. DB AG, Veolia) wird der Markt geprägt von lokalen Initiativen und den Außenwerbern (z. B. Decaux). Vor allem letztere haben analog zu Betreibermodellen bei der Stadtmöblierung werbefinanzierte Konzepte der Querfinanzierung (Systembetrieb gegen Werbeflächen) etabliert.

Während besonders in Deutschland durch den großen Anbieter Call a Bike zunächst flexible Free-floating-Systeme realisiert wurden, deren Ausleihe und Rückgabe innerhalb eines definierten Gebiets ohne feste Stationen erfolgt, geht der Trend auch hier zum europaweit dominierenden stationsbasierten Angebot. Damit zeichnet sich bei den Leihfahrradsystemen eine umgekehrte Entwicklung im Vergleich zum Carsharing ab. Laut DB AG waren die öffentlichen Räder aufgrund der flexiblen Abstellmöglichkeit zu stark »privatisiert« worden. Identifikation und Zugang werden immer häufiger über Kunden- oder Kreditkarten geregelt; Mobiltelefongestützte Anlagen spielen nur noch eine untergeordnete Rolle.

Aufgrund der – mit Autoverleihsystemen verglichenen – bedeutend geringeren Investitionskosten und Flächenbedarfe lassen sich Leihfahrradsysteme relativ schnell aufbauen und dichtmaschige Netze herstellen, sodass das Angebot im Kurzstreckensegment mit anderen Verkehrsmitteln konkurrieren kann. Fördernd wirken dabei Tarifmodelle, die oft eine kostenfreie Nutzung für die erste halbe Stunde bis Stunde erlauben.

Erprobung von Elektrofahrzeugen für den innerstädtischen Lieferverkehr

Mit der zu erwartenden Erweiterung des Angebots an Nutzfahrzeugen mit Elektroantrieb bieten sich neue Möglichkeiten, den innerstädtischen Wirtschaftsverkehr umweltfreundlicher zu gestalten. Hier gilt es, die lokale Emissionsfreiheit der Elektrofahrzeuge für neue Regelungen zu nutzen, die die Luftqualität verbessern. Zugleich bieten sich die großen kommerziellen Flotten der KEP-Logistiker an, den Markthochlauf für E-Fahrzeuge jenseits des privaten Automobilmarktes zu fördern; ggf. kann auch an eine Kombination mit dem Instrument der Beschaffungspolitik gedacht werden. Der Einsatz von (Elektro-)Lastenrädern im innerstädtischen Wirtschaftsverkehr sollte in eigenen Fuhrparks erprobt und ggf. beim Erlass von Regelungen gefördert werden.

Der Wirtschafts- und Lieferverkehr gilt als einer der großen Wachstumsmärkte der urbanen Mobilität. Insbesondere das sich rasant vergrößernde Segment der KEP-Dienstleistungen erzeugt schon heute enorme Probleme durch die Behinderung des fließenden Verkehrs, das Zuparken von Geh- und Radwegen und seine lokalen Emissionen. Vor allem das weitere starke Wachstum des Internethandels wird zu einem noch größeren KEP-Markt beitragen. Da im Transportbereich meistens Dieselfahrzeuge eingesetzt werden, führen Feinstäube und NO_x-Emissionen dabei zu besonderen Problemen. Lokal emissionsfreie elektromobile Transporter können hier eine entlastende Rolle spielen. Nicht ad-

ressiert wird in diesem Fall allerdings das räumliche Problem, da Elektrotransporter kaum kleiner sind als herkömmliche KEP-Fahrzeuge.

Abhilfe in dieser Hinsicht kann der elektromobile Fahrradtransport schaffen, der bei entsprechender logistischer Disposition schnell und flexibel eine ernsthafte Alternative zu automobilen Transportfahrzeugen darstellt. Ganz in diesem Sinne wird heute überall auf der Welt mit (Elektro-)Lastenrädern experimentiert. Firmen wie »Vert chez vous« oder »La Petite Reine« in Paris erproben bereits sehr erfolgreich intermodale Konzepte (Binnenschiff plus Pedelec) der urbanen Radlogistik. Aktuelle Studien gehen davon aus, dass künftig bis zu 30 Prozent des urbanen Gütertransports durch elektrisch unterstützte Radlogistik abgedeckt werden könnten.

Citymaut-Konzepte

Als Innenstadtmaut, auch Citymaut, wird die Erhebung von Gebühren (Maut) für die Nutzung innerstädtischer Verkehrsinfrastruktur bezeichnet. Citymaut-Systeme dienen vorrangig dazu, das Verkehrsaufkommen zu steuern, können aber gekoppelt werden mit Wirkungselementen, die Technologien diskriminieren bzw. fördern. Im Rahmen von konzertierten Maßnahmen zur Unterstützung der Elektromobilität können Kommunen diesen Ansatz in ihren Hoheitsgebieten einsetzen, etwa in Form von gestaffelten Mautgebühren, die je nach Entfernung vom Stadtzentrum und/oder nach Emissionen variieren.

Eine vorherige Bewertung der vorliegenden Erfahrungen mit Citymaut-Konzepten speziell zur Förderung von innovativen Fahrzeugtechnologien ist dabei zu empfehlen. Maßnahmen wie die Citymaut sind starke Instrumente, um umweltfreundliche Technologien zu fördern: Bevorrechtigungen für batteriebetriebene Fahrzeuge können eine Verlagerung von fossilen Antrieben auf Elektroantriebe entscheidend unterstützen und die Marktdurchdringung mit Elektrofahrzeugen wesentlich begünstigen. In London, wo Elektroautos von der Citymaut befreit sind, fahren bereits 1.600 solcher Fahrzeuge.

Mit der Einführung städtischer Straßenbenutzungsgebühren können vor allem die folgenden weiteren Ziele verbunden sein: erstens die Erhöhung der Lebensqualität in der Stadt durch die Verringerung des Verkehrsaufkommens und damit die Verbesserung der Luftqualität durch weniger Schadstoffemissionen wie Kohlendioxid, Rußpartikel und Feinstaub sowie die Verringerung des Verkehrslärms; zweitens die Verbesserung des Verkehrsflusses durch die zeitliche und räumliche Steuerung der Verkehrsnachfrage (Staureduktion bzw. effiziente-

re Nutzung); drittens zusätzliche Einnahmen für Kommunen und viertens die Finanzierung von Straßenbauvorhaben.

Es gibt diverse Innenstadtmautmodelle, die sich hinsichtlich der Bemessung und Zahlung der Preise bzw. Gebühren, der räumlichen Implementierung und Technik der Gebührenerhebung unterscheiden. Bisher realisierte Vorhaben (in London, Stockholm, Bergen, Mailand etc.) haben häufig ein Kordonsystem eingeführt, das heißt, die Einfahrt in einen bestimmten innerstädtischen Bereich (»Gebührenring«) wird mit einer Gebühr belegt. Die Erhebung der Gebühren kann beispielsweise via Vignette, Mautstation (mit Personal oder ohne), fahrzeugintern (On-Board Unit) oder fahrzeugextern (Post-Pay-Verfahren) erfolgen.

