Klaus J. Beckmann

DIGITALISIERUNG UND MOBILITÄT – CHANCEN UND RISIKEN FÜR EINE VERKEHRSWENDE

Die Digitalisierung von gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Prozessen verändert die Rahmenbedingungen für die Verkehrs- und Raumentwicklung. Es verändern sich Produktionsprozesse („Automatisierung") und Kommunikationsvorgänge. Neben der Ausstattung von Einzelpersonen und Haushalten mit PCs und Smartphones zeigt vor allem deren Einsatz im Verkehrsbereich eine hohe Dynamik: in der Digitalisierung von Fahrzeugen und Fahrwegen, in der Automatisierung von Fahrzeugen wie auch in der Veränderung der Mobilitäts-/Transportnachfrage. Die möglichen Effekte wie Substitution physischen Verkehrs durch Kommunikation („virtueller Verkehr"), Induktion zusätzlichen Verkehrs durch Fernkontakte, modale Verlagerung auf andere Verkehrsträger und Effizienzsteigerung sind hinsichtlich der Wirkungsausrichtung und -intensität bisher kaum empirisch belegt. Einflüsse des Einsatzes von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) auf Verkehr – in der Folge auch auf Raumstrukturen, Standortmuster, Umweltqualitäten und Stadtqualitäten – sind noch offen (vgl. acatech 2015, Beckmann 2019). Für die Wirkungen der digitalen Innovationen spielen gesellschaftliche, politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle.

Fahrzeuge, Fahrwege und Verkehr – bewährte Einsatzbereiche der Digitalisierung

Es gibt fast keine Fahrzeuge – weder Personen- und Lastkraftwagen noch Busse, U- und S-Bahnen –, die nicht schon heute zu ihrem Betrieb vielfältige Elemente der Digitalisierung und Automatisierung einsetzen: die elektronische Steuerung der Zündung und Einspritzung in Verbrennungsmotoren, die Start- und Abschaltautomatik, die Schließ- und Sicherungssysteme, das ABS (Anti-Blocker-System) und das ESC (Electronic Stability Control), zunehmend aber auch Assistenten zur Abstandhaltung, zur Spurhaltung oder zum Einparken. Die notwendigen Informationen werden durch Detektion in Echtzeit erhoben und/oder in Echtzeit bereitgestellt. So können Geschwindigkeitsbegrenzungen in Straßenabschnitten automatisch kontrolliert und Überschreitungen vereinfacht sanktioniert werden. Rechtsabbiegehilfen für Fahrer von Lastkraftwagen können zur Vermeidung von Unfällen mit Fahrradfahrern durch elektronische Detektions- und Warnhilfen ebenso eingesetzt werden wie zur Vermeidung von Unfällen mit Fahrradfahrern durch das Öffnen von Fahrzeugtüren.

Dies gilt für andere Verkehrsmittel gleichermaßen: Autopiloten in Flugzeugen, Steuerung des hybriden Muskel-Elektro-Antriebs von Pedelecs, Strommanagement in U-/S-Bahnen, Stadt- oder Straßenbahnen sowie Elektrobussen.

Der Verkehrsbereich weist somit schon viele Jahre – auch vor der massenhaften Verbreitung von intelligenten individuellen Kommunikationsgeräten („Smartphone") – einen hohen Grad an Digitalisierung für Fahrzeuge, Fahrwege und Anlagen auf: adaptive Steuerung von Signalanlagen an Kreuzungen, Steuerung des Betriebs in Verkehrstunneln und Parkhäusern, Zugkontrollsysteme wie ETCS („European Train Controlling System"), Flugsicherung und Flugführung, Stau- und Verspätungsmeldungen. Das Smartphone wird zur Informationsplattform und zur individuellen Mobilitätszentrale.

