



Digitale Daten als  
Gegenstand eines  
transdisziplinären  
Prozesses

## Projekt DiDaT: Vulnerabilitätsraum „VR01 Mobilität“

erscheint in

Ergänzende Materialien zum **Weissbuch** VERANTWORTUNGSVOLLER UMGANG MIT DIGITALEN DATEN: ORIENTIERUNGEN EINES TRANSDISZIPLINÄREN PROZESSES

Herausgeber: Roland W. Scholz, Markus Beckedahl, Staphan Noller, Ortwin Renn

In Zusammenarbeit mit: Eike Albrecht, Dirk Marx und Magdalena Mißler-Behr

*Fazilitation: Markus Hofmann*

SIs zum Vulnerabilitätsraum «Mobilität»

1. SI1.1 Datenkultur
2. SI1.2 Ressourcen
3. SI1.3 Mobilitätsangebot
4. SI1.4 Raumwirkung
5. SI1.5 Wertschöpfung

Kontakt: Roland W. Scholz ([roland.scholz@emeritus.ethz.ch](mailto:roland.scholz@emeritus.ethz.ch)) und  
Dirk Marx ([dirk.marx@b-tu.de](mailto:dirk.marx@b-tu.de))

Potsdam/Cottbus, den 26.6.2020

# **VR01 Mobilität**

## **SI1.1 Datenkultur**

Der Umgang mit Mobilitätsdaten erfordert sozial robuste Institutionen im Sinne einer nachhaltigen Datenkultur die Erhebung, Speicherung und Verwendung von mobilitätsbezogenen Daten zwischen öffentlichen und privaten Akteuren regelt. Zur sicheren Datenkultur gehören der diskriminierungsfreier Zugang zu Mobilitätsdaten und Mobilitätsplattformen, die Einhaltung der europäischen Datenschutzrichtlinien sowie netzunabhängige Rückfallebenen zur Gewährleistung von Mobilität.

## **SI1.2 Mobilitätsangebote**

Das gesellschaftliche Ziel einer nachhaltigen Mobilitätswende durch Digitalisierung kann nur erreicht werden, wenn es gelingt innovative Mobilitätsangebote mit bestehende Systemen zu integrieren. Verfügbarkeit von Mobilitätsangeboten über Plattformen und Daten zur tatsächlichen Systemnutzung fördern effiziente Ressourcenallokation und die nahtlose intermodale Verknüpfung. Rebound-Effekte entstehen, wenn Effizienzgewinne durch Mehrverkehr kompensiert werden und Inanspruchnahme des Verkehrsraumes sich intensiviert

## **SI1.3 Raumwirkung**

Starke Wechselwirkungen zwischen digitalisierten Mobilitätssystemen und räumlichen Entwicklungen im Mikro- und Makromaßstab sind evident. Auch digitale Mobilität beansprucht physisch Raum und verändert gleichzeitig Raumwiderstand, Mobilitätsmuster und soziale Strukturen. Im Sinne einer starken nachhaltigen Entwicklung von Mobilität ist es geboten, Digitalisierung nicht primär als Technologie voranzutreiben, sondern in integrierten Planungs- und Realisierungsprozessen auf individuell-soziale und gesellschaftliche Anforderungen und die Folgen digitaler Mobilität im systemischen Zusammenhang von Raum, Umwelt und Gesellschaft einzugehen und sozial-robuste Lösungen zu präferieren

## **SI1.4 Ressourcen**

Das gesellschaftliche Ziel einer nachhaltigen Mobilitätswende durch Digitalisierung kann nur erreicht werden, wenn es gelingt innovative Mobilitätsangebote mit bestehende Systemen zu integrieren. Verfügbarkeit von Mobilitätsangeboten über Plattformen und Daten zur tatsächlichen Systemnutzung fördern effiziente Ressourcenallokation und die nahtlose intermodale Verknüpfung. Rebound-Effekte entstehen, wenn Effizienzgewinne durch Mehrverkehr kompensiert werden und Inanspruchnahme des Verkehrsraumes sich intensiviert

## **SI1.5 Wertschöpfung**

Digitalisierung der Mobilität verändert die Wertschöpfung von Herstellern, öffentlichen und privaten Mobilitätsanbietern sowie die Nutzungsmuster. Um international Wettbewerbsfähig zu bleiben sind die Akteure im europäischen Mobilitätssektor zu befähigen digitale Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu betreiben. Mobilitätsinfrastrukturen in Deutschland sind entsprechen verkehrs- und energiepolitischen Zielen up zu graden und Geschäftsprozesse digital kompatibel nachhaltig zu gestalten.

# Digitale Mobilität braucht eine sichere Datenkultur

## Digitalisation of mobility requires a sustainable data-culture

### Kurztitel

Sichere Datenkultur

### Autoren

Karl Teille, Katharina Jahn, Thomas Waschke, Christoph Wust,  
Yulika Zebuhr, Klaus Markus Hofmann

Supplementarische Information *SI (1.1)*  
zum Kapitel «Mobilität und vernetzte Räume»

Klaus Markus Hofmann (Universität Freiburg), Karl Teille (AutoUni), Thomas Thiele (Deutsche Bahn), Elke Fischer (VDV), Wolfgang Serbser (European College of Human Ecology),  
Johanna Tiffe, (Form: F), Thomas Waschke (die denkbank),  
Christoph Wust (Ford)

In: R.W. Scholz, et al. (Hrsg.) Weißbuch: Orientierungen zum verantwortungsvollen Umgang von digitalen Daten. N.N. Verlag, N.N. Ort

Daten sind ein soziales Phänomen für dessen Entstehung und Verwertung keine natürlichen Gesetzmäßigkeiten gelten. Um einen schädlichen Umgang mit Daten, die im Zusammenhang mit Mobilität von Menschen und Gütern anfallen, zu verhindern sind sozial robuste Institutionen zu entwickeln und im Sinne einer nachhaltigen und sicheren Datenkultur für alle Akteure im Rahmen der Erhebung, Speicherung und Verwendung von mobilitätsspezifischen Daten umzusetzen.

Fahrzeuge und Verkehrsinfrastruktur verwenden kontinuierlich mehr datengesteuerte Systeme. Zunehmende Rechnerleistung bei sinkenden Kosten (Moore'sches Gesetz) ermöglicht bis dato immer komplexere Elektronik, die unter Nutzung bisher nie vorhandener Datenmengen und Qualität völlig neue Anwendungen erlaubt, zunehmend automatisiert und mit Unterstützung von KI-Systemen.