Marketing und Öffentlichkeitsarbeit

Eine Innovationsstrategie für Elektromobilität ist kulturell damit konfrontiert, einen übergreifenden Konsens und eine nutzerseitige Innovationsmentalität für ein neues Leitbild der Mobilität zu etablieren. Sie muss Bereitschaft für Veränderungen in unserer alltäglichen Mobilitätspraxis erzeugen. Neben der Förderung der technologischen Entwicklung wird es daher also vor allem um das Umwerben des »Möglichkeitssinns« der Verbraucher gehen müssen. Das Erzeugen und Vermitteln von positiven Bildern, Visionen und Symbolen einer elektromobilen Zukunft ist mindestens genauso wichtig wie der faktische Einsatz eines strategischen Politikinstrumentariums. Diese Zusammenhänge werden in der gegenwärtigen, oft rein technologieorientierten Politik vernachlässigt.

Gerade die Mobilitäts- und Energiepolitik muss intelligente Strategien entwickeln und realisieren können, sollte aber immer auch die kulturellen Umsetzungsbedingungen des eigenen Steuerungswillens mit im Blick haben. Diese Soft Policies der Überzeugungsarbeit und des guten Zuredens sollten hier zukünftig mindestens ebenso ernst genommen werden wie die harten Politikinstrumente.

Entsprechende Programme einer schlagkräftigen und nachhaltigen Politikkommunikation gilt es zu entwickeln und umzusetzen, um die öffentlichen Diskurse und Wahrnehmungen der Elektromobilität zu beeinflussen.

Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie im Transportsektor und Einbindung der E-Mobilität in Smart-Grid-Konzepte

Elektromobilität wird nur dazu beitragen, die sektoral notwendigen CO₂-Einsparungen zu realisieren, wenn die Primärenergie großenteils aus erneuerbaren Quellen stammt. Das digitale »intelligente Energienetz« ist damit

gewissermaßen einer der wichtigsten Bausteine im Fundament aller zuvor angesprochenen Entwicklungsperspektiven.

Das Lastenmanagement der volatilen regenerativen Energieproduktion, komplexe dezentrale Speicherarchitekturen und die Bemühungen um mehr Effizienz im Endenergieverbrauch von Smart Homes und Smart Cities erfordern heute sehr viel stärker – als in Zeiten des betriebswirtschaftlich wie technologisch eher schlichten One-way-Handels mit großen Strommengen – den Einsatz von IKT-basierten Netzsteuerungskonzepten, die ganz direkt bis zum Nachfrageverhalten und bis zur Bedürfnismodulierung der Verbraucher vordringen. IKT-Kompetenz wird damit also auch aus dieser Perspektive zu einer zentralen Anforderung an Versorgungsunternehmen mit Blick auf den Verkehrsmarkt.

Ausbau und Modernisierung der kollektiven Verkehrsträger

Eine Modernisierungsoffensive für die kollektiven Verkehrsträger (öffentlicher Nahverkehr, Fern- und Regionalbahnen, Schienengütertransport) ist der Dreh- und Angelpunkt zukunftsfähiger Mobilitätspolitik. Die Verknüpfung von Mikromobilität (Fahrräder, E-Fahrräder, Elektroleichtfahrzeuge, E-Leichttransporter, Segways etc.), Shareconomy-Konzepten wie Car- und Ridesharing und öffentlichem Transport wird der Grundpfeiler der urbanen Mobilität in weiten Teilen der Welt sein, besonders in Regionen hoher urbaner Verdichtung. Digitale Vernetzungstechnologien können dort die verkehrsträgerübergreifende Integrationsfunktion erbringen. Allerdings nur, wenn die Voraussetzungen dafür im Zuge von Investitions- und Bestellerverfahren gleich mitgeschaffen werden.

Als weitere Teilstrategien sind in diesem Transformationsszenario folgende Politikansätze umgesetzt worden, die hier nicht weiter ausgeführt werden können:

- Ausbau des virtuellen Transportsektors zur Substitution von realen Verkehren im Bereich des beruflichen Pendelns und der Ausbildung;
- Umsetzung digital basierter kreislaufwirtschaftlicher »cradle to cradle«-Konzepte zur Verringerung der Ressourcenlast von E-Mobilität und digitalen Endgeräten und Infrastrukturen;
- Weiterentwicklung von Emissionsstandards als Treiber weiterer Antriebsinnovationen;
- Ausbau und Sicherung einer leistungsfähigen Dateninfrastruktur, Entwicklung und Umsetzung resilienter Infrastrukturen, Umstellung des Betriebs der Dateninfrastrukturen auf regenerative Energien;

- Gewährleistung einer »digitalen Daseinsvorsorge«, Ermöglichung des Zugangs zu digitaler Vernetzungstechnologie (in der Mobilität und anderen Bedürfnisfeldern) auch für einkommensschwache Bevölkerungsgruppen.

Dieses Szenario ist nicht nur möglich, sondern aus Sicht einer umwelt- und ressourcenpolitischen Perspektive sogar wünschenswert – auch wenn es hinsichtlich der Beschäftigungssicherung in den etablierten Branchen, und vor allem in der Automobilindustrie, zunächst enorme Transformations- und Risikominimierungserfordernisse mit sich bringen wird. Denn in diesem Szenario entsteht ein besonders ausgeprägter innovations-, mobilitäts- und beschäftigungspolitischer Spannungsaufbau zwischen dem Interesse an relativ kurzfristiger Beschäftigungssicherheit konkreter Arbeitsplätze einerseits und mittel- bis langfristiger Risikoversorge für Unternehmen, Branchen, Regionen und Volkswirtschaften andererseits.

Wie es dem Charakter von Transformationen entspricht, kommt es dabei zu großen und aus subjektiver Sicht womöglich unangenehmen und ungerecht empfundenen Verschiebungen von Beschäftigung. Konkrete Beschäftigung wird verloren gehen zugunsten abstrakter Beschäftigung – Letztere entsteht in Bereichen, von denen heute noch nicht genau zu sagen ist, wann, wo und mit welchen Qualifikationsanforderungen sie sich mit welcher Dynamik entwickeln und in welcher Weise sie dann in der Lage sind, konkrete Arbeitsplätze sinnvoll zu substituieren und Arbeitnehmer aus schrumpfenden Branchen und Branchensegmenten zu übernehmen.

Unter den Bedingungen zunehmender Knappheit und spürbarer politischer Regulierung wird es im Transformationsszenario im Vergleich zum »Business as usual«-Szenario auch zu sehr viel deutlicheren substitutiven Prozessen bei der Automobilität kommen. Für die gesamte Autobranche stellt sich dann die Frage, wie die Verlagerung vom bisherigen Modell der Wertschöpfung durch industrielle Produktion hin zu einer mindestens gleichberechtigt auch dienstleistungsbasierten Wertschöpfung auf Basis digitaler Vernetzungstechnologie gelingen kann.

