



Klaus J. Beckmann

# Mobilitäts- und Verkehrswende

## Technikinnovationen als (trügerische) Hoffnung?!

Eine Mobilitäts- und Verkehrswende wird vermehrt in fachpolitischen Programmen postuliert – zumeist ohne Begriffsklärungen, aber überwiegend mit positiven Konnotationen als nachhaltige Mobilitäts- und Verkehrsentwicklung. Derzeit dominieren in diesem Zusammenhang vor allem Ziele des Klimaschutzes und der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen – allerdings weitgehend ohne die erforderlichen gesamthaften Wirkungsanalysen und Wirkungsabwägungen. So unterbleiben zumeist Gesamtbilanzierungen der Herstellungs-, Betriebs- und Verwertungsprozesse der Elektromotoren und Batterien. Es fehlen Betrachtungen von Gewinnung, Transport und Verwertung von Rohstoffen (z. B. Lithium aus Chile, Bolivien und Peru) oder der Nutzung von Wasserressourcen. Dies gilt auch für die Bereitstellung von öffentlichen („Schnell-“)Ladestationen und deren Einbindung in Mittelspannungsnetze der Städte. Auch der Ausbau regenerativer Energieerzeugung aus Windkraft und Sonnenenergie sowie der Energieumwandlung, -speicherung und -verteilung (Fernnetze, Vernetzung, dezentrale Netze und Speicher) muss zwingend in die Betrachtung aufgenommen werden.

### Mobilitäts- und Verkehrswende: Erfordernis, aber bislang noch unklare Strategie

Die Mobilitäts- und die Verkehrswende müssen sich auf die Gesamtheit der Wirkungsaspekte und Handlungsansätze beziehen (vgl. Reutter/Wittowsky 2020 sowie Abb. 1 u. Tab. 1) – insbesondere:

- Fahrzeugantriebe (elektrisch, hybrid, Wasserstoff, Brennstoffzelle ...),
- Fahrzeugtypen, -größe und -gewicht,
- Fahrzeugbesitz, -nutzung und -besetzung,
- Mobilitätsverhalten hinsichtlich alltäglicher Wegeanzahl, Wegweiten und Verkehrsmiteinsatz,

- Fahrverhalten hinsichtlich Beschleunigung und Geschwindigkeiten und
- Steuerung von Verkehrsfluss und/oder Parksuchvorgängen.

Mobilitäts- und Verkehrswende können bedeuten:

- weniger Ortsveränderungen im Personen-, Wirtschafts- und Güterverkehr durch verkehrsvermeidende oder verkehrsaufwandsmindernde Standortwahlen und vermehrten Einsatz virtueller Kontakte (Homeoffice, Homeschooling, Onlineshopping ...),
- kürzere Weglängen und weniger Wegaufwände,
- vermehrte gemeinschaftliche Nutzung von Fahrzeugen,

Technische Innovationen	Erwünschte Wirkungen	Kontraproduktive Effekte
<b>Antriebe</b> (Elektro, Wasserstoff, Brennstoffzelle ...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissionsreduktion</li> <li>• Steigerung Energieeffizienz</li> <li>• Klimaverträglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrverkehr</li> <li>• Rückverlagerung vom Umweltverbund</li> </ul>
<b>Fahrzeuge</b> (mit Automatisierung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abnahme Fahrzeuggröße</li> <li>• Erhöhung Energieeffizienz</li> <li>• verbesserte Flächeneffizienz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunahme Fahrzeuganzahl</li> <li>• Erweiterung Nutzerkreise</li> <li>• Rückverlagerung vom Umweltverbund</li> </ul>
<b>Verkehrsinfrastrukturen/-netze</b> (Vernetzung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rückbau/Umbau/Bau/Ausbau</li> <li>• Ausbau „Mobilitätspunkte“</li> <li>• Ausbau ÖPNV, NMIV</li> <li>• Bevorrechtigungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächenbeanspruchungen</li> <li>• Trennwirkungen/Zerschneidung</li> </ul>
<b>Digitale Netze/Dienste/Steuerung</b> (Digitalisierung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung von IuK-Netzen</li> <li>• Navigation, Routenmanagement ...</li> <li>• Verkehrssteuerung</li> <li>• Verkehrsüberwachung, -regelungen</li> <li>• Effizienzsteigerung der Nutzung von Anlagen</li> <li>• Stärkung „integrierter Dienste“</li> <li>• (Mobilität, Energie ...)</li> <li>• Informationsbereitstellung</li> <li>• Stärkung inter-/multimodaler Nutzung</li> <li>• Verlagerung auf virtuellen Verkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrverkehre</li> <li>• Rückverlagerungen vom Umweltverbund</li> <li>• Vergrößerung Nutzerkreis</li> </ul>
<b>Mobilitätsverhalten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung Mobilität</li> <li>• Stärkung „virtueller Mobilität“</li> <li>• Stärkung Inter-/Multimodalität</li> </ul>	

Tab 1: Technische Innovationen – Wirkungsaspekte

- höhere Anteile des Umweltverbundes (öffentlicher Personennahverkehr, Fahrrad- und Fußgängerverkehr ...) und
- effizientere Fahrzeugauslastungen durch Mitfahrrnutzung (Pooling, Sharing, Ladungsmanagement ...).