Verschiedene Mobilitätskonzepte werden von Kommunen und Industrie in Projekten mit Namen wie „Autonomes Fahren“, „Grüne Mobilität“ oder „Smart City“ entwickelt und erprobt. Datengetriebene Businessmodelle im Umfeld der „Neuen Mobilität“ werden im Wettbewerb zu entscheidenden Erfolgsfaktoren. Die zentrale Frage für Nutzer und Hersteller wird eine sichere Datenkultur sein, die den Zugang zu Daten, die im Betrieb des Fahrzeugs anfallen, von den Insassen erzeugt werden oder Resultat von Interaktionen zwischen Fahrzeugen (Car2Car) oder von Fahrzeugen mit der Infrastruktur (Car2X) sind, zwischen Akteuren zukünftig ausgewogen, zuverlässig sowie markt- und rechtskonform gestaltet. Fahrzeuge kommunizieren automatisch mit z.B. Ampeln, Verkehrszeichen oder Parkplätzen. Der Schienenverkehr wechselt europaweit auf ein elektronisches Leit- und Sicherungssystem (ETCS), welches sämtliche Zugbewegungen in Echtzeit steuert. Airlines vertrauen darauf, dass der Autopilot Flugzeuge zuverlässig lenkt und sicher landet. Neben der fortgeschrittenen Digitalisierung des Vertriebs von Fahrzeugen und Mobilitätsleistungen über das Internet, gewinnt auch auf der Straße die digitale Optimierung des Betriebes für alle Mobilitätsformen an Bedeutung. Einzelne Programme können, bei aller Komplexität qualitätsgesichert von Unternehmen optimiert werden, während der Zugang zu den relevanten Daten von Verkehrsteilnehmern und mobilen Objekten stärker mit den ausgehandelten Schutz- und Zugriffsmöglichkeiten der verschiedenen Akteure sowie den Businessmodellen verbunden ist. Der Wert dieser Daten liegt zum einen in gezielter Kundenansprache und -bindung, zum anderen in verbesserten Echtzeit- und prognosebasierten Analyse und Steuerungsmöglichkeiten wie neuronale Netze. Daraus resultiert ein intensiver Wettbewerb um die Möglichkeit, mobile Daten aus den technischen Systemen, von Sensoren und letztendlich von den NutzerInnen selbst und über ihr Mobilitätsverhalten zu gewinnen und nutzen zu können für den bisher eine international verlässliche Datenkultur für einen nachhaltigen und sozial robusten Umgang mit bis dato unbekanntem digitalen Werten, Rechten und Risiken fehlt.

## Beschreibung der Unseens einer sicheren Datenkultur

Kennzeichen des Wettbewerbs von Automobilhersteller und Zulieferern, der durch zunehmende Konkurrenz von IT-Firmen und Plattformanbietern verstärkt wird (Alphabet, Apple, Tesla, UBER, Amazon), sind disruptive Innovationen, die zu erheblichen Unsicherheiten bei Herstellern, Anbietern und Nutzern von digitalen Mobilitätsleistungen führen. Die in Tabelle 1 aufgeführten Anwendungsbereiche entfalten jeder für sich und in der Kombination zukunftsweisende Formen von individuell organisiertem Transport. Mobilität, die über die Bewegung von A nach B hinausgehen und nicht länger ein eigenes Fahrzeug voraussetzt für deren Gestaltung eine verlässliche Datenkultur erst zu entwickeln ist.

Funktion/ Basistechnologie	Fahrsicherheit/ Supportsysteme	Information/ Entertainment	Steuerung/ Fahrzeugbetrieb
<b>On Board IT-Systeme</b>	Bordcomputer mit Kamera- und Assistenzsystemen, die die Fahrer z.B. mit Infrarot oder Augmented Reality unterstützen	Infotainment-Angebote mit Möglichkeit von stationären Updates der Datenbestände (Navigation, Text, Bild, Musik, Video)	Embedded Systems im Bereich Motorsteuerung, Getriebeautomatik, Sensorik, ABS, adaptives Fahrwerk, Tempomat, Airbag, ...
<b>Vernetzte Bordsysteme</b>	Assistiertes Fahren mit dynamischem Routing, mit individuellen Profilen zur Überwachung von Aufmerksamkeit und Gesundheit des Fahrers (Level 2 - 3)	Dynamische Integration von Internet und Umfelddaten, z.B. Stau- und Verkehrswarnung, Verbrauchsanzeige, Intermodaler Wechsel, Emissionsrechner etc.	Software basierte Upgrades für Motorleistung oder Fahrverhalten eines Fahrzeuges, die modular „as a Service“ gegen Entgelt bezogen werden.
<b>Netzgestützter Systembetrieb</b>	Hochautomatisiertes Fahren in dynamischen Umfeld auf Straße und Schiene (Level 4). Echtzeitübertragung vom Fahrzeug zu Infrastruktursystemen und anderen Verkehrsteilnehmern	Gamification, Angebote auch mit Augmented Reality (Apps oder in Verbindung mit Beacons) für value added Services und Unterhaltung, Mobilitätssubstitution durch virtuelle Präsenz	Autonomes Fahren im Connected Vehicle (Level 5), Digital orchestrierter Individualverkehr für motorisierte und nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmer

Tabelle 1: Vernetzung von Fahrzeugfunktion (Quelle: Eigene Darstellung)

### **Unsichtbare Systembarrieren**

Das Internet wird als „Demokratisches Werkzeug“ verstanden, welches durch seinen diskursiven Charakter politische Meinungs- und Willensbildung ermöglicht, demokratischen Diskurs verstärkt und damit demokratische Prozesse unterstützt. Dieser optimistischen Techniksicht stehen im Umfeld der digitalisierten Mobilität bei der Daten- und Systemnutzung folgende Aspekte entgegen:

- Zugang zum Netz steht nicht allen Akteuren und Verkehrsteilnehmern bzw. Partizipanten an vernetzten Räumen in gleichem Maße offen. Angebote setzen Mobilfunkversorgung und Zugang zu Endgeräten voraus, sind entgeltabhängig oder an einen Mobilitätsanbieter gekoppelt.
- Kommunikation von Verkehrsteilnehmern wird durch Systemanbieter ermöglicht oder versagt. Dieses gilt umso mehr, als den rivalen Nutzungsmöglichkeiten beschränkte Bandbreiten zur Datenübertragung gegenüberstehen.
- Heterogenität der kommerziell angebotenen Lösungen, für die es bisher keine vorgegeben Standards gibt.
- Komplexe Systeme, die mit KI-Unterstützung programmiert, getestet und überwacht werden sowie mit Machine-

Learning trainiert werden, hinsichtlich bestimmter Gruppen oder Problem einen Bias aufweisen, weil Stimuli selbst einem Bias unterliegen können.

### **Intransparente Datengenerierung, Rechte für Datenzugang und -Nutzung**

Kein Computer Programm ist ethisch neutral, da bei jeder moralischen Bewertung potentielle Einsatzmöglichkeiten der Gesamtsysteme mitbetrachtet werden müssen. Dieses Grunddilemma kann auf Daten, genauer, zukünftige Datensammlungen im Verkehrssektor übertragen werden.

Verschiedene Arten von Mobilitätsdaten müssen in der Governance nach differenzierten Regeln behandelt werden.

1. Anonymisierte Daten, von mobilen Objekten (Fahrzeuge, Drohnen, Anlagen u.a.)
2. Anonymisierte Daten, die sich auf öffentlich zugängliche Räume beziehen (Smart City, Verkehrsfluss, Infrastruktur u.a.)
3. Daten, im Kontext mit Menschen erhoben werden und die Rückschlüsse auf einzelne Personen zulassen.