Wird man dann überhaupt noch von der *Automobilindustrie* sprechen können? Wie groß werden die benötigten Produktionskapazitäten nach einer Marktberreinigung noch sein? Können sich die deutschen Standorte in einer globalen Marktberreinigung behaupten? Welche Technologie- und Modellpolitik wird den künftigen Anforderungen entsprechen? Welche branchenübergreifenden Kooperationen können Beschäftigung in Deutschland und Europa überhaupt

sichern? Schließlich: Was geschieht in den meist monoindustriell ausgerichteten Automobilregionen sozialpolitisch, wenn konkrete Beschäftigung wegbriecht? Wie kann durch Neu- und Weiterqualifikation sowie durch Programme zur Unterstützung residentieller Mobilität und zur Vermittlung von Arbeitsplätzen in Branchen, die unter den Bedingungen des Transformationsszenarios wachsen könnten, eine sinnvolle gesamtwirtschaftliche Transformationsstrategie aussehen?

In diesem zweiten Szenario verlagert sich Beschäftigung von den produzierenden Bereichen der Mobilitätswirtschaft hin zu den dienstleistenden Bereichen. Die konsequente Elektrifizierung wird in der Automobilindustrie höchstwahrscheinlich zu einem Rückgang von Beschäftigungsbedarf führen (Dispan/Meißner 2010; Dispan/Krumm/Seibold 2009). Es ist fraglich, ob dieser Rückgang – erst einmal ganz unabhängig von der möglichen Veränderung von Qualifikationsprofilen – ausgeglichen werden kann durch den Ausbau der Dienstleistungsbereiche in die generelle Richtung des »pay per use«.

Um der Frage nachzugehen, wo durch innovative Mobilitätsdienstleistungen Beschäftigung gesichert oder neu geschaffen wird, sind drei grundsätzliche Überlegungen anzustellen, die hier thesenartig wiedergegeben werden:

- Digitale Mobilitätsdienstleistungen werden durch Steigerung des spezifischen Auslastungsniveaus der einzelnen Mobilitätsobjekte tendenziell immer dazu führen, mit weniger Produktaufwand und Ressourceneinsatz ein identisches, womöglich sogar höheres Leistungsniveau zu generieren (Car-sharing, Bikesharing, Ridesharing). Dies führt – unter sonst gleichen Bedingungen – zu einem tendenziell geringeren Aufwand in den klassischen Bereichen der Produktion.
- Digitale Mobilitätsdienstleistungen führen höchstwahrscheinlich zu einer Verlagerung von der reinen Automobilität zu multimodalen Mobilitätskonzepten mit anteiliger Autonutzung. Multimodale Verkehrs- und Logistikkonzepte stärken damit tendenziell die Betreiber kollektiver Verkehrsträger, da diese das infrastrukturelle Rückgrat der Reiseketten bieten, in das individuelle Verkehrsmittel durch neue Leistungs- und Ausleihkonzepte eingekoppelt werden. Tendenziell führt die Ausweitung der multimodalen Mobilität damit zur Sicherung von Beschäftigung bei den Produzenten und Betreibern kollektiver Verkehrsmittel (z.B. Siemens, Bombardier, Alstom, DB AG, kommunale Verkehrsbetriebe) und zunächst auch bei den Produzenten von individuellen Fahrzeugen unterhalb der Funktionsebene des Automobils,

die zunehmend in multimodale Verkehrsketten eingebaut werden (z. B. Radhersteller mit Pedelecs und klassischen Rädern für den Bikesharing-Bereich, E-Scooter-Produzenten). Auch hier ist die indirekte Folge ein tendenziell geringerer Produktionsbedarf in der Autobranche.

- Mit hoher Wahrscheinlichkeit entsteht ein ganz neuer, dritter Bereich der »kreativen Vermittler«. Diese existieren neben den etablierten Branchen der Produzenten individueller Mobilität einerseits und den Produzenten und Betreibern kollektiver Verkehrsmittel andererseits. Sie nutzen die enorm an Bedeutung gewinnenden digitalen Infrastrukturen, um für die Konsumenten die bestehenden Mobilitätsangebote und -nachfragen transparenter zu machen und diese gegen Provision zu verknüpfen, zu bündeln und/oder einzelne Bausteine zu integrieren. Die Dynamik der Entwicklung von Beschäftigung in diesem Bereich ist derzeit kaum absehbar.

Die Formel innovativer digitaler Mobilitätsdienstleistungen lautet also: weniger spezifischer Produktaufwand durch effiziente Produktauslastung bei höherem Einsatz digitaler Verknüpfungstechnologie. Es liegt auf der Hand, dass die Produzenten und Entwickler von Iuk-Technologien, Betriebssoftware und Netzplattformen von dieser Entwicklung profitieren werden. Die klassische Automobilindustrie wird Beschäftigung in der Produktion nur auf ähnlichem Niveau halten können, wenn die Nachfrage nach innovativen Mobilitätsdienstleistungen additiv und nicht substitutiv erfolgt, was in diesem Szenario wenig wahrscheinlich ist.

Allerdings ist davon auszugehen, dass die brancheninterne Transformation hin zum Elektroauto ohne die Entwicklung begleitender Dienstleistungskonzepte nicht gelingen kann. Anders gesagt: Die Automobilindustrie muss sich ohnehin gegenüber einer Entwicklung aufgeschlossen zeigen, die mehr Wertschöpfung nicht schwerpunktmäßig in der Produktion von Fahrzeugen, sondern in der begleitenden Entwicklung und Vermarktung automobilnaher Dienstleistungen generiert. Sich im Zuge dieser Anforderung nun gleich auch gegenüber Sharing-Konzepten jeglicher Provenienz und Ausprägung sowie branchenübergreifenden Kooperationen mit den Betreibern kollektiver Verkehrsträger offen zu zeigen, käme dem Abschöpfen einer doppelten Dividende gleich. Zweifach lohnen würde sich insbesondere der Aufbau der entsprechenden hausinternen Qualifikations- sowie Aus- und Weiterbildungskapazitäten im großen Bereich »Dienstleistung«.

In diesem Szenario werden volkswirtschaftliche Ressourcen also qua einer gezielten und ambitionierten politischen Regulierung eingesetzt, um die Potenziale der digitalen Technologien eben gerade nicht zur Fortführung und Erweiterung der etablierten und ökologisch nicht tragfähigen Wertschöpfungspfade zu nutzen, wie es im ersten Szenario der Fall ist.

Digitaler Treibstoff?!

Die Verknüpfung von digitalen Technologien, postfossilen bzw. im Endeffekt »solaren« Antriebsvarianten, einer massiv gesteigerten Nutzungseffizienz von Fahrzeugen und Infrastrukturen im Personen- wie im Güterverkehr, flächendeckenden Bemühungen zur Substitution von Verkehr durch digitale Virtualisierungstechnologie in Verbindung mit innovativen raum- und siedlungswirtschaftlichen Planungsinstrumenten zur Förderung von Dichte und Regionalität – all dies hätte, im Lichte der Erkenntnisse dieser Kurzstudie, prinzipiell tatsächlich das Potenzial, eine nachhaltige Transformation der Mobilität zu realisieren, ohne dass es zu Qualitätsverlusten bei der Erreichbarkeit und Zugänglichkeit zu Infrastrukturen der Daseinsvorsorge käme.