In großen deutschen und europäischen Forschungsprogrammen (z. B. PROMETHEUS 1993, „Mobilität in Ballungsräumen" 1998) standen Möglichkeiten der Digitalisierung, der Lenkung und Steuerung des Verkehrs – auf der Basis von Echtzeit-Informationen – im Vordergrund: Telematik als Verknüpfung von Telekommunikation und Informatik. Wesentliche Ziele sind: Erhöhung der Verkehrssicherheit, Effizienzsteigerung durch Ausschöpfung der Kapazitätsreserven von Anlagen oder durch zeitliche oder räumliche Verkehrsverlagerung, Umweltschutz durch Harmonisierung des Verkehrsflusses und/oder durch modale Verkehrsverlagerung auf umweltverträgliche(re) Verkehrsmittel des Umweltverbundes (ÖPNV, Fuß- und Radverkehr).

Informationen über Verkehrszustände und Transportangebote, aber auch über Mitfahrgelegenheiten, Sharing-Angebote u. a. können zu Veränderungen individuellen Mobilitätsverhaltens genutzt werden (Routenwahl, Verkehrsmittelwahl, Wahl der Transportzeitpunkte). Insgesamt werden durch digitale Verkehrsinformationen zeitliche und räumliche Bindungen gelockert, was zu einer erweiterten Wahlfreiheit führen kann (vgl. auch Konrad/Wittowsky 2016).

Navigation, Verkehrssteuerung, Verkehrstelematik und Vernetzung von Verkehrsmitteln sind die Ziele der Digitalisierung. Dabei steigt zunehmend die Dichte der verfügbaren Informationen über Verkehr durch deren Erfassung mithilfe automatisierter – bis hin zu „autonomen" – Fahrzeugen, aber auch durch fahrwegseitige und luftseitige Er-

© Adobe Stock – fotohansel

fassungen (Drohnen, Satelliten). Insgesamt kommt im Verkehr vermehrt „Künstliche Intelligenz“ (KI) zum Einsatz, die Erhebungen, Auswertungen, Analysen, Echtzeitprognosen und Optimierung der Verkehrsvorgänge ermöglicht bzw. erleichtert. Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) dient auch der Vernetzung verschiedener Verkehrsmittel und der Automatisierung von Fahrzeugen und Verkehrsvorgängen.

Der Verkehrsbereich hat auch vielfältige intersektorale Kooperationen angestoßen bzw. forciert:

> Einsatz von Fahrzeugbatterien in „Smart-Grid-Netzen“ der dezentralen Stromversorgung und -speicherung, in die Batterien als Antriebsaggregate für Fahrzeuge oder auch als Zwischenspeicher zur Rückspeisung ins Netz eingebunden werden

> Verknüpfung von Smart-Home-Systemen (Sicherungs- und Schließanlagen, Haushaltsgeräte, Klimaanlagen usw.) mit Smart-Mobility-Systemen über IKT

> Vernetzung in Smart-Mobility-Systemen zur Prüfung der Verfügbarkeit, zur Reservierung, zur Abrechnung, zu Wartungsüberwachungen von Leih- und Sharing-Fahrzeugen, aber auch von Parkplätzen usw.

Smart-City-Konzepte (vgl. Libbe in diesem Heft) stellen einen wichtigen Rahmen für Smart-Mobility-Ansätze dar. Mobilität ist neben anderen ein zentrales Teilsystem in einer Smart City: Gebäude und Wohnungen, Produktion, Ernährung, Ressourcenwirtschaft, Services und Dienstleistungen, Politik und Verwaltung, Energie, Wärme, Gesundheit, Bildung, Umwelt, Sicherheit, Wasser, Abwasser, Abfall usw. Smarte Stadtentwicklung dient der Energie- und Ressourceneffizienz, dem Ressourcenschutz und der Klimaneutralität, der Flächeneffizienz und der Sicherheit. Voraussetzungen sind ubiquitäre Informationssysteme, hochwertige Informationsübertragungen, Vernetzungen öffentlicher und privater Angebote, intra- und intersektorale Vernetzungen. Dezentrale Infrastrukturen und dezentrale Verantwortung und Steuerung setzen informationsgestützte Vernetzungen voraus.