Für personenbezogene Mobilitätsdaten kommt ein entscheidendes Merkmal hinzu.

Daten, die im Kontext von Mobilität erhoben, gespeichert und weiterverwendet werden, sind inhärent mit der Identität der Person verbunden. Datenschutzrechtlich sind verschiedene Kategorien zu unterscheiden:

- a. Daten, die nur indirekt mit Personen in Beziehung stehen
- b. Daten, die in Beziehung mit klar umrissenen Gruppen stehen
- c. Daten, die von einem oder sehr wenigen Individuen stammen
- d. Daten, die unauflöslich mit einer Person verbunden sind

Kritikalität im Hinblick auf Datenschutz nimmt mit der Nähe zur Identität einer konkreten Person zu. Unter Punkt d. werden zumeist biologische oder medizinische Daten betrachtet, die einem Individuum zumindest für einen längeren Zeitraum inhärent eigen sind und nicht veränderbar sind. Fakt ist, dass Fahrzeuge zunehmend auch biometrische Daten von FahrerInnen erfassen und weiterleiten können. Daten, die nach DSGVO<sup>1</sup> eines besonderen Schutzes bedürfen sind: Fingerabdruck, Netzhautmuster, Bedien- und Reaktionsverhalten,

chronische Krankheiten, körperliche Merkmale. Aber auch juristische Daten wie Name oder Adresse gehören zu einer neu auszuhandelnden Privatsphäre. Jede Form von personenbezogenen Mobilitätsdaten ist als besonders schützenswert zu betrachten.

Im Rahmen einer sicheren Datenkultur sind Institutionen für den Umgang mit personenbezogenen Daten verlässlich zu gestalten, egal ob diese vom Staat oder aus der Privatwirtschaft im Mobilitätssektor erhoben, verarbeitet und gespeichert werden. Maßgeblich ist dafür auch die Organisation der Speicherung. Zentralistische Serverstrukturen oder eine dezentrale, individualisierte Speicherung sind diskurspflichtige technische Speicherkonzepte.

### **Digitale Black-Box und Monopole ermöglichen Datenmissbrauch**

Missbrauch von Daten im Mobilitätsfeld muss ausgeschlossen werden. Auch für Mobilitätsdaten gilt die Forschererfahrung, dass Menschen grundsätzlich das tun, was technisch machbar ist. Um den technisch unbegrenzten Missbrauchsmöglichkeiten Grenzen zu setzen sind Rechte und Pflicht-

---

<sup>1</sup> Art. 9

ten für Mobilitätsakteure dynamisch zu regeln. Inhärent für Missbrauch ist, dass er von den Missbrauchenden nicht als solcher benannt wird. Für Mobilität können zwei Formen von Datenmissbrauch unterschieden werden. Zum ersten kriminelle Aktivitäten, bei denen Daten legal oder illegal beschafft werden und diese über das Internet manipuliert oder missbraucht werden. Man bedenke nur, was Milliarden von SPAM-Nachrichten in digitalen Routing- oder Steuerungssystemen bewirken können. Zum zweiten sind dies Datenpools, die seitens der Privatwirtschaft, Verwaltung oder

Organen mit Sicherheitsaufgaben angelegt werden, um mit Hilfe dieser Daten legale Geschäfts- und Überwachungsprozesse zu unterstützen. Dazu zählt auch die visuelle Überwachung öffentlicher Räume. Auch bei diesen Datenpools oder Mobilitätsdatenplattformen besteht durch Monopolstellung eine Missbrauchsgefahr, besonders insofern die Nutzung über den ursprünglichen Zweck hinaus geht oder unberechtigte Dritte Datenzugang erhalten. In Folge von Missbrauch könnte auch die Freiheit von Einzelnen stark eingeschränkt oder Grundlagen des Rechtsstaats gefährdet werden.

## *Ursachen und Erklärung zur Entstehung dieses Unseens*

### **Unsichtbare Systembarrieren**

Die technischen Lösungen basieren auf kommerziellen Modellen, die zwar BenutzerInnen oder Benutzern eine höhere Verkehrssicherheit und einen höheren Komfort bei Wegfindung, Zielrichtung, Kommunikation und Infotainment bieten, deren primäres Interesse aber der Verkauf von Dienst-

leistung ist, welche letztendlich auf gesammelten und zur Verfügung gestellten Daten und den dazugehörigen Programmen basieren. Darüber hinaus basieren Bandbreiten und Rechenleistung in den peripheren Einheiten (z.B. Fahrzeugen) auf kostenintensiver Hardware und Infrastruktur<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Zu beachtende Basistechnologien und Konzepte sind IoT (Internet of Things), Cloudcomputing, Big-Data, Edge Compu-

ting, OTA (Over-the-Air Update), KI (Künstliche Intelligenz), Blockchain und Echtzeitverarbeitungs-fähigkeit.



### **Wachsender Digitaler Fußabdruck**

Mobilitätsdaten gehören zu den relevanten Datenvolumina des Digitalen Fußabdrucks. IT-Systeme in Fahrzeugen haben einen hohen Grad an Komplexität erreicht, bei deren Programme bis zu 100 Mio. Lines of Code enthalten. Die Datenmenge wird für autonome Fahren weiter ansteigen. Um ein autonom agierendes Fahrzeug sicher durch den Verkehr führen zu können, fallen bis zu 300 Gigabyte pro Fahrzeug/Stunde an. Die absehbar wesentlichen Systeme der Digitalisierung sind Bausteine des maschinellen Lernens bzw. der sog. „schwachen künstlichen Intelligenz“ und das automatisierte Internet der Dinge (Internet of Things). Während letzteres den autonomen Datenaustausch zwischen technischen Systemen ermöglicht, sind erstere in der Lage Muster zu erkennen, automatisch zu verarbeiten und aus daraus logische Sachverhalte zu erschließen. Die für digitale Mobilitätssysteme zum Einsatz kommenden Neuronale Netze basieren auf Milliarden von Datensätzen, die synchron verarbeitet werden können. Diese Daten stehen in direktem Bezug zum Mobilitätsverhalten der NutzerInnen (Trajektorien, Modalpräferenzen) und fallen damit auch unter die personenbezogene Daten. Weitere relevante Datenquellen sind die mobilen Geräte der

NutzerInnen vom Smartphone bis hin zu sonstigen Wearables.

Entscheidend ist hierbei, dass die Daten, so sie an einem Punkt zusammengeführt und verdichtet werden können, die Anonymität, die für die einzelne Quelle möglicherweise noch gegeben war, verlieren.

Andererseits basieren viele digitale Optimierungsansätze und Geschäftsmodelle gerade auf dem Erhalt und der Nutzbarmachung solcher Daten (von individualisiertem Routing, Rettungseinsätzen bis zu Werbung, Buchungs- und Bezahldiensten). Daneben steht die offene Forschungsfrage, inwiefern mobilitätsbezogene Daten pseudonymisierbar zu verarbeiten sind, aber dauerhaft de-anonymisierbar bleiben.