Dabei gilt es allerdings, die potenziellen Schattenseiten zu betrachten und die Herausforderungen der digitalen Technologien sogleich mit in Angriff zu nehmen. Vor allem die Frage des künftigen – womöglich sehr viel geringeren – Beschäftigungsbedarfs erscheint dabei als eine außerordentlich große Herausforderung.

Da die Digitalisierung unserer Gegenwartsgesellschaften als ein – alle Bedürfnis-, Handlungs- und Politikfelder einschließendes – Phänomen von universeller Reichweite auftritt, kann diese Frage nicht allein sektoral für die Mobilitätswirtschaft thematisiert und bearbeitet werden. Hier besteht mit Blick auf die weitere Entwicklung und mögliche Lösungswege deutlicher Forschungsbedarf: Nicht zuletzt muss es darum gehen, die schon heute oft fatale Frontstellung zwischen den Interessen einer (kurzfristigen) Beschäftigungssicherung und der Nachhaltigkeitsfrage zu mildern bzw. eine weitere Zuspitzung in den kommenden Zeiten weitergehender rasanter Digitalisierung zu vermeiden.

Aber dabei ist enormer politischer Mut notwendig sowie die Fähigkeit zur Einsicht, dass nur frühzeitiges Agieren – auch entgegen den kurzfristigen Interessen etablierter und mächtiger Unternehmen – verhindert, dass diese Gesellschaft als Ganzes am Ende mit dem Rücken zur Wand handeln muss.

5 Literatur

- André, Jean-Marc, und Robert Joumard. 2005. *Modelling of cold start excess emissions for passenger cars*. INRETS report LTE 0509. Bron cedex. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00917071/document> (Download 28.11.2015).
- Antal, Anita, Maren Bonacker, Thomas Le Blanc und Meike Röhl (Hrsg.). 2004. *Verkehrssysteme der Zukunft*. Phantastische Bibliothek, Band 87. Wetzlar.
- Arndt, Stephanie. 2011. *Evaluierung der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen: Modell zum Kaufverhalten von Endkunden*. Wiesbaden.
- ArticleWorld Authors. o.J. »Automatic distance control«. *Article World Online*. www.articleworld.org/index.php/Automatic_distance_control (Download 26.10.2012).
- Autonomes Fahren (Hrsg.). o.J. »DARPA Grand Challenge & Urban Challenge | Test für Autonome Fahrzeuge«. www.autonomes-fahren.de/darpa-grand-challenge-urban-challenge-test-fur-autonome-fahrzeuge/ (Download 17.10.2012).
- Autonomes Fahren (Hrsg.). 2012a. »SARTRE Projekt: Konvoi-Test in Spanien«. *Autonomes Fahren & Co.* 30.5.2012. www.autonomes-fahren.de/sartre-projekt-konvoi-test-in-spanien/ (Download 7.11.2012).
- Autonomes Fahren (Hrsg.). 2012b. »Googles Autonomes Auto erhält Zulassung in Nevada«. *Autonomes Fahren & Co.* 8.5.2012. www.autonomes-fahren.de/googles-autonomes-auto-erhalt-zulassung-in-nevada-usa/ (Download 7.11.2012).
- Autonomes Fahren (Hrsg.). 2012c. »Geschichte des Autonomen Fahrens«. *Autonomes Fahren & Co.* 19.7.2012. www.autonomes-fahren.de/geschichte-des-autonomen-fahrens/ (Download 17.10.2012).
- Autonomes Fahren (Hrsg.). 2012d. »Kalifornien unterschreibt Gesetz zur Einführung Autonome Fahrzeuge«. *Autonomes Fahren & Co.* 26.9.2012. www.autonomes-fahren.de/kalifornien-unterschreibt-gesetz-zur-einfuehrung-a-autonomer-fahrzeuge/ (Download 7.11.2012).

- Autonomes Fahren (Hrsg.). 2012e. »Kalifornien verkündet Gesetzesentwurf«. *Autonomes Fahren & Co.* 3.3.2012. www.autonomes-fahren.de/roboter-auto-kalifornien-verkundet-gesetzesentwurf/ (Download 7.11.2012).
- Autonomes Fahren (Hrsg.). 2012f. »Roboterautos für Blinde und Sehbehinderte – Google Promotion für Autonomes Fahren«. *Autonomes Fahren & Co.* 31.3.2012. www.autonomes-fahren.de/roboterautos-fur-blinde-und-sehbehinderte-google-promotion-fur-autonomes-fahren/ (Download 7.11.2012).
- Autonomos Labs. 2011. »BrainDriver | AutoNOMOS – Autonomous Cars from Berlin«. *Autonomos Labs Online*. <http://autonomos-labs.com/projects/past-projects/braindriver/> (Download 28.11.2015).
- Autonomos Labs. 2012. »AutoNOMOS – Autonomous Cars from Berlin«. <http://autonomos-labs.com/> (Download 17.10.2012).
- Bainbridget, Lianne. 1983. »Ironies of Automation«. *Automatica* 19 (6): 775–779.
- Bandura, Albert. 1977. »Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioural change«. *Psychological Review* 84: 191–215.
- Bennett, Peter, Kenneth Calman, Sarah Curtis und Denis Fischbacher-Smith. 2009. »Understanding responses to risk: policy and practice«. *Risk communication and public health*. Hrsg. Peter Bennett, Kenneth Calman, Sarah Curtis und Denis Fischbacher-Smith. Oxford. 3–22.
- Bettenhausen, Kurt Dirk. 2011. »Mein Freund, der Roboter«. Statement von Dr.-Ing. Kurt Dirk Bettenhausen, VDE-Präsidiumsmitglied und Vorsitzender der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik. www.vde.com/de/verband/pressecenter/pressemappen/documents/pk_freundroboter_bettenhausen.pdf (Download 19.12.2012).
- BMI – Bundesministerium des Innern. 2012. *Demografiebericht*. Berlin.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. 2014. »Bericht zur Gemeinsamen Konferenz der Verkehrs- und Straßenbauabteilungsleiter der Länder (GKVS) am 10./11. September 2014 in Berlin und zur Verkehrsministerkonferenz (VMK) am 1./2. Oktober 2014 in Kiel«. Berlin/Bonn, 20.8.2014.
- Borderstep/IZT – Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit/Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT). 2012. »Gutachten zum Thema »green IT – Nachhaltigkeit« für die Enquete-Kommission Internet und digitale Gesellschaft des Deutschen Bundestages, Ausschussdrucksache 17(24)058«. Berlin.
- Both, Göde. 2011. »Agency und Geschlecht in Mensch/Maschine-Konfigurationen am Beispiel von Virtual Personal Assistants«. Diplomarbeit, eingereicht