Mobilitäts- und Verkehrswende gehen somit notwendigerweise zusammen mit einer

- Stärkung des Umweltverbundes,
- Erweiterung von Mobilitätsdiensten,
- Förderung von postfossilem, intelligentem und vernetztem Verkehr,
- Anpassung von Siedlungs-/Standortmustern mit Verkehrsinfrastrukturen sowie Verkehrsangeboten (Standortwahl in Zentren und an leistungsfähigen Verkehrsachsen) und
- Stärkung des Einsatzes „digitaler Kontakte“ („virtuelle Mobilität“).

Erwartete Wirkungen beziehen sich aber auch auf Reduktionen von

- Flächenbeanspruchungen durch Verkehrsanlagen,
- Unfällen und Konflikten im Verkehr,
- Lärmemissionen/-immissionen,
- Schadstoff- und Schadgasimmissionen.

Derartige gesamthafte Handlungsansätze wie Analysen der Wirkungen fehlen bisher – trotz aller Anstrengungen – beispielsweise auch in der Nationalen Plattform „Zukunft der Mobilität“.

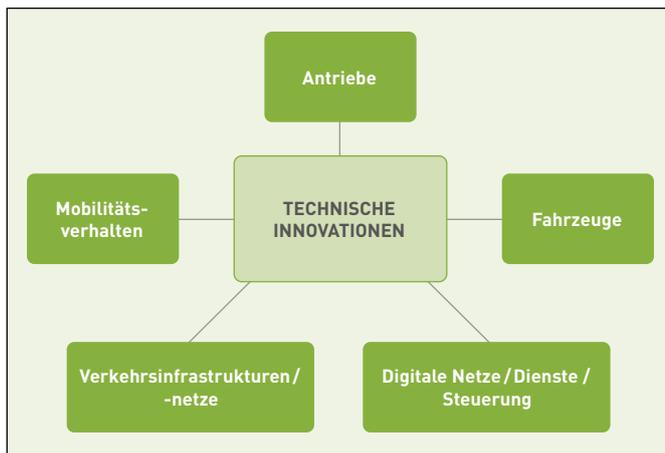


Abb. 1: Technische Innovationen – Wirkungsaspekte

## Welche technischen Innovationen sind für eine Mobilitäts- und Verkehrswende relevant?

Technische Innovationen sind mit vielfältigen Hoffnungen hinsichtlich des Abbaus unerwünschter Wirkungen des Verkehrs verbunden, vor allem mit

- Innovationen der Fahrzeugantriebe im Personen-, Wirtschafts- und Güterverkehr (elektrische, hybride, wasserstoffbasierte Antriebe ...) und Fahrzeugen,

- Digitalisierung und Automatisierung der monomodalen wie der intermodalen Verkehrssysteme/-angebote und deren Verknüpfungen,

- informationsgestützter Verknüpfung von Mobilitätsdiensten („Mobility as a Service MaaS“) und

- Digitalisierung von Alltagsaktivitäten und deren Vernetzung durch leistungsfähige Kommunikationsnetze.

Einzelelemente der technischen Innovationen sind bereits umgesetzt, jedoch kaum im Sinne einer umfassenden Mobilitäts- und Verkehrswende. Dies gilt für Angebote der Telematik – als Verknüpfung von Telekommunikation und Informatik –, die vor allem der Verkehrssteuerung/-lenkung dienen sollten zur Verbesserung der Abläufe, Leistungsfähigkeiten und Effizienz vor allem im motorisierten Straßenverkehr. Damit sind jedoch Gefahren verbunden, z. B., dass Verkehre vom Umweltverbund auf den motorisierten Straßenverkehr (rück)verlagert werden (Reboundeffekt). Wichtige Teilelemente der Digitalisierung von Fahrzeugen, Straßennetzen usw. sind Assistenz- und Navigationssysteme (ABS, ESP; Assistenten für Spurhaltung, Abstandshaltung, Einparken, verkehrsbelastungsabhängiges Routing ...). Inzwischen haben Smartphones Teilfunktionen im Sinne von „individualisierten Mobilitätszentralen“ übernommen mit Informationsbereitstellung zu Angeboten und Verkehrssituationen, Buchung und Abrechnung von Diensten usw.