### **Netzwerkeffekte fördern Monopole für skalierbarer Datendienstleistungen**

In keinem Wirtschaftszweig entstehen monopolartige Strukturen so kostengünstig und schnell wie im Bereich von Dienstleistungen über das Internet, der digitalen Plattformökonomie. Da das Ausweiten der Nutzerkreise einer Plattform skaliert dort, wo die Nutzer einen Vorteil durch die Anzahl der Mit-Nutzer erreichen und die Kosten jeder Lösung in direkter Relation zur Anzahl der Nutzenden sinken. So erfahren

die Betreiber eine positive Rückkopplung (sog. Netzwerkeffekte), innerhalb kurzer Zeit entstehen so weltweite de facto-Monopole (Beispiele Kommunikationsplattformen wie Facebook, Twitter, WhatsApp). Eine höhere Zahl der Nutzer führt erstens zu höheren Einnahmen über Gebühren oder Werbung und zweites über Rückschlüsse über Interaktion von Nutzer mit Systemen, wodurch eine präzise Analyse der Benutzerwünsche und ihres zukünftigen Mobilitätsverhaltens ermöglicht wird. So können digitale Mobilitätsplattformen einfach und kontinuierlich optimiert werden. Damit werden NutzerInnen an die jeweilige Plattform gebunden und Neukunden gegenüber der Konkurrenz schneller gewonnen. (Beispiele: Google, Amazon, Apple, Microsoft, Spotify, Skype)

### **Datensammelwut, statt Vorsorgeprinzip**

Die Effizienz einer digitalen Verwaltung lässt Behörden und Organe mit Sicherheitsaufgaben massive Anstrengungen unternehmen, um Verwaltungsprozesse skalierbar zu digitalisieren und damit verbunden Datenarchive von relevanten Informationen anzulegen. Derartige Datensammlungen sind technisch möglich, weil die Technologien der Digitalisierung von

billigem Speicherplatz über schnelle mobilen Datenübertragung und leistungsfähigen Rechnern bis hin zu Auswertungsmöglichkeiten über Neuronale Netze und KI-Systeme entsprechende Lösungen anbieten. Dies alles in einem Umfeld, bei dem die Leistungsfähigkeit der Systeme exponentiell zunimmt.

Der Terminus „Bezahlen mit Daten“ ist insofern irreführend als bei herkömmlichen Währungen, der Wert und die sich damit ergebenden Möglichkeiten für alle Geschäftspartner offensichtlich sind. Der Gegenwert ist bei der digitalen de-facto Währung „Persönliche Daten“ keinesfalls nachvollziehbar und nicht immer gleichwertig, zumal sowohl Art und Qualität der individuellen Daten als auch die Dauer der Nutzung nicht transparent sind.

### **Dysfunktionaler Transfer von Rechten**

Grundlegende Werte unserer Demokratie sind die Unverletzlichkeit der Wohnung, das Postgeheimnis, die freie Wahl des Wohnorts und das Recht auf Mobilität. Will der Staat überwachend eingreifen, bedarf dies eines konkreten Anlasses und eines richterlichen Beschlusses. Diese analog entstandenen Rechte gelten selbstverständlich nicht nur in Bezug auf den Staat,

sondern noch viel mehr in Bezug auf Wirtschaftsunternehmen, die direkt oder mittelbar auf die wachsende Menge von digital verfügbaren Mobilitätsdaten zugreifen.

Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung geraten diese Grundwerte zum Schutz von Informationen über den Einzelnen zunehmend in Gefahr. Es gilt sicher zu stellen, dass die vorhandenen Rechte und Pflichten auch für die Akteure in der digitalen Mobilitätswelt ihre Gültigkeit behalten und gesetzlichen Grundlagen auch international entsprechend den neuen Möglichkeiten angepasst werden.

Eine Ursache der Erosion von analogen Rechten liegt an inhärenten Eigenschaften der Digitalisierung. Einen wesentlichen Schutz des Briefgeheimnisses bedingte der hohe Aufwand, der betrieben werden musste, um einen Brief unbemerkt zu öffnen und wieder zu versiegeln. Dagegen ist eine E-Mail für Diensteanbieter ungeschützt mit geringem Aufwand kopier- und auswertbar. Während in der analogen Welt eine natürliche Hürde ein hoher Aufwand zur Gewinnung von Informationen betrieben werden musste, gilt in der digitalen

Welt auch für Massendatenauswertung geradezu das Gegenteil. Die Nutzung digitaler Errungenschaften generiert automatisch Daten, die auch benutzerspezifisch interpretiert werden können. Dem gegenüber sind erhebliche Anstrengungen von Nöten, um den Datenschutz entsprechend der lückenhaften heutigen Gesetzeslage zu realisieren. Das sich hieraus ergebende Ungleichgewicht durch unterschiedliche Nutzung und einen Mangel der Sensibilisierung für Belange des Datenschutzes wird dramatisch zunehmen. Im internationalen Vergleich wird deutlich, dass in verschiedenen Ländern nicht nur andere Standards gelten, sondern oft auch ein grundlegend anderes gesamtgesellschaftliches Verständnis Schutzwürdigkeit von Daten und individuellen Rechten herrscht. So sind sowohl für die pragmatische Managementmentalität des „just do it“ als auch gegenüber dem totalitären Anspruch autoritärer Einparteiensysteme die freiheitlichen Institutionen der europäischen Aufklärung und die individuellen Freiheitsrechte fremd.

## *An welchen Zielen orientiert sich ein Umgang mit dem Unseen*

### **Systemzugang sicherstellen**

Von der Möglichkeit der Steigerung der Effizienz und des Komforts durch digitale Mobilitätssysteme darf grundsätzlich niemand ausgeschlossen werden. Die Mobilität des Einzelnen muss ein Grundrecht bleiben, diskriminierungsfrei zugänglich und bezahlbar. Der Schutz von Leib und Leben hat uneingeschränkte Priorität, darüber hinaus sind Persönlichkeitsrechte und Datenschutz im Sinne der DSGVO zu gewährleisten.

### **Transparente Datengenerierung**

Empfehlungsrahmen für Gesetzgebung und Industrie ermöglicht die sichere und ethisch abgesicherte Entwicklung zukünftiger datenbasierter Systeme im Mobilitätssektor bei Gewährleistung des Datenschutzes und Wahrung der Persönlichkeitsrechte. Gesellschaftliche Akzeptanz („Licence to operate“) und Vertrauen der NutzerInnen sind durch garantierte Standards und transparente Rechte für Erhebung und Verwertung von Mobilitätsdaten zu fördern.