- am 27.6.2011 am Institut für Informatik der Humboldt-Universität zu Berlin. <http://edoc.hu-berlin.de/master/both-goede-2011-07-19/PDF/both.pdf> (Download 28.11.2015).
- Bourdieu, Pierre. 1987. *Die feinen Unterschiede*. Frankfurt am Main.
- Bundesversammlung (Hrsg.). 2007. »Übereinkommen über den Strassenverkehr«. Abgeschlossen in Wien am 8. November 1968. www.admin.ch/ch/d/sr/i7/0.741.10.de.pdf (Download 4.9.2012).
- Carnegie Mellon University, School of Computer Science (Hrsg.). 1995. »No Hands Across America General Information«. www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/tjochem/www/nhaa/general_info.html (Download 17.10.2012).
- Choo, Sangho, Patricia L. Mokhtarian und Ilan Salomon. 2005. »Does Telecommuting Reduce Vehicle-miles Traveled? An Aggregate Time Series Analysis for the U.S.«. *Transportation* 32 (1). 37–64.
- Choo, Sangho, Patricia L. Mokhtarian und Ilan Salomon. 2001. »Impacts of Home-Based Telecommuting on Vehicle-Miles Traveled: A Nationwide Time Series Analysis. Report prepared for the California Energy Commission«. Sacramento, Ca.
- Continental AG/AutoScout24 GmbH. 2014. »Connected Car 2014. Connected Car Business Modells – State of the Art and Practical Opportunities«. www.autoscout24.de (Download 17.10.2012).
- Csikszentmihalyi, Mihaly (Hrsg.). 2011. *Das Flow-Erlebnis. Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen*. 11. Auflage. Stuttgart.
- Deutscher Bundestag. 2011. »Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung, Stand und Perspektiven der militärischen Nutzung unbemannter Systeme«. 2.9.2011. Berlin.
- Deutsche Telekom. 2011. »Telekom forciert Videotelefonie – mit VideoMeet werden Videokonferenzen so selbstverständlich wie Telefonieren«. Pressemitteilung vom 14.11.2011. Bonn. www.telekom.com/medien/loesungen-fuer-unternehmen/93308 (Download 28.11.2015).
- Dilba, Denis. 2012. »Umsichtige Technik«. *Technology Review Special – Mobilität* 1/2012. 78–80.
- Dilba, Denis. 2006. »Aufzug-Mathematik. Hoch, runter und nie stecken bleiben«. *Spiegel Online* 7.11.2006. www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/aufzugsmathematik-hoch-runter-und-nie-stecken-bleiben-a-446906.html (Download 28.11.2015).

- Dispan, Jürgen, und Heinz-Rudolf Meißner. 2010. »Elektromobilität. Wirkungen auf regionale Wertschöpfungsketten und auf Beschäftigung in Baden-Württemberg. Studie im Rahmen des Projekts kompetenz & innovation der Bezirksleitung der IG Metall in der Automobilregion«. Stuttgart.
- Dispan, Jürgen, Raimund Krumm und Bettina Seibold. 2009. »Strukturbericht Region Stuttgart 2009. Entwicklung von Wirtschaft und Beschäftigung. Schwerpunkt: Umbruch der Automobilregion«. Stuttgart und Tübingen. www.iaw.edu/tl_files/dokumente/strukturbericht_region_stuttgart_2009.pdf (Download 28.11.2015).
- Dixon, Mark, und Philip Ross. 2011. *Work. Measuring the benefits of Agility at work*. Kingston upon Thames.
- Donner, Susanne. 2005. »Computer am Steuer: Wie die fahrerlose U-Bahn vielen Menschen Angst macht«. *Bild der Wissenschaft Online* 29.8.2005. www.wissenschaft.de/wissenschaft/hintergrund/256921.html (Download 28.11.2015).
- DVR – Deutscher Verkehrssicherheitsrat o. J. »Unfallstatistik aktuell«. www.dvr.de/betriebe_bg/daten/unfallstatistik/de_aktuell.htm (Download 28.11.2015).
- Earnest, Les. 2011. »Stanford-Cart«. www.autoersatzteile.de/blog/stanford-cart (Download 28.11.2015).
- Eichhorst, Werner, und Florian Buhlmann. 2015. *Die Zukunft der Arbeit und der Wandel der Arbeitswelt*. IZA Standpunkte Nr. 77, Februar 2015. Bonn.
- Eisenberg, Claudius, Rainer Gildeggen, Andreas Reuter und Andreas Willburger. 2008. *Produkthaftung*. München.
- Esser, Hartmut. 1990. »Habits, »Frames« und »Rational Choice« – die Reichweite von Theorien der rationalen Wahl«. *Zeitschrift für Soziologie* 4. 231–247.
- Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss. 2005. »Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses zum Thema »Europäische Straßenverkehrsordnung und europäisches Kfz-Register«. Brüssel. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2005:157:0034:0041:DE:PDF> (Download 28.11.2015).
- Fazio, Russel H. 1999. »Accessible Attitudes as Tools for object appraisal: Their costs and benefits«. *Why we evaluate: Functions of attitudes*. Hrsg. Gregory R. Maio und James M. Olson. Mahwah, NJ. 1–36.
- Fazio, Russel H., und Carol J. Williams. 1986. »Attitude accessibility as a moderator of the attitude-perception and attitude behaviour relations: An investigation of the 1984 presidential election«. *Journal of Personality and Social Psychology* 51. 505–514.

- Flämig, Heike. 2015. »Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes«. *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Hrsg. Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz und Hermann Winner. Heidelberg, 377–399.
- Frey, Carl Benedikt, und Michael A. Osborne. 2013. *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?* Oxford.
- Frost & Sullivan. 2011. »Mehrfachnutzen treibt Europa-Markt für Videokonferenzanwendungen voran«. Pressemitteilung vom 28.6.2011. Frankfurt am Main.
- Fonagy, Peter. 2004. *Affektregulierung, Mentalisierung und die Entwicklung des Selbst*. Stuttgart.
- Funder, Maria. 2011. *Soziologie der Wirtschaft*. München.
- Gasser, Tom Michael. 2015. »Grundlegende und spezielle Rechtsfragen für autonome Fahrzeuge«. *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Hrsg. Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz und Hermann Winner. Heidelberg, 543–574.
- Gasser, Tom Michael. 2012. »Ergebnisse der Arbeitsgruppe zu den rechtlichen Aspekten automatisierten Fahrens«. *AAET 2012 – Automatisierungssysteme, Assistenzsysteme und eingebettete Systeme für Transportmittel. Beiträge zum gleichnamigen 13. Braunschweiger Symposium vom 8. und 9. Februar 2012*. Hrsg. Intelligente Transport- und Verkehrssysteme und -dienste Niedersachsen e. V. Braunschweig, 14–37.
- Gigerenzer, Gerd, und Peter M. Todd. 1999. *Simple Heuristics That Make Us Smart*. Oxford.
- Gipper, Angelika. 2008. »Die Verkehrsentwicklung in Deutschland und deren Auswirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur«. www.ise.kit.edu/rd_download/SBT/Kolloquium_SBT_08-11_A_Gipper.pdf (Download 28.11.2015).
- Gore, Al. 2014. *Die Zukunft. Sechs Kräfte, die unsere Welt verändern*. München.
- Greenpeace. 2014. »Clicking Clean. Wie Unternehmen ein umweltfreundliches Internet erschaffen. Zusammenfassung«. Hamburg.
- Hänßler, Boris. 2012. »Autonome Erntehelfer«. *Weiter Vorn – Das Fraunhofer Magazin* 4. 44–45.
- Heinßen, Marcus, Alexander Sautter und Michael M. Zwick. 2002. »Was versteht die Öffentlichkeit unter Risiko? Eine qualitative Analyse zur Semantik eines schillernden Begriffs«. *Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des »Risikosurvey Baden-Württemberg 2001«*. *Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung und der Universität Stuttgart*. Hrsg. Michael M.