Technische Innovationen sind gleichermaßen als Voraussetzungen sowie als Konsequenzen mit Verhaltensänderungen verbunden, die sowohl Fahrzeugbesitz und -nutzung als auch virtuelle Kontakte (Telefon-/Videogespräche, Videokonferenzen, Homeoffice, Onlineshopping ...) betreffen. Mittel- und langfristig können sich auch veränderte Attraktivitäten und Erreichbarkeiten von Standorten als Wohnorte, als Orte der Arbeit oder der Ausbildung, insbesondere auch als Orte der Versorgung, des Einkaufs, der Freizeit, der Kultur u. ä. ergeben.

Technikinnovationen wie auch damit im Zusammenhang stehende Verhaltensänderungen können sektoral sehr positive Wirkungen haben, gleichzeitig aber mit massiven Nebenwirkungen verbunden sein. Soll tatsächlich eine Wirkungswende im Bereich Mobilität und Verkehr erreicht werden, so muss bei allen Ursachenbereichen des Verkehrs wie Teilhabe/Teilnahme der Menschen an gesellschaftlichen Prozessen, wirtschaftlichen Austauschprozessen (Produktion, Handel, Konsum), Arbeitsteilung, Raumstrukturen und Standortmuster (z. B. Zentren, zentrale Orte, Großeinrichtungen ...) angesetzt werden. Dies sind notwendige Bausteine für stärker auf den Umweltverbund orientierte Mobilitäts- und Verkehrskonzepte, die Voraussetzungen bzw. Ansätze einer Verkehrswende mit Energiewende und Klimaschutzwirkungen darstellen.



Zur Stützung und Anpassung bedürfen diese Angebotskonzepte:

- geeignete Rahmenbedingungen im Verkehrswege- und Verkehrsrecht, auch im Raumordnungs- und Bauplanungsrecht, im Wohnungseigentumsrecht, im Finanzierungs- und Förderrecht usw.,
- Kostenanlastungen und -strukturen im Bereich der Nutzung von Verkehrsinfrastrukturen (Wege, Fahrzeuge, Umsteigepunkte, Parkplätze ...; Autobahn- oder City-maut, aber auch Förderstrategien, z. B. im Regionalisierungs- oder Gemeindeverkehrsfinanzierungsrecht).

Auch wenn spürbare Effekte erst langfristig möglich erscheinen, ist eine Orientierung auf verkehrssparsame, energiesparsame und (Stadt-)Raumqualitäten sichernde Raumstrukturen und Standortmuster zwingend erforderlich – wie Siedlungen an leistungsstarken ÖV-Achsen des Schienen- und Busverkehrs, an Hauptachsen des Fahrradverkehrs („Fahrradautobahnen“). Eine derartige Orientierung erfordert auch eine Förderung und Entwicklung von

- stadtverträglichen Dichtemustern („Kompaktheit“, „Dichte“, axial-zentrale Siedlungsmuster ...),
- Mischung von Funktionen und Nutzungsarten.

### **Der Glaube an (eine ausschließliche Wirksamkeit von) technischen Innovationen**

Technische Innovationen erweitern und verändern die Handlungsoptionen der Verkehrsteilnehmer sowie der Anbieter von Verkehrsleistungen und Betreibern von Verkehrsinfrastrukturen (Aufgabenträger, Baulastträger ...). Sie sind aber häufig gleichzeitig mit nicht reflektierten (Neben-)Wirkungen verbunden. So berücksichtigt die Förderung batterie-elektrisch und hybrid-angetriebener Fahrzeuge oft nicht (hinreichend), dass bei kontraproduktiven Rahmenbedingungen – wie erhöhtes Fahrzeuggewicht neuer Fahrzeugangebote (z. B. SUV) – unerwünschte (Neben-)Wirkungen, wie Reifenabrieb und/oder Abrieb von Fahrbahnoberflächen mit (starkem) Anstieg von Partikelemissionen, zur Folge haben kann, die Gesundheitsschäden bewirken können (vgl. Beckmann/Holzzapfel/Sammer 2018).