### **Prävention von Datenmissbrauch**

Der System- und Datenzugang bei Nutzung der Mobilitätsangebote muss sicher sein. Sowohl der Datenschutz im Sinne der

DSGVO als auch Schutz vor Datenmissbrauch und die Datenintegrität sind zu gewährleisten. Basierend auf international festgelegten Standards über Nutzungsmöglichkeiten, Transparenz und Eingriffsmöglichkeiten der jeweiligen Datenschutzbehörden, sind Missbrauchsmöglichkeiten, durch robuste Institutionen, zu verhindern, aufzudecken und über nationale Grenzen hinweg zu sanktionieren (EU vs. Google).

### **Entwicklung adäquater Institutionen zur Nutzung digitale Mobilitätsdaten**

Demokratische Freiheitsrechte müssen auch in einem digital vernetzten Mobilitätssektor geschützt bleiben. Hierzu sind individuelle Rechte aus der analogen Welt in ihrem Wesenskern mutatis mutandis verbindlich für die digitale Mobilitätswelt mit multiplen Akteuren, KI-basierten Entscheidungen und international agierenden Konzernen zu adaptieren und übertragen.

Im Sinne einer universell zugänglichen Mobilität sind netzunabhängige, analoge Rückfallebenen für Datensicherheit und bei Datenverlust von öffentlichen und nicht-öffentlichen Verkehrssystemen zu definieren und zu implementieren.

## *Welche Maßnahmen sind für welche Ziele sinnvoll*

### **Absenken von Systembarrieren**

Sensibilisierung aller Akteure für Disruption und für den Einsatz neuer Technologien im Mobilitätssektor.

- Es ist sicherzustellen, dass Mobilitätssysteme und Mobilitätsdaten diskriminierungsfrei zur berechtigten Nutzung Jedermann zur Verfügung gestellt werden.
- Internationale Standards zur Sicherstellung von Transparenz bei technischen Lösungen und den zugrunde gelegten Geschäftsmodellen.
- Kompetenzvermittlung bei Bedienung, Nutzung und Aufbau der digitalen Systeme.
- Einhaltung der Datenschutzaspekte insb. im Hinblick auf die Zweckbindung im Sinne der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und darüberhinausgehend eine stetige Sicherstellung ethischer Grundprinzipien bei Erweiterung der technischen Möglichkeiten.

### **Transparente Systeme verhindern Missbrauch**

Transparenz über die Prozesse und den Datenverkehr ist systemseitig vorzusehen und gegenüber Berechtigten

offen zu legen. Modelle der Datengenerierung, der -Speicherung sowie der -Nutzung sind zu prüfen ggfs. zu simulieren, um aus gewonnenen Erkenntnissen konkrete Maßnahmen abzuleiten. Fragen der Verwertbarkeit von Daten und der Weitergabe an Dritte sind im Grundsatz festzulegen, und mit angemessener Sensibilität für jeweils konkreten Situationen bedarfsweise durch die Akteure sinngemäß zu regeln.

### **Gewährleistung von Daten- und Funktionssicherheit**

Die DSGVO, gibt den aktuellen gemeinsamen Datenschutzrahmen innerhalb der Europäischen Union vor. Ergänzt wird diese durch die so genannte JI-Richtlinie für den Datenschutz im Bereich der Justiz.

- Regelungen der DSGVO sind im Mobilitätssektor zu gewährleisten.
- Standards für (offene) Plattformen zur wirksamen Prävention von Missbrauch sind darauf basierend zu entwickeln und durchzusetzen.

- Fehlerprüfverfahren und Validierung sind zur Sicherstellung der Datenintegrität und Resilienz im notwendigen Maße vorzusehen.
- Grundsätzlich ist sicherzustellen, dass eine Mobilitätsleistung netzunabhängig erbracht werden kann, besonders im Fall technischer oder anderweitiger Systembeeinträchtigungen.
- Parallel zu digitalen Lösungen sind analoge Verfahren für Mobilitätseingeschränkte und Non-Digital-NutzerInnen zu prüfen, sicherzustellen und netzunabhängige Rückfalllösungen zu gewährleisten.

#### **Grundsätze ethischer Datengenerierung und Verwertung für Mobilität**

- Entwicklung von international gültigen Regeln Maßnahmen zur nachhaltigen

Qualitätssicherung von dezentralen und zentralen Datenquellen, -speichern, Daten und der relevanten Verfahren sowie zu Haftungsrisiken.

- Sicherstellung von Transparenz gegenüber NutzerInnen über Erfassung, Speicherung und Verarbeitung ihrer Daten in zentralen und dezentralen Systemen.
- Fortlaufende Beobachtung der De-Anonymisierbarkeit von Daten, unter Einbeziehung interdisziplinärer Experten.
- Gesellschaftliche Diskussion ethischer Aspekte, die mit der sog. Künstlicher Intelligenz aufkommen und Transfer für Daten im Mobilitätssektor.
- Praktische Hinweise zum Umgang mit dem sog. Trolley-Problem<sup>3</sup> .

---

<sup>3</sup> MIT Moral Machine Experiment 2017

## *Begründung für die Orientierung*

Erhebung, Speicherung und Verwendung von mobilitätsbezogenen Daten sowie Austausch von Mobilitätsdaten zwischen öffentlichen und privaten Akteuren erfordern sozial robuste Institutionen im Sinne einer sicheren Datenkultur, um Zweckentfremdung zu verhindern. Dazu gehören der diskriminierungsfreier Zugang zu Mobilitätsdaten und -Plattformen, die Einhaltung der europäischen Datenschutzrichtlinien und Rückfallebenen zur netzunabhängigen Gewährleistung von Mobilität.

Die Stakeholder der Mobilität sind zu bestimmen und ihre jeweiligen Rollen und Verantwortlichkeiten zu beschreiben. Hierunter fallen: Systemhersteller, Mobilitätsanbieter, Zulieferindustrie, Softwareanbieter, Infrastrukturbetreiber, Kommunen und Behörden und die Nutzer der verschiedenen Generationen (X, Y, Z, ...), im Rahmen von dezentralen organisierten digitalen Netz- bzw. Mobilitätsinfrastrukturen.

Da weder für den Einzelnen noch für Unternehmen oder Behörden offensichtlich ist, welche Daten gespeichert werden und in welcher Form sie genutzt werden, wächst ein vielfach berechtigtes Misstrauen über das, was mit diesen Daten geschieht. Nichtsdestotrotz nutzt eine Vielzahl der AnwenderInnen aus Gründen der

Bequemlichkeit und aus Mangel an Alternativen (Smartphone-Betriebssysteme) oder praktikablen Opt-Out Optionen (AGB-Dilemma) die scheinbar kostenfrei angebotenen Lösungen.

Sicherheitsstandards, die im analogen Verkehr ihre Gültigkeit haben, sind als minimale untere Schranke für Sicherheitsstandards, Datenschutz und Verwendungsmöglichkeiten der Digitalen Mobilitätssysteme zu sehen. Dort, wo eine Erprobung in Experimentierräumen unter realen Bedingungen (Reallabor) nicht möglich oder zu gefährlich ist, sind mit statistischen Verfahren und digitalen Simulationen realitätsnahe Simulationen zur Erprobungen vorzunehmen.