- Zwick und Ortwin Renn. Lehrstuhl für Technik- und Umweltsoziologie, Universität Stuttgart. 99–119.
- Herdegen, Korinna, und Stephan Rammler (Hrsg.). 2006. *Phantastische Mobilität*. Braunschweig.
- Hofer, Joachim, und Hans Schürmann. 2009. »Videokonferenzen setzen sich durch«. *Handelsblatt Online* 26.2.2009. www.handelsblatt.com/unternehmen/management/strategie/virtuelle-meetings-videokonferenzen-setzen-sich-durch/3120206.html (Download 28.11.2015).
- Holtermann, Christian, und Hans-Joachim Hess. 2008. *Produkthaftung in Deutschland und Europa*. Renningen.
- IFMO – Institut für Mobilitätsforschung. 2010. *Zukunft der Mobilität. Szenarien für das Jahr 2030*. München. www.ifmo.de/tl_files/publications_content/2010/ifmo_2010_Zukunft_der_Mobilitaet_Szenarien_2030_de.pdf (Download 28.11.2015).
- Iken, Jörn. 2012. »Fahrstuhl für die Straße«. *Technology Review* 5. 52–55.
- ISI/IZT – Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)/Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT). 2009. »Rohstoffbedarf für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffverbrauchs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie«. Berlin.
- Jagow, Joachim, Michael Burmann und Rainer Heß. 2008. *Straßenverkehrsrecht Kommentar*. 20. Auflage. München.
- Jappsen, Hans M. 2004. »Moderne Steuerungen von Aufzugsanlagen«. 13. Februar 2004. www.jappsen-ingenieure.com/daten/downloads/de/9_de.pdf (Download 28.11.2015).
- Jung, Helmut-Martin. 2011. »Stauforschung. Was die Menschen von den Ameisen lernen sollten«. *Sueddeutsche.de* 30.7.2011. www.sueddeutsche.de/wissen/stauforschung-was-die-menschen-von-den-ameisen-lernen-sollten-1.1126164 (Download 28.11.2015).
- Jungermann, Helmut, Hans-Rüdiger Pfister und Katrin Fischer. 2005. *Die Psychologie der Entscheidung: Eine Einführung*. München und Berlin.
- Kimmel, Sören. 2009. »Autonomes Fahren«. *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. Hrsg. Hermann Winner, Stephan Hakuli und Gabriele Wolf. Wiesbaden. 651–657.
- Kind, Christian, Till Mohns und Dr. Dr. Christian Sartorius. 2011. »Forschungsbericht für das Vorhaben »Unterstützung des Managements von Klimarisiken

- und -chancen«. Dessau-Roßlau. www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/3708_49_111_bf.pdf (Download 28.11.2015).
- Kittlaus, Dag. 2010. »The Birth of the Virtual Assistant«. <http://mashable.com/2010/01/31/virtual-assistant/#zYpzCGfkRsqx> (Download 28.11.2015).
- Kläsger, Michael. 2012. »Ich träume von Autos, die selbst fahren«. *Süddeutsche Zeitung* 1.10.2012. 18.
- Klaubert, David. 2010. »Ins Kämmerchen statt auf Dienstreise«. *FAZ Online* 23.6.2010. www.faz.net/aktuell/wirtschaft/netzwirtschaft/videokonferenzen-ins-kaemmerchen-statt-auf-dienstreise-1656804.html (Download 28.11.2015).
- Knie, Andreas, Otto Berthold, Sylvia Harms und Bernhard Truffer (Hrsg.). 1999. *Die Neuerfindung urbaner Automobilität: Elektroautos und ihr Gebrauch in den USA und Europa*. Berlin.
- Krapp, Andreas, und Richard M. Ryan. 2002. »Selbstwirksamkeit und Lernmotivation«. *Zeitschrift für Pädagogik. Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen* 44. 54–82.
- Kuhn, Thomas, und Sebastian Matthes. 2010. »Videokonferenztechnik wird massentauglich«. *Wirtschaftswoche Online* 27.4.2010. www.wiwo.de/technologie/digitale-welt/virtuelles-arbeiten-videokonferenztechnik-wird-massentauglich/5639850.html (Download 28.11.2015).
- Kurz, Constanze, und Frank Rieger. 2015. *Arbeitsfrei. Eine Entdeckungsreise zu den Maschinen, die uns ersetzen werden*. München.
- Laan, Jinke Doutzen van der. 1998. *Acceptance of automatic violation-registration systems*. Groningen.
- Lorenz, Marcel. 2012. »Das selbstfahrende Auto von Google«. *Magdeburger Nachrichten* 30.3.2012.
- Löwer, Chris. 2011. »Lenken durch Denken«. *Technology Review* 4. 36–40. www.heise.de/tr/artikel/Lenken-durch-Denken-1260237.html (Download 28.11.2015).
- Lücke, Fabian. 2008. »Car2Car-Kommunikation«. *Fahrerassistenzsysteme und intelligente Verkehrssteuerung – Soziologische Analysen hoch automatisierter Verkehrssysteme*. Hrsg. Johannes Weyer. Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Technische Universität Dortmund. 81–96.
- Madlener, Reinhard, und Blake Alcott. 2011. »Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkoppelung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen«. Gutachten für die Enquete-Kommission »Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität« des Deutschen Bundestages. Berlin.