Elemente einer „Smart Mobility“ sind:

> Echtzeit-Verkehrs(angebots/zustands)-Informationen

> nachfragegesteuerte Verkehrsangebote und -dienste

> Mobilitätspunkte zur intermodalen physischen Verknüpfung von Verkehrsmitteln

> Sharing-Angebote

> (teil-)individualisierte öffentliche Verkehrsmittel

> automatisierte bis autonome Fahrzeuge

> neue Antriebsformen (Elektro, Hybrid usw.)

Digitale Dienste und Endgeräte als Basis für neue Formen der Mobilität

Zunehmend werden Verkehrsangebote einzelner Verkehrsmittel intramodal wie auch intermodal/multimodal (verkehrsmittelübergreifend) daten-und informationsgestützt vorbereitet, abgewickelt, begleitet wie auch nachbereitet. Dazu werden Vorgänge und Zustände von Fahrzeugen und Fahrwegen durch Sensorik der Fahrzeuge detektiert (Infrarot, Radar, Lidar, Ultraschall usw.). Hinzu kommen fahrwegseitige Detektionsanlagen (Schleifen, Infrarot, Video-Aufnahmen, GPS usw.). Zur Einordnung und Interpretation der Informationen bedarf es einer digitalen Abbildung der Verkehrsräume/-anlagen und vor allem einer Interpretationslogik („Künstliche Intelligenz“) zur Identifikation von Fahrzeugen, Fahrrädern, Fußgängern, spielenden Kindern, Anlageelementen, Hindernissen usw., aber auch von deren Bewegungen nach Richtung, Geschwindigkeiten und Verläufen, um Reaktionen wie Abbremsen, Ausweichen, Abgabe von Warnsignalen zu ermöglichen.

Die über Smartphone als „individuelle Mobilitätszentralen“ vermittelten Informationen beziehen sich vor allem auf

> Verkehrs-/Transportangebote (Wege/Routen, Bedienungshäufigkeiten, Kapazitäten/Staus, Preise, Kosten, Qualitätsmerkmale (z. B. Gepäckbeförderung) …) sowie

> Bestell- und Koordinationsfunktionen (Taxi, Anruf Sammeltaxi, Car-Sharing-Fahrzeug, Leih-Fahrrad, Leih-Pedelec, Parkraum …).

Die bislang weitgehendste Form der Digitalisierung und der Nutzung künstlicher Intelligenz sind Fahrzeuge unterschiedlicher Automatisierungsstufen und letztlich „autonome" Fahrzeuge, in denen Fahrer schrittweise die Lenkungs- und Überwachungsaufgaben an die künstliche Intelligenz im Fahrzeug und/oder im Fahrweg abgeben. Autonome Fahrzeuge setzen keine Rückfallebenen durch Eingriff des „Fahrers" bei den Bewegungsvorgängen voraus, sondern schließen diese sogar aus. Dies ermöglicht allen Fahrzeuginsassen während des Transportvorganges andere Aktivitäten wie Kommunikation, Nutzung von Funk und Fernsehen, Nutzung von Internetdiensten, also auch Arbeit u. Ä. Diese Fahrzeuge können von einem Parkplatz kommend die Fahrgäste abholen, zu einem Ziel transportieren und sich evtl. ohne Fahrgäste zu einem geeigneten Parkplatz bewegen oder auch andere Fahrgäste abholen. Dies erscheint für den Transport von Personen ebenso möglich wie für den Transport von Gütern.

Der Aufwand für das Lenken und Abstellen von Fahrzeugen kann „objektiv" und vor allem „subjektiv" stark reduziert werden, sodass sich die Attraktivitätsrelationen zwischen Personenkraftwagen, Taxis, ÖPNV oder auch nichtmotorisierten Fahrzeugen stark verschieben können, was im Personenverkehr zu (unerwünschten) Rückverlagerungen vom Umweltverbund (ÖPNV, Fahrradverkehr, Fußgängerverkehr) zum motorisierten Straßenverkehr führen kann. Dies hätte erhebliche negative bzw. kontraproduktive Auswirkungen auf Straßenraum- und Stadtqualitäten, auf verkehrsverursachte Umweltbelastungen. Mögliche Erleichterungen der Erreichbarkeit peripherer und suburbaner Siedlungsstandorte können unerwünschte Siedlungsformen stärken oder diese stabilisieren wie Suburbanisierung, Siedlung in Achsen-Zwischenräumen. Dies gilt für Wohngebiete wie auch für Gewerbegebiete und Standorte von Großeinrichtungen des Handels und der Freizeit (vgl. Beckmann 2019; Beckmann/Sammer 2016).