## Literatur zu den wesentlichen Aussagen

- Courtland, R. (2015). Gordon Moore: The man whose name means progress. Gordon Moore: The man whose name means progress. *IEEE Spectrum*, March 30, 2015.
- Scholz, R. W. (2016). Sustainable digital environments: What major challenges is humankind facing? *Sustainability*, 8(8), 726.
- Scholz, R. W., Bartelsman, E. J., Diefenbach, S., Franke, L., Grunwald, A., Helbing, D., . . . Viale Pereira, G. (2018). Unintended side effects of the digital transition: European scientists' messages from a proposition-based expert round table. *Sustainability*, 10(6), 2001; <https://doi.org/10.3390/su10062001>.
- Zhirnov, V. V., & Cavin, R. K. (2013). Future microsystems for information processing: limits and lessons from the living systems. *IEEE Journal of the Electronic Devices Society*, 1(2), 29-47. doi:10.1109/jeds.2013.2258631
- Aryaa, Vikas; Sethib, Deepa; Paul Justin: Does digital footprint act as a digital asset? – Enhancing brand experience through remarketing in *International Journal of Information Management* Volume 49, December 2019, Seiten 142-156
- Herrmann, Andreas; Brenner, Walter: Die autonome Revolution; Frankfurter Allgemeine Buch; Frankfurt am Main; 2018; Seite 18
- Moore, Gordon: Formulierte Gesetzmäßigkeit, welches eine Verdopplung der Transistordichte alle 12-24 Monate prognostiziert; vgl. <https://www.intel.de/content/www/de/de/it-managers/moores-law-evolution.html>
- Rammler, Stephan 2015: Schubumkehr – Die Zukunft der Mobilität, Fischer Taschenbuch, Frankfurt am Main, 2. Auflage
- Herrmann, Andreas, Brenner, Walter, 2018: Die autonome Revolution, Frankfurter Allgemeine Buch; Frankfurt am Main, Seite 18
- Siedschlag, Alexander, Rogg, Arne, Welzel, Carolin, 2002: Digitale Demokratie - Willensbildung und Partizipation per Internet; Springer
- Bessette, Joseph M. 1980: Deliberative Democracy - The Majority Principle in Republican Government in How democratic is the constitution?; American Enterprise Institute for Public Policy Research, ISBN 0844734004, Seiten 102-116
- Habermas, Jürgen, 1990: Strukturwandel der Öffentlichkeit - Untersuchungen zu einer Kategorie der bürgerlichen Gesellschaft; Surkamp Taschenbuch
- Verordnungen (EU) 2016/679 Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung)



Weizenbaum, Joseph, 1987: Kurs auf den Eisberg - Die Verantwortung des Einzelnen in der Diktatur der Technik, Serie Piper, 3. Auflage, 19. Tsd.

Aryaa, Vikas; Sethib, Deepa; Paul Justin, 2019: Does digital footprint act as a digital asset? – Enhancing brand experience through remarketing in International Journal of Information Management, Volume 49, Seiten 142-156

Lin-Hi, Nick, 2020: “Licence to operate” in <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/licence-operate-51612>, Springer Gabler

European Commission, 2018: A New Deal for Consumers: Commission strengthens EU consumer rights and enforcement; Presse Mitteilung vom 11. April, Brüssel

Shi-Kupfer, Kristin; Chen, George G. 2017: Massenhaft Nutzer – mangelhafter Datenschutz; Zeit – Online, 20. August; [<https://www.zeit.de/politik/ausland/2017-08/china-datenschutz-digitalisierung-gesetze>]

## Vertiefende Anmerkungen

# Erhöhter Ressourcenverbrauch durch Digitalisierung im Kontext der Mobilität im Individualverkehr

Increased consumption of natural resources from digital mobility

## Kurztitel

Ressourcenverbrauch und Digitalisierung

## AutorInnen

Liselotte Schebek, Susanne Hanesch,  
Elke Fischer, Johanna Tiffe, Christoph Wust, Klaus Markus Hofmann

Supplementarische Information *SI (1.4)*  
zum Kapitel «Mobilität und vernetzte Räume»

Klaus Markus Hofmann (Universität Freiburg), Karl Teille (AutoUni), Wolfgang Serbser (European College of Human Ecology), Liselotte Schebek (TU-Darmstadt), Johanna Tiffe, (Form: F), Thomas Waschke (die denkbank), Christoph Wust (Ford)

In: R.W. Scholz, et al. (Hrsg.) Weißbuch: Orientierungen zum verantwortungsvollen Umgang von digitalen Daten. N.N. Verlag, N.N. Ort

### **Ausgangslage: Die große digitale Transformation**

Die zunehmende Miniaturisierung, Automatisierung und Autonomisierung in den Bereichen Computertechnologie sowie digitaler Vernetzung bildet die Grundlage für den Einzug von dynamischem Energiemanagement und Algorithmerzierung in den Verkehrssektor in Form von digitaler Mobilität.

- Leistungsfähige Batterietechnik und Brennstoffzellen ermöglichen Elektromobilität
- Leistungsfähige GPS gesteuerte Sensorik und Computer ermöglichen genaue Positionierung und Steuerung als Voraussetzung für automatisiertes Fahren der Level 2/3 (Industrie 3.0)
- Hoch stabile kabellose Verbindungstechniken wie 5G mit sicheren Datenaustausch oder Techniken wie DLT (Distributed Ledger Technology, z.B. Blockchain) sind die technischen Grundlagen für Autonomes Fahren der Level 4/5. (Industrie 4.0 - Internet of Things).
- Zum voll autonomen Fahren (Level 5) ist die Anwendung von KI-Techniken zur Echtzeiterkennung und -reaktion auf unstrukturierte Verkehrssituationen unumgänglich. Hierbei werden die Techniken aus Video Sensorik sowie Hochleistungsdatenverarbeitung und Echtzeitdatenübertragung maximal gemischt und angewandt.
- Digitalisierung kann eine dynamisch optimierte Steuerung von Verkehrsflüssen ermöglichen. Hierzu werden die Daten der Fahrzeuge analysiert und bewertet werden (Big Data) und an eine digitalisierte Verkehrsinfrastruktur sowie an vernetzt fahrende Fahrzeuge übermittelt.
- Die technischen Veränderungen durch die Digitalisierung stehen in Interaktion mit der Nutzung von Fahrzeugen und dem Nutzerverhalten im Bereich Mobilität. Dies ist zu beachten im Hinblick auf mögliche Rebound-Effekte bei Effizienzgewinnen durch Digitalisierung.

Alle diese Veränderungen wirken auf den Verbrauch von Ressourcen im Lebenszyklus von Produkten für Mobilität und deren Komponenten ein. Die fokussiert untersucht Maßnahmen zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs durch Digitalisierung des Individualverkehrs.