So ist auch der in fernerer Zukunft mögliche verbreitete Einsatz vollständig automatisierter („autonom“) Fahrzeuge (vgl. Beckmann 2020, Beckmann/Sammer u.a. 2016, Dangschat 2017) bei unzureichender Gewährleistung notwendiger Rahmenbedingungen möglicherweise verbunden mit zunehmenden Fahrzeuggrößen und Fahrzeuggewichten, erhöhtem Beschleunigungsvermögen und damit einhergehenden Zunahmen des Energieverbrauchs im Betrieb. Auch steigende Emissionen (CO<sub>2</sub>, Partikel aus Antrieben, Reifen- und Fahrbahnabrieb) und unerwünschte Rückverlagerungen vom stadtverträglichen Umweltverbund (schiene- und/oder straßengebundenem ÖPNV, Fahrradverkehr, Fußgängerver-

kehr) auf den motorisierten Straßenverkehr sind möglich, weil die Nutzerkreise vergrößert werden können – z. B. auf Personen und Altersgruppen ohne Führerschein. Gleichzeitig können Wege/Fahrten attraktiver werden durch Möglichkeiten zu parallelen Aktivitäten während der Lenkung von Fahrzeugen: Telefonieren, Lesen, Vorbereiten von Folgeaktivitäten, Essen und Trinken, Besprechungen etc.

### **Wirkungsanalysen im Systemzusammenhang als notwendige Grundlage einer Mobilitäts- und Verkehrswende durch/mit Technikinnovationen**

Gefahren trügerischer Hoffnungen auf gewünschte Wirkungen sind bei singulären Handlungsansätzen nur schwer auszuschließen. Erfolgreich kann dies nur gelingen, wenn die Wirkungen der Maßnahmen im gesamthaften Systemzusammenhang analysiert werden. Dazu reicht eine Betrachtung der erfolgreichen Umsetzung der Maßnahmen („Input“) sowie des unmittelbaren „Outputs“, d. h. der unmittelbaren Wirkungen nicht aus. Vielmehr müssen auch Folgewirkungen („Outcome“) und Langfristwirkungen – auch in sektoral verknüpften Wirkungsbereichen („Impact“) – ermittelt und abgewogen werden. Betrachtet werden demnach Kurz-, Mittel- und Langfristwirkungen ebenso wie die Wirkungen auf gesellschaftliche Kontakt-/Austauschprozesse, Arbeits- und Wirtschaftsprozesse, Umweltqualitäten und Siedlungsmuster.



Abb. 2: Elektrisches Wartungsfahrzeug für E-Roller in Berlin (Foto: Jost)

Diese gesamthaften Wirkungsanalysen müssen weitestgehend alle Nachhaltigkeitsdimensionen von sozialen, ökonomischen, ökologischen, kulturellen sowie gesundheitlichen Wirkungen umfassen, gleichzeitig aber auch Anpassungsfähigkeiten („Resilienz“) sowie Wirkungen auf Nachfolgegenerationen klären.

Zur Stützung der Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen bedarf es einer Flankierung durch Handlungscluster umfassender Angebotskonzepte zu Infrastrukturen, Betriebsformen, -regelungen und -diensten mit begleitenden Informationsketten (z. B. Apps), aber auch durch Handlungscluster zur

Initiierung von Verhaltensänderungen durch Information, Beratung, Anreize, Regelungen, also des Gesamtzusammenhangs von „engineering“ (Fahrzeuge; Bau und Steuerung von Anlagen), „education“ (Ausbildung, Erziehung, Aufklärung), „economy“ (wirtschaftliche Anreize) und „enforcement“ (Rechtsetzung und -umsetzung, Kontrolle sowie Sanktionierung von Verstößen).

Auch wenn spürbare Effekte oft erst langfristig möglich erscheinen, ist eine Ausrichtung der Stadt(entwicklungs) politik auf verkehrsvermeidende, verkehrsaufwandsmindernde, aber auch energiesparsame (Stadt-)Raumstrukturen vorzunehmen. Die notwendigen Systembetrachtungen erfolgen häufig gar nicht oder keineswegs umfassend. Im Zusammenhang der Elektromobilität sind wesentliche Rahmenbedingungen über lange Jahre nicht betrachtet worden – wie der Einbezug von Bussen, Fahrrädern, Lieferfahrzeugen oder die Anpassung der dezentralen Versorgungsnetze für Strom, die Anpassung der regenerativen Stromerzeugung, Stromspeicherung sowie der großräumigen Stromnetze („Überlandleitungen“). Im Rahmen der Forcierung der Automatisierung individueller Fahrzeuge bleiben stadträumliche oder verkehrsrechtliche Maßnahmen bislang auch unzureichend berücksichtigt.