Veränderungen des Mobilitätsverhaltens – Substitution, Induktion oder Neutralität?

Die Möglichkeiten des Ersatzes physischer Mobilität durch virtuelle Mobilität lassen Mutmaßungen über Veränderungen des Mobilitätsverhaltens zu. Ursachen sind auch veränderte Arbeitsformen wie Home-Office, wodurch Arbeitspendlerwege verändert oder verringert, aber auch Dienstreisen ersetzt werden können (Arbeit im Internet, Telefon-/Video-Konferenzen). Der physische Besuch von Schulen und Ausbildungswege können gegebenenfalls durch Einsatz von Lehr- und Lern-Software, durch Video-Teilnahme an Unterrichtseinheiten ersetzt werden. Einkäufe werden mit einem steigenden Anteil – je nach Warengruppe 15–20% – online getätigt (e-commerce). Sie werden durch Lieferungen nach Hause (Kurier-, Express-, Postdienste KEP) umgesetzt. Soziale Kontakte erfolgen zum Teil per Telefon (Festnetz, Mobilnetz) oder per Internet und ersetzen physische Wege. Aktionsräume mit Arbeits- und Ausbildungsplätzen, Einkaufs- und Freizeitgelegenheiten und Orten sozialer Kontrolle werden flexibler und größer.

Bisher gibt es unterschiedliche – jedoch allenfalls ansatzweise empirisch überprüfte – Hypothesen zu den Mobilitätswirkungen:

> Ersatz physischer Wege durch virtuelle Wege wegen der Möglichkeit einer Reduktion von Kosten- und Zeitbelastungen („Substitutions-Hypothese")

> Anstoß bzw. Verursachung von zusätzlichen Wegen und vor allem Wegen über größere Entfernungen durch IKT-gestützte Kontakte zu Menschen, Organisationen, Einrichtungen und Orten in großer Entfernung („Induktions-Hypothese")

> Umstrukturierung des Mobilitätsverhaltens mit Substitutions- und Induktionseffekten bei annähender Konstanz des Wege- und Zeitaufwands und Wechsel der Verkehrsmittel („Modifizierungs- und Neutralitäts-Hypothese")

Dazu kann auf ausgewählte Arbeiten verwiesen werden von Lenz/Fraedrich (2015), Boesch et al. (2015), Mokhtarian (1991; 2009), Heinrichs (2015), Friedrich (2015), Wehner (2017), Konrad/Wittowsky (2016), Reutter/Wittowsky (2018). Zur Prüfung der Hypothesen bedarf es einer Erweiterung bisheriger Mobilitätserhebungen (SrV System repräsentativer Verkehrserhebungen; MiD Mobilität in Deutschland) durch Erhebung und Analyse der Ausstattung von Haushalten mit IKT-Geräten und -Diensten und deren Nutzung im Zuge von Arbeits-, Ausbildungs-, Einkaufs-, Freizeit- und Kontaktaktivitäten.

Mit diesen veränderten Optionen für Kontakte und Aktivitäten können sich auch die Attraktivität von Standorten und damit Siedlungs- und Raumordnungsmuster verändern. Insgesamt deuten sich eine Lockerung von individuellen Standortbindungen physischer Art und eine Ausdehnung von Aktionsräumen an. Raumnutzungen und Verkehrsverhalten können individuell erweitert, effizienter gestaltet und vor allem durch vorbereitende bzw. begleitende Informationsketten erleichtert werden. Unter der Annahme modaler Verlagerungen zum Umweltverbund und/oder zu umweltverträglichen Betriebsformen durch Elektro-/Hybrid-Antriebe und Mitfahr-, Pooling-/Sharing-Angebote können Beiträge zur Förderung der Umweltverträglichkeit und der Ressourcensparsamkeit von Verkehrsvorgängen geleistet werden (Reduktion von CO_2-, NOx-, Lärm-Emissionen).