## *Beschreibung des Unseens digitaler Mobilität und erhöhter Ressourcenverbrauch*

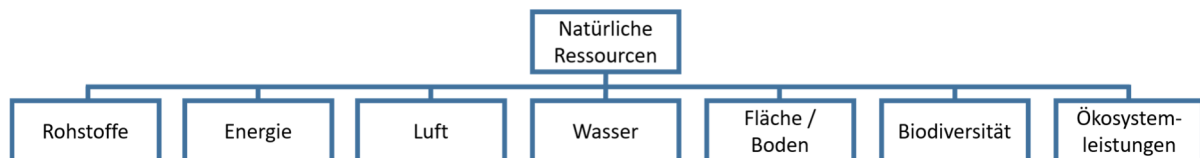
Jede Form von Mobilität verbraucht Energie und beeinträchtigt die Umwelt. Das Projekt DiDaT untersucht im Vulnerabilitätsraum Mobilität Effekte digitaler Mobilität auf Raumstrukturen und Ressourcenver-

brauch, letzteres mit Fokus auf motorisiertem Individualverkehr (MIV). Andere Formen von Mobilität durch den ÖVNP, intermodale Mobilitätskonzepte oder Substitution von Transportleistungen durch digitale Dienstleistungen (etwa Videokonferenzen)

werden in diesem Beitrag nicht weiter vertieft. Der Schwerpunkt liegt auf dem veränderten Verbrauch natürlicher Ressourcen im Individualverkehr.

Der Begriff Ressourcen wird dabei interpretiert als „natürliche Ressourcen“<sup>1</sup>, d.h. er

umfasst sowohl die Entnahme von Ressourcen, aus der Umwelt, für Mobilität primär Rohstoffen und Energie als auch die Beanspruchung der Tragfähigkeit der natürlichen Umwelt (Abb. 1) durch Emissionen, Ökosystemleistungen oder Flächenverbrauch.



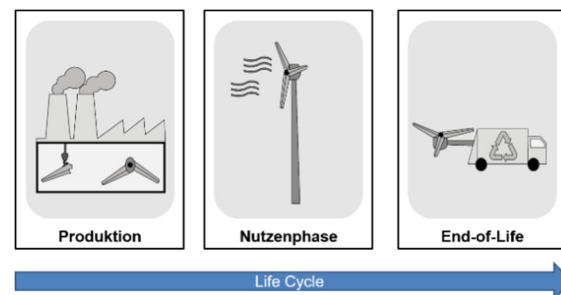
**Abbildung 1 Definition natürlicher Ressourcen**

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von (Europäische Kommission, 2005) und in Anlehnung an VDI 4800 Blatt 1, Feb. 2016: Ressourceneffizienz – Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien

Dieses Papier fokussiert auf die Umwelteffekte und Rebounds digitaler Mobilität insbesondere auf Stoffkreisläufe in folgenden Feldern:

1. Fahrzeuge (Lebenszyklus, Energie- und Schadstoffbilanz)
2. Antriebe & Energieverbrauch (Transportleistung)
3. Infrastruktur für Verkehr und mobilitätsspezifische Datenverarbeitung (Car2x, aber nicht Entertainmentfunktion etc.)
4. Mobilitätsinduzierte Emissionen CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Schall, Ruß-Nanopartikel u.a.)

5. Energieverbrauch für Datenflüsse, z.B. Apps, Datenerfassung, Verarbeitung und Übertragung.



**Abbildung 2 Lebenszyklus von Produkten**

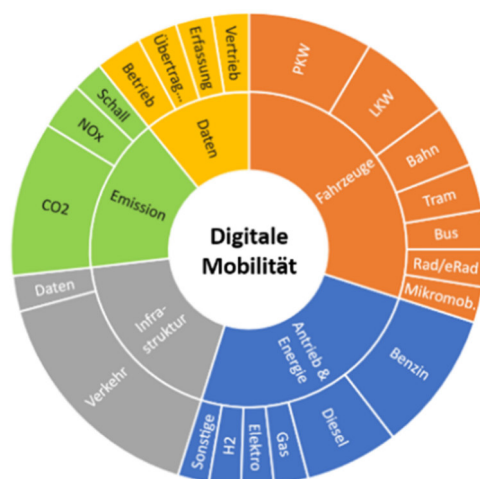
Quelle: Eigene Darstellung

Um die Umweltauswirkungen von Fahrzeugen aller Art, PKW, LKW, Bus, Schiene,

Schiffe und Flugzeuge abschätzen zu können sind die einzelnen Phasen des Lebenszyklus gegeben werden und der Zusammenhang mit den Veränderungen des Mobilitätssektors aufgezeigt werden. Bei der Produktion von Komponenten entsteht ein hoher Materialeinsatz, bei dem auch kritische Rohstoffe benötigt werden, beispielsweise seltene Erden für die Herstellung von Rechnern und Batterien in der Elektromobilität. Während der Nutzenphase haben die Komponenten einen hohen Energiebedarf und nach dem Lebensende der Produkte fallen Abfälle an, die behandelt werden müssen (vgl. Abb. 2).

Um sich mit der komplexen Materie der Ressourcenintensität digitaler Mobilität zu

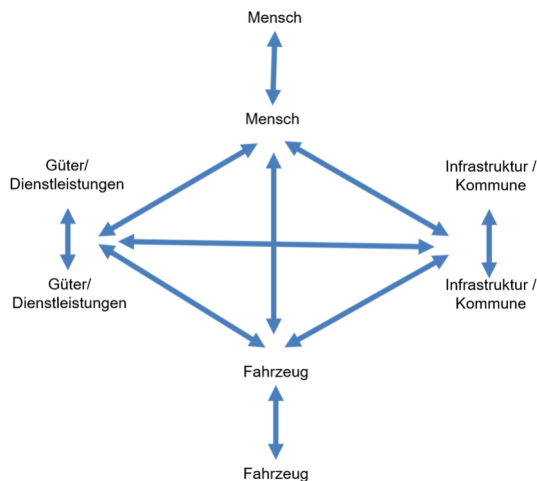
befassen, wird hier ein schematischer Überblick über den Verbrauch natürlicher Ressourcen und hieraus folgenden Umweltfolgen in den einzelnen Phasen des Lebenszyklus gegeben, die in einer Delta-Betrachtung eine grobe Quantifizierung der Umweltauswirkungen digitaler Mobilität ermöglichen (vgl. Abb. 3). Hauptfelder für Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen im Produktlebenszyklus digitaler Mobilität sind die Rohstoffe für Infrastruktur und Fahrzeugherstellung, Energiebedarf für Antrieb und Daten und letztlich die Emissionen. Im Folgenden werden Unseens für digitale Mobilitätssysteme durch primäre Eingriffe in das Mobilitätssystem sowie Rebound-Effekte exemplarisch aufgezeigt.