- Maharg-Bravo, Fiona. 2009. »Die Konkurrenz aus dem Cyberspace«. *Handelsblatt Online* 10.6.2009. www.handelsblatt.com/meinung/kolumnen/video-konferenzen-die-konkurrenz-aus-dem-cyberspace/3195186.html (Download 28.11.2015).
- Mahler, Margaret S., und Manuel Fuhrer. 1998. *Symbiose und Individuation*. Stuttgart.
- Mairhofer, Franz. 2004. »Cargo Mover. An Innovative Mode of Automated Freight Transport«. *Rail Engineering International* 1. 10–12.
- Marberger, Claus. 2007. *Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fabrrassistenzsystemen*. Hrsg. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2011/302/pdf/F63.pdf> (Download 28.11.2015).
- Matternet. 2011. »The Matternet Vision«. *vimeo.com*. <http://vimeo.com/28247681> (Download 28.11.2015).
- Maurer, Markus, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz und Hermann Winner (Hrsg.). 2015. *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Heidelberg.
- McCracken, Grant. 1988. *Culture and Consumption*. Bloomington, IN.
- Meyer, Simone. 2011. »Riesendrohne Euro Hawk: Gigantischer Datenstaubsauger in 20.000 Meter Höhe«. *Die Welt* 10.10.2011. www.welt.de/politik/deutschland/article13652332/Gigantischer-Datenstaubsauger-in-20-000-Meter-Hoehe.html (Download 28.11.2015).
- Meyer, Ulrich. 2014. »Zum Verhältnis von Kollektiv- und Individualverkehr. Oder warum Versuche einer Zusammenführung zweier unterschiedlicher organisationaler Felder scheitern«. *Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung*. Hrsg. Oliver Schwedes. 2. Auflage. Wiesbaden. 169–187.
- Merx, Stefan. 2010. »Telekom setzt auf virtuelle Treffs im Hotel«. *Handelsblatt Online* 26.5.2010. www.handelsblatt.com/unternehmen/it-medien/videokonferenz-system-telekom-setzt-auf-virtuelle-treffs-im-hotel/3445096.html (Download 28.11.2015).
- Mokhtarian, Patricia L. 1991/2007. »Telecommuting and Travel: State of the Practice, State of the Art«. *Transportation* 18 (4). 319–342. Neudruck in *Transportation Planning*. Hrsg. Yoram Shiftan, Kenneth Button und Peter Nijkamp. Cheltenham, UK. 2007. 393–416.
- Mokhtarian, Patricia L. 1991. »An Empirical Analysis of the Transportation Impacts of Telecommuting«. *Proceedings. 6th International Conference on Travel Behavior*. 22.–24.5.1991. Quebec.

- Nomura, Tatsuya, Tomohiro Suzuki, Kanda Takayuki und Kato Kensuke. 2006. »Altered Attitudes of People toward Robots: Investigation through the Negative Attitudes toward Robots Scale«. www.aaai.org/Papers/Workshops/2006/WS-06-09/WS06-09-006.pdf (Download 28.11.2015).
- Northrop Grumman Corporation (Hrsg.). 2010. »Euro-Hawk-Brochure«. www.as.northropgrumman.com/products/ghrq4b/assets/Euro_Hawk_Brochure.pdf (Download 17.10.2012).
- OTIS GmbH & Co. OHG. 2012. »Zielwahlsteuerung Compass«. *OTIS Online*. www.otis.com/site/de/pages/MODCompass.aspx?menuID=5 (Download 17.10.2012).
- PAC Pierre Audoin Consultants. 2012. »UCC-Strategien 2012. Status quo und Investitionspläne in deutschen Unternehmen«. www.berlecon.de/studien/downloads/PAC_Berlecon_UCC_2012.pdf (Download 17.10.2012).
- Pardy, David. 2012. »Licensing Autonomous Cars«. *Innovation Law Blog* 14.10.2012. <http://innovationlawblog.org/2012/10/licensing-autonomous-cars/> (Download 28.11.2015).
- Pinch, Trevor, und Wiebe E. Bijker. 1989. »The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other«. *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*. Hrsg. Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch. Cambridge, Mass. 17–50.
- Polycom. 2011. »Studie unter europäischen Führungskräften belegt zunehmende Reisetätigkeit bei rückläufigem Nutzen für das Geschäft«. Pressemitteilung vom 7.7.2011. Hallbergmoos. www.polycom.de/company/news_room/press_releases/2011/20110707.html?print=1 (Download 28.11.2015).
- Prätorius, Gerhard. 1993. *Das Prometheus-Projekt. Technikerstehung als sozialer Prozess*. Wiesbaden.
- Preiss, Holger. 2012. »Straßenzulassung für Kalifornien. Google-Roboter-Auto fährt allein«. *n-tv online* 28.9.2012. www.n-tv.de/auto/Google-Roboter-Auto-faehrt-allein-article7329771.html (Download 28.11.2015).
- Prescher, Sandra, und Friedrich Köhler. 2012. »Telemedizinische Versorgung von Patienten mit Herzinsuffizienz im ländlichen Raum. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt FONTANE«. *Telemedizin*. Hrsg. Helmut Kunze und Sven Mutze. München. 109–114.
- Prokop, Günther. 2011. »Marktdurchdringung schafft Sicherheit«. *Internationales Verkehrswesen* 6 (63). 48–49.
- Rammler, Stephan. 2014. *Schubumkehr. Die Zukunft der Mobilität*. Frankfurt am Main.

- Rammler, Stephan, und Thomas Sauter-Servaes. 2013. »Innovative Mobilitätsdienstleistungen«. Arbeitspapier 274. Hrsg. Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf.
- Randelhoff, Martin. 2011. »Die drei Haupttheoreme der Stauforschung«. *Zukunft Mobilität* 18.3.2011. www.zukunft-mobilitaet.net/3344/gegenwart/wie-entstehen-staus-phantomstau/ (Download 28.11.2015).
- Renn, Ortwin. 2000. »Risiken und ihre Rolle in der Gesellschaft«. *International Conference: Risk Analysis and its Role in the European Union*. 18–19.7.2000. Brüssel.
- Ride. 2012. »Ride Systems. The History of Autonomous Vehicles«. *Route Identification Detection Enhancer*. www.mikechiafulio.com/RIDE/history.htm (Download 28.11.2015).
- Rosa, Eugene A. 2003. »The logical structure of the social amplification of risk framework: Metatheoretical foundation and policy implications«. *The social amplification of risk*. Hrsg. N.K. Pidgeon und P. Slovic. Cambridge, Mass. 47–79.
- Rotter, Julian B. 1990. »Internal Versus External Control of Reinforcement. A Case History of a Variable«. *American Psychologist* 45 (4). 489–493.
- Rötzer, Florian. 2012. »Kalifornien öffnet die Straßen für autonome Autos«. *Telepolis* 3.9.2012. www.heise.de/tp/blogs/3/152705 (Download 28.11.2015).
- Runge, Diana. 2003. »Substitution von Geschäftsreisen durch Videokonferenzen«. Vortrag im Rahmen des Workshops »Clean Business Travel – Geschäftliche Flugreisen klimaneutral gestalten« am 8.5.2003 in Bonn. <http://germanwatch.org/download/rio/cbt0503/runge.pdf> (Download 28.11.2015).
- Scherf, Michael, und Robert Downes. 2013. »Telemedizin in der Regelversorgung«. *Life Sciences 2013. Biotech. Medtech. Pharma*. Hrsg. Hans E. Rasmussen-Bonne, Reinhold M. Lauer, Andreas von Stosch und Thomas Fink. Berlin. 62–72.
- Scherf, Michael, Ralph Wöhrle und Robert Downes. 2012. »Telemonitoring für Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz – die Systemlösungen von Deutscher Telekom und GETEMED AG«. *Telemedizin*. Hrsg. Helmut Kunze und Sven Mutze. München. 47–60.
- Schilly, Harald, Richard Welke und Moritz Wurnig. 2004. »Aufzugsteuerung – Simulation und Optimierung«. www.unet.univie.ac.at/~a9900479/aufzug/Schilly_Welke_Wurnig-Aufzugsteuerung_Simulation_und_Optimierung_2004.pdf (Download 28.11.2015).