Wie die Effekte von Internet-Bestellungen („Online-Handel") zeigen, können parallel kontraproduktive Wirkungen entstehen. Personenmobilität zu Einkaufsgelegenheiten – zum Teil mit Käufen mehrerer Güter („multifunktionale Einkaufswege") – wird nicht nur zunehmend ersetzt durch Paketlieferungen mit zum Teil nur einer Ware, sondern ist auch noch verbunden mit hohen „Re-

toure-Anteilen“ (bis zu 60 % in Abhängigkeit vom erworbenen Gut) und damit mit hohem Güterverkehrsaufkommen und hohen Güterverkehrsleistungen.

Erweiterte Wirkungen der automatisierten Verkehre können sich vor allem in verdichteten Räumen der Metropolen oder Großstädte – bei Vielfalt der Transport- und Vernetzungsangebote – ergeben. In dünn besiedelten ländlichen Räumen, in denen seltene Verkehrsangebote verschiedener Verkehrsträger bedarfsgerecht verknüpft werden (müssen), können durch Einsatz von IKT Transportangebote sichergestellt werden, die für die Bewohner eine Teilnahme und für Unternehmen Austauschprozesse sicherstellen. In ländlichen Räumen können digitale Angebote im Versorgungsbereich (Bestellen von Waren im Online-Handel …), im Gesundheitsbereich (Gesundheitsüberwachung, Notrufsysteme, Bestellung/Lieferung von Medikamenten …) oder im Bildungsbereich (Tele-Learning, Online-Übertragung von Lehrveranstaltungen …) ganzheitlich Lebensqualitäten sicherstellen oder verbessern. Diese digitalen Dienste und Leistungen können zumeist sehr viel kurzfristiger und schneller angepasst werden als bauliche Anlagen der Infrastrukturen und der Fahrzeugbereitstellung.

So wird der Online-Handel dramatisch wachsen mit reduzierten Bedarfsfahrten, aber steigenden Lieferfahrten und einhergehen mit Leerstand und Aufgabe von Geschäften (vgl. auch Osterhage in diesem Heft).

Datenschutz und Datensicherheit

Mit der Nutzung von Internet-Optionen zum Kauf und/oder zur Information wie auch mit dem Einsatz von Apps zur Organisation von Verkehrsvorgängen (Verbindungs-Apps, Car-Sharing-Apps, Einkaufs-Apps …) wird häufig durch den Nutzer die Bereitschaft erklärt, die Buchungen o. Ä. auswerten zu lassen, sodass Käufer- und Kunden-Profile erstellt werden können. Dies bedeutet, dass Handlungen/Bedürfnisse/Präferenzen von Käufern und Kunden „transparent“ werden und auch für andere Leistungen „adressiert“ werden können. Außerdem können Profile der Verkehrsabläufe, Wege, Aktionsräume – möglicherweise auch Orte und Arten der Aktivitäten – erstellt werden. Hier besteht die Gefahr einer Fehlnutzung.

Die Gewinnung und Verwertung von Daten und Informationen sowie deren Speicherung (Big Data, Crowd Sourcing, Clouds …) eröffnet Optionen für neue Dienste, für innovative Produkte. So wird die Art des Unterwegsseins ebenso beeinflusst wie die Erreichbarkeiten und die zeitlichen Bindungen für Aktivitäten. Systemgrenzen der Verkehrsmittel – öffentlicher Verkehr und Individualverkehr, nichtmotorisierter Individualverkehr – werden permeabel bzw. vernetzt. Es entsteht ein Interesse an einem zunehmenden Austausch personenbezogener Daten, der Daten privater und der Daten öffentlicher Dienste. So stellt die Bundesanstalt für Straßenwesen BAST einen „Marktplatz für Verkehrsdaten MDV“ bereit. Gerade öffentliche Träger stehen der Bereitstellung von Daten – z. B. Verkehrszählungen, Daten von Signalanlagen und Verkehrszuständen, Mobilitätsdaten – jedoch skeptisch gegenüber, insbesondere wenn Private/Kommerzielle diese Daten zu Diensten „veredeln“ und nur gegen Entgelte den Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stellen.