**Abbildung 3 Ressourcenintensität im Lebenszyklus digitaler Mobilität** (Schematische Darstellung)

Quelle: Eigene Darstellung

## Wechselwirkung von Mensch, Umwelt und digitalen Mobilitätssystemen



**Abbildung 4 Vernetzung mobiler Räume**

Quelle: Eigene Darstellung

Damit Unseens aus dem Ressourceneinsatz der Digitalisierung im Verkehrssektor detailliert betrachtet werden können, wird

zunächst ein Überblick über den Aufbau des aktuellen Systems und die Vernetzungen innerhalb des Verkehrssektors gegeben (vgl. Abb. 4). Weiterhin muss für ein digitales Fahrzeug unterschieden werden zwischen traditionellen Verbrennungsmotoren und elektrisch sowie mit erneuerbaren Treibstoffen (Gas, Biogas, Wasserstoff) betriebenen Fahrzeugen; einer Mensch oder Maschinen gesteuerten Fahrweise, mit den Mischformen des assistierten oder vernetzt autonomen Fahrens, sowie der Nutzung von digitalen Dienstleistungen während eines herkömmlichen Betriebs. Daher treten auf das Gesamtsystem bezogen verschiedene Technologiebedarfe innerhalb der Automatisierungsgrade für den Verkehrssektor mit sehr unterschiedlichen Umweltauswirkungen auf.

## *Komplementäre Unseens in der Transformation des Verkehrssektors*

### **Erhöhung der Treibhausemissionen**

Erklärtes Ziel aus Klimaschutzplan und Klimaschutzprogramm sind hohe Einsparungen von Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor (BMU, 2016 und 2019). Diese Emissionsreduktion stellt in den kommenden Jahren einen großen Treiber für die Transformation von mechanischen Antriebssystemen hin zu Low-Carbon Technologien dar. Straßenbasierte Verkehrsmittel sollen ebenso elektrifiziert werden wie Wasser, Schienen oder Luftfahrzeuge. Die Umsetzung des Ziels der Elektromobilität stellt den Verkehrs- und Energiesektor vor neue Herausforderungen. Im Falle des Mobilitätsfeldes Pkw<sup>2</sup> erwartete der NutzerInnen digitale Unterstützung bei der Planung und Umsetzung der Kraftstoffbereitstellung.

### **Deutlich steigender Energiebedarf**

Die Veränderungen hin zu elektrifiziertem und autonomen Fahren haben einen großen Digitalisierungsbedarf und damit einhergehend zusätzliche Auswirkungen auf den Energieeinsatz für die Erfüllung des Mobilitätsbedürfnisses.<sup>3</sup>

Neben der zunehmend benötigten elektrischen Antriebsenergie, deren Bereitstellung über vernetzte Ladestationen einer digitalen Administration und intelligenter Netze bedarf, wird für die Rechnerleistung an Bord und die Übertragung großer Datenmengen, einschlich der dafür benötigten Rechenzentren wesentlich mehr elektrische Energie als bisher benötigt, deren Erzeugung wiederum Ressourcen beansprucht. Durch die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung werden aus Pkw zunehmend cyber-physikalische Systeme. Der digitale Zwilling eines Pkw ist essentiell für automatisiertes und zukünftig autonom vernetztes Fahren.

### **Rebound-Effekte durch Verhaltensveränderungen**

Dort wo NutzerInnen durch digitale Mobilität Zeit und Geld sparen ist zu erwarten, dass dies zu erhöhter Nachfrage an Mobilität führt mit negativen Umweltbeeinträchtigungen durch den resultierenden Mehrverkehr als Folge<sup>4</sup>.



## *Ursachen und Erklärung zur Entstehung dieser Unseens*

### **Rohstoff- und Energieverbrauch steigen**

Der Mehraufwand an Rohstoffen und Strom bedingt eine detaillierte Betrachtung dieser notwendigen digitalen Prozesse. Mit einem digitalisierten PKW sind neue Leistungen des Fahrens, des Ladens, der Buchung und Abrechnung verbunden, bei denen zur Vernetzung von Datenübertragungsgeräten und automatischen Prozessberechnungen virtuelle IT-Plattformen benötigt werden (Doleski, 2020)<sup>5</sup>. Zusätzlich zum Bedarf von physischen Komponenten am Fahrzeug erfordert die Bereitstellung und Verwaltung des digitalen Zwillings erhebliche energetische Ressourcen. Fahrzeuginterne, autonome Computer verursachen erheblichen Energieverbrauch (Strom)<sup>6</sup>.

Durch autonomes Fahren entstehen zusätzliche passive Zeiten für VerkehrsteilnehmerInnen, die Fahrzeuginsassen mittels digitaler Medien wie Streaming Diensten oder Infotainment kompensieren<sup>7</sup>.

### **Zusammenhang zwischen Digitalisierung und physischen Verbräuchen**

Sensoren, Aktoren, eingesetzte Computer für Software, Datenspeicher im Fahrzeug,

Datenübertragungsgeräte zu zentralen Computern und zentrale Datenverarbeitung werden aus einer Vielzahl seltener und teurer Rohstoffe hergestellt. Diese Ressourcen sind schwer wiederverwendbar. Durch die rapiden Lebenszyklen in der Computerindustrie ist anzunehmen, dass gegebene zentrale Systeme eine kurze Lebensdauer haben werden.

Zusätzlich zu veraltenden Systemen entsteht durch die Integration von Hardware und Software (Embedded Systems) eine weitere Abhängigkeit hinsichtlich technischer Hardwarelebenszyklen<sup>8</sup>. Das kann im komplexen Hardware-System eines Auto zusätzliche Probleme, ergo erhöhten Ressourcenverbrauch verursachen.

### **Reboundeffekte durch Zunahme digitaler Services**

Neben dem steigenden Bedarf an Rohstoffen für die Hightech-Geräte des Verkehrssektors resultiert bereits in der Herstellungsphase ein hoher Stromverbrauch durch die teilweise sehr aufwendig produzierten Komponenten<sup>9</sup>.

Ebenfalls muss die benötigt elektrische Energie aus dem Betrieb der elektronischen Geräte berücksichtigt werden. Die elektronischen Bauteile der Datenübertragung werden zwar immer leistungsfähiger, es werden jedoch immer mehr Prozesse und Abläufe in den Verkehrsmitteln durch digitale Informationen unterstützt (Doleski, 2020)<sup>10</sup>.

Im Verkehrssektor entstehen stetig neue Einsatzfelder, beispielsweise wird durch das autonome Fahren eine automatische Unterstützung in den Bereichen Ortung, Hinderniserkennung und Problemstrategieplanung benötigt<sup>11</sup>. Zur physischen Fortbewegung muss zudem eine ausfallsichere Ansteuerung von Lenkung, Bremse und Fahrpedal im Fahrzeug erfolgen (Schiekofer, 2020)<sup>12</sup>.

### **Rebound-Effekte im Bereich des mobilen Nutzerverhaltens**

Beispiele anderer Branchen belegen, dass NutzerInnen, die durch eine neue Technik Zeit und Geld sparen, die Einsparung in Mehrverbrauch von dem gleichen Gut oder anderen Gütern verwenden. Ebenso warnen Forscher davor, dass autonome Fahrzeugflotten im Dauerbetrieb zwar einerseits keine Parkplätze mehr beanspruchen, aber

andererseits Leerfahrten und Mehrverkehr erzeugen, einfach weil es möglich ist<sup>13</sup>. So entstehen neben den verhaltensbedingten