### **Fazit: Erfordernis vernetzter und integrierter Handlungsfelder sowie geeigneter Prozessgestaltungen**

Unter dem Ziel einer sozialen, ökologischen, ökonomischen, aber auch gesundheitlichen und baukulturellen Verantwortung müssen Handlungsbedingungen auf internationaler, nationaler, regionaler, kommunaler und teilräumlicher Ebene für Verkehr und Mobilität abgestimmt und koordiniert erfolgen, und zwar im Sinne

- einer multimodalen Stützung des Mobilitätsverhaltens,
- intra- und intermodaler Verknüpfungen („Vernetzung“),
- einer Verknüpfung von Push- und Pull-Maßnahmen,
- einer intersektoralen Verknüpfung von Verkehrs-/Mobilitätsstrukturen mit Raumstrukturen, Energiesystemen, Klima, Flächen(kreislauf)wirtschaft,
- einer großen Offenheit für technische, soziale, rechtliche Innovationen, aber auch für Verhaltensinnovationen,
- der Nutzung der Optionen virtueller Mobilität wie Homeoffice, Homeschooling, Onlineshopping,
- einer Erprobung und Ausgestaltung von Sharingangeboten („Teilen“, „Nutzen statt Besitzen“ von Fahrzeugen, Geräten, Diensten).

Integrierte Ziel- und Handlungsfelder sind Grundlagen einer Förderung von Nachhaltigkeit und Resilienz im Verkehr. Dabei sind derzeitige Priorisierungen infrage zu stellen wie das Primat privater Kraftfahrzeuge auf/in Stadtstraßen, wie die kostenfreie Bereitstellung von Parkraum auf öffentlichen Straßen und wie Gliederungsformen der Straßenräume zu-

gunsten des motorisierten Verkehrs bei gleichzeitiger Beeinträchtigung von Aufenthaltsqualitäten (Flächen, Begrünung).

Technische Innovationen im Verkehrsbereich haben einen erheblichen Einfluss auf individuelle und gesellschaftliche Lebens- und Verhaltensoptionen. Geeignete Maßnahmen zur Umsetzung sind in intensiven gesellschaftlichen Diskursen auszuhandeln sowie frühzeitig und konsistent zu entscheiden. Dies sind zentrale Voraussetzungen eines Erfolgs der angestrebten „Großen Transformation“ der Mobilitäts-, Verkehrs- und Transportsysteme („Leitbilddialog“). Dabei gibt es kaum „Patentrezepte“, aber doch bewährte und besser geeignete Handlungsstrategien und Maßnahmen – unter konsequenter Vermeidung kontraproduktiver Wirkungen.

Technische Innovationen bieten wichtige Chancen für eine nachhaltige Mobilitäts- und Verkehrsgestaltung. So durchdringen sich physische und virtuelle Mobilität (Information mit Kommunikation) zunehmend, sodass sich Arbeits-, Ausbildungs-, Produktions-, Konsumprozesse usw. durch die Veränderung bzw. Lösung von Standortbindungen (stark) verändern können. Es bleibt allerdings ungeklärt, ob die erweiterten Optionen „virtueller Mobilität“ bezüglich des physischen Verkehrs effizienzsteigernde und verkehrsvermeidende Wirkungen oder neutrale Wirkungen oder sogar induktive Wirkungen haben. Dazu fehlen bisher ausreichende empirische Daten und Untersuchungen. Technische Innovationen allein sind aber keineswegs hinreichend. Sie benötigen vielmehr angepasste Rahmenbedingungen.



**Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann**

KJB.Kom – Kommunalforschung, Beratung, Moderation und Kommunikation, Berlin

### **Quellen:**

Beckmann, Klaus J. (2020): Automatisierter Verkehr und Einsatz autonomer Fahrzeuge – mögliche Folgen für Raum- und Verkehrsentwicklung. In: Reutter, Ulrike/Holz-Rau, Christian/Albrecht, Jana (Hrsg.): Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels. ARL-Forschungsbericht 14, Hannover, S. 244–269.

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

Dangschat, Jens (2017): Automatisierter Verkehr – was kommt da auf uns zu? In: Zeitschrift für Politikwissenschaft 27 (4), S. 498–507.

Reutter, Ulrike/Wittowsky, Dirk (2020): Technologische Neuerungen und mögliche Folgen für Raum und Verkehr, in: Reutter, Ulrike/Holz-Rau, Christian/Albrecht, Jana (Hrsg.): Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels. ARL-Forschungsbericht 14, Hannover, S. 196–218.

Beckmann, Klaus J./Holzapfel, Helmut/Working Group of German and Austrian Emeritus Transport Professors (2018): Electromobility: Will a changeover to electric-powered vehicles make transport systems environmentally friendly? In: World Transport Policy and Practice. Vol. 24.1, März 2018, S. 78–84