Die Verstärkung der Prozesse elektronischer Steuerung und Information ermöglicht vermehrte Eingriffe (durch „Hacker“) in diese Vorgänge. Begründete Bedenken bestehen derzeit beispielsweise beim verstärkten Einsatz von „automatisierten Fahrzeugen“, sodass Anforderungen des Datenschutzes und der Datensicherheit zunehmen (vgl. Rannenberg 2015; Beirat für Raumentwicklung 2017). Dies gilt insbesondere für Anbieter von Informationsdiensten (z. B. Google, Apple) und von Mobilitätsdiensten (z. B. Uber, Flinck). Zur Gewährleistung der Datensicherheit – z. B. gegen „Hacken“ von Informationen und Transportsteuerungen – wie auch des individuellen Datenschutzes sind Anstrengungen auf unterschiedlichsten Ebenen erforderlich.

Fazit: Chancen und Risiken, neue Treiber von Innovationen

Die Erweiterung des „intelligenten“ und „vernetzten“ Einsatzes von IKT im Verkehrsbereich, d. h. die Verschmelzung von physischer und virtueller Mobilität, wird in den nächsten Jahren weiter stark zunehmen und kann – bei entsprechenden flankierenden Rahmenbedingungen im Raumordnungs- und Städtebaurecht, Verkehrswege- und Verkehrsrecht, im Recht der Verkehrsfinanzierung, aber auch im Umweltrecht – wichtige Beiträge leisten zur Effizienzsteigerung des Verkehrs, zur Erweiterung der Transportoptionen und zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit und Ressourcensparsamkeit des Verkehrs.

„Smarte Mobilität der Zukunft“ wird vermehrt informierend (über Mobilitätsoptionen und -angebote, Verkehrszustände, Verkehrswirkungen), intelligent und vernetzt erfolgen. Ihre Chancen liegen in verbesserter Zuverlässigkeit der Verkehrsangebote durch geringere Störanfälligkeit, im Ersatz eines Ausbaus von Infrastrukturen durch intelligentes Nutzungsmanagement (mit den entsprechenden freiwerdenden finanziellen Kapazitäten) sowie in einer verbesserten Umfeld- und Umweltverträglichkeit.

Die technologischen Entwicklungen zum (teil-)automatisierten oder sogar autonomen Fahren werden sich allenfalls mittelfristig, wohl eher langfristig durchsetzen. Der zukünftige Einsatz bedarf einer Einbindung in integrierte Gesamtverkehrskonzepte und der Vermeidung kontraproduktiver Effekte wie Rückverlagerungen vom „Umweltverbund“ auf den motorisierten Straßenverkehr oder Segmentierung von Straßenräumen durch bauliche Abgrenzung der Fahrstreifen (vgl. Beckmann 2019). Die erwarteten Vorteile bzw. Chancen wie Verbesserung der Verkehrssicherheit, Reduktion von Stellplätzen/Parkplatzbedarf, Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Verkehrsanlagen, Bequemlichkeit der Nutzung etc. müssen gegen die potenziellen Nachteile abgewogen werden. Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge wird sich vor allem auf monofunktionalen Verkehrswegen (z. B. Autobahnen, Fern- und Hochgeschwindigkeitsstrecken der Züge) und in Metropolregio-

nen durchsetzen. Er entfaltet aber auch Potenziale in ländlichen, dünn besiedelten Räumen, indem autonome Pkw das ÖPNV-Angebot ergänzen. Folge könnte jedoch möglicherweise eine unerwünschte Verstärkung suburbaner Siedlungsformen sein.

Erforderlich ist die Unterstützung aller erwünschten Wirkungen und eine frühzeitige Identifizierung und Vermeidung (potenzieller) unerwünschter Wirkungen, um die Chancen für eine Mobilitäts- und Verkehrswende zu nutzen. Dazu müssen die Ziele einer Verbesserung der Stadt- und Stadtraumqualitäten im Vordergrund stehen.

Literatur

acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2015): Neue autoMobilität – automatisierter Straßenverkehr der Zukunft. München.

Beckmann, Klaus J. (2019): Automatisierter Verkehr und Einsatz autonomer Fahrzeuge – (mögliche) Folgen für die Raum- und Verkehrsentwicklung. In: Albrecht, J.; Holz-Rau, C.; Hülz, M; Reutter, U. (Hrsg.): Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels. Hannover. = Forschungsberichte der ARL. Im Erscheinen.

Beckmann, Klaus J.; Sammer, Gerd (2016): Autonomes Fahren im Stadt- und Regionalverkehr – Memorandum für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung aus der integrierten Sicht der Verkehrswissenschaft. Berlin/Wien.

Beirat für Raumentwicklung beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): Empfehlung des Beirats für Raumentwicklung: Smart Cities und Smart Regions für eine nachhaltige Raumentwicklung. 18. Legislaturperiode. Berlin.

Boesch, Patrick; Ciari, Francisco; Axhausen, Kay W. (2015): Regional Autonomous Vehicle Fleet Sizes to Serve Different Levels of Demand. Zürich.

Friedrich, Bernhard (2015): Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge. In: Maurer, M.; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Heidelberg/New York, 331-350.

Heinrichs, Dirk (2015): Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Maurer, M.; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Heidelberg/New York, 219-239.

Konrad, Kathrin; Wittowsky, Dirk (2016): Digital Natives mobil. Die virtuelle und räumliche Mobilität junger Menschen. Internationales Verkehrswesen 68 (1), 56-58.

Lenz, Barbara; Fraedrich, Eva (2015): Vom (Mit-)Fahren: autonomes Fahren und Autonutzung. In: Maurer, M.; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Heidelberg/New York, 687-708.

Maurer, Markus; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.) (2015): Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Heidelberg/New York.

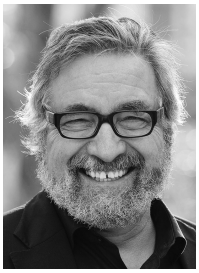
Mokhtarian, Patricia (1991): Telecommunication and travel. State of the practice, state of the art. In: Transportation 18, 319-342.

Mokhtarian, Patricia (2009): If telecommunication is such a good substitute for travel, why does congestion continues to go worse? The International Journal of Transport Research 1, 1-1.

Rannenberg, Kai (2015): Erhebung und Nutzbarmachung zusätzlicher Daten – Möglichkeiten und Risiken: In: Maurer, M.; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Heidelberg/New York, 515-538

Reutter, Ulrike; Wittowsky, Dirk (2019): Technologische Neuerungen und mögliche Folgen für Raum und Verkehr. In: Albrecht, J.; Holz-Rau, C.; Hülz, M; Reutter, U. (Hrsg.): Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels. = Forschungsberichte der ARL. Im Erscheinen.

Wehner, Peter (2017): Autonomes Fahren – Auswirkungen auf Verkehrs-, Stadt- und Infrastrukturentwicklung. Masterarbeit Bergische Universität Wuppertal.



UNIV.-PROF. DR.-ING. KLAUS J. BECKMANN
führt das Büro „KJB.Kom Prof. Dr. Klaus J. Beckmann – Kommunalforschung, Beratung, Moderation und Kommunikation“, war wissenschaftlicher und kaufmännischer Geschäftsführer des Deutschen Instituts für Urbanistik (Difu, 2006 – 2013) und Präsident sowie Vizepräsident der ARL. Zurzeit verfolgt er insbesondere die Themen Wohnungspolitik sowie Mobilitätswende in Städten.

Tel. +49 1577 7016079
kjbeckmann.kjb@gmail.com