- Schindler. 2006. »CO BX. Die intelligente Steuerung. Haucht Ihrem altgedienten Aufzug neues Leben ein«. www.schindler.com/content/de/internet/de/modernisierung/steuerungen/co-bx/_jcr_content/rightPar/downloadlist/downloadList/165_1349345228726.download.asset.165_1349345228726/Schindler-Steuerung-CO-BX.pdf (Download 28.11.2015).
- Schmergal, Cornelia, und Liane Borghardt. 2012. »So funktioniert das Management per Smartphone«. *Handelsblatt Online* 27.2.2012. www.handelsblatt.com/unternehmen/buero-special/unternehmensfuehrung-so-funktioniert-das-management-per-smartphone/6250700.html (Download 28.11.2015).
- Schmider, Kevin. 2010. »Roboter mit Gefühlen – Nur ein entfernter Zukunftsraum?« *PR Blog – HBI International PR & MarCom* 22.9.2010. www.prblog-hbi.de/2010/09/roboter-mit-gefuehlen/ (Download 28.11.2015).
- Schneider, Frank E. o. J. »ELROB – The European Trial«. www.elrob.org/ (Download 28.11.2012).
- Schönhammer, Rainer. 1991. *In Bewegung. Zur Psychologie der Fortbewegung*. München.
- Siemens AG. 2012. »Wie funktioniert eine fahrerlose U-Bahn? Factsheet«. München. www.siemens.com/press/pool/de/feature/2012/infrasturcture-cities/mobility-logistics/2012-04-metro-paris/factsheet-wie-funktioniert-eine-fahrerlose-u-bahn-de.pdf (Download 7.11.2012).
- Simon, Herbert A. 1957. *Models of man: Social and rational*. New York, NY.
- Singer, Peter W. 2012. »Mords-Maschinen«. *Technology Review* 5. 28–34.
- Sjöberg, Lennart, Bjørg-Elin Moen und Torbjørn Rundmo. 2004. »Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research. Rotunde No. 84«. Norwegian University of Science and Technology, Department of Psychology, Trondheim. www.svt.ntnu.no/psy/torbjorn.rundmo/psychometric_paradigm.pdf (Download 28.11.2015).
- Steeger, Oliver. 2011. »Man dreht sich um – schon ist die U-Bahn da!« *Projekt Management Aktuell* 4. 3–7. www.pmaktuell.org/uploads/PMAktuell-201104/PMAktuell-201104-021-Public.pdf (Download 28.11.2015).
- Stieler, Wolfgang. 2012. »Fliegen mit Teamgeist«. *Technology Review* 8. 24–27. www.heise.de/tr/artikel/Fliegen-mit-Teamgeist-1648119.html (Download 28.11.2015).
- Stirn, Alexander. 2012. »Flug in die Zukunft«. *Süddeutsche Zeitung* 22./23. September 2012. 24.
- Strang, Thomas, Bernhard Kloiber, Matthias Röckl und Jürgen Rataj. 2009. »Um die Ecke geschaut – wenn das Auto mehr sieht als der Fahrer«. *Internationales Verkehrswesen* 9 (61). 334–336.

- TacoCopter.Inc. o.J. »Tacobopter«. <http://tacobopter.com/> (Download 7.1.2013).
- Thyssen Krupp. 2003. »TWIN – Die System-Revolution im Aufzugsbau«. www.thyssenkrupp-elevator.de/fileadmin/media/pdf/twin_deutsch.PDF (Download 28.11.2015).
- Thyssen Krupp. 2000. »Segment Elevators : Zielwahlsteuerung für Aufzüge sorgt für kürzere Wartezeiten und mehr Sicherheit«. Presseinformation vom 20.3.2000. www.thyssenkrupp.com/de/presse/art_detail.html&eid=tk_pnid89 (Download 28.11.2015).
- Troebst, Cord-Christian. 1959. »Unsere Städte ersticken«. *Das Neue Universum* Nr. 76. Hrsg. Heinz Bochmann. Stuttgart. 276–313.
- Tversky, Amos, und Daniel Kahnemann. 1974. »Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases«. *Science* 185 (4157). 1124–1131.
- Umweltbundesamt (Hrsg.). 2012a. *Zeitlich optimierter Ersatz eines Notebooks unter ökologischen Gesichtspunkten*. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (Hrsg.). 2012b. *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990–2010 und erste Abschätzungen 2011*. Dessau-Roßlau.
- US-Infos.de. 2012. »US-Infos Verkehrsregeln«. www.us-infos.de/fakten-vregeln.html (Download 28.11.2015).
- Veblen, Thorstein. 1958. *Die Theorie der feinen Leute. Eine ökonomische Untersuchung der Institutionen*. Köln.
- Verdantix. 2010. »Carbon Disclosure Project Study 2010. The Telepresence Revolution«. London. www.cdproject.net/CDPResults/Telepresence-Revolution-2010.pdf (Download 28.11.2015).
- Volkswagen AG. 2010. »EUCAR Jahreskonferenz 2010 : Volkswagen Konzernforschung präsentiert EU-Kommission Forschungsprojekt HAVE-IT«. 8.11.2010. Wolfsburg und Brüssel. www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/de/news/2010/11/eucar_have_it.html (Download 28.11.2015).
- Wagner, Annette. 2012. »Roboter zum Kuschneln«. *[w] wie Wissen* 7.10.2013. www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2012/kuschnelroboter-100.html (Download 28.11.2015).
- Wikipedia o.J.a. »People Mover«. *Wikipedia*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Peoplemover> (Download 28.11.2015).
- Wikipedia o.J.b. »Fahrerloses Transportfahrzeug«. *Wikipedia*. http://de.wikipedia.org/wiki/Fahrerloses_Transportfahrzeug (Download 28.11.2015).

-
- Wünsche, Hans Joachim. 2004. »Vorarbeiten UniBwM: Die Versuchsfahrzeuge VaMoRs und VaMP«. www.unibw.de/lrt8/institut/mitarbeiter/prof_wuensche/vamp_pdf (Download 28.11.2015).
- Zehden, Matthias. 2012. »Siri – cleverer Assistent auf dem iPhone 4S«. *Macwelt* 13.12.2011. www.macwelt.de/ratgeber/iPhone-4S-Siri-cleverer-Assistent-auf-dem-iPhone-4S-4957043.html (Download 28.11.2015).
- Zwick, Michael M. 2002. »Deskriptive Befunde des Risikosurvey Baden-Württemberg 2001«. *Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des »Risikosurvey Baden-Württemberg 2001«*. *Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung und der Universität Stuttgart*. Hrsg. Michael M. Zwick und Ortwin Renn. Lehrstuhl für Technik- und Umweltsoziologie, Universität Stuttgart. 9–34.
- Zwick, Michael M., und Ortwin Renn. 2008. »Risikokonzepte jenseits von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensersparnung«. *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*. Hrsg. Carsten Felgentreff und Thomas Glade. Berlin. 77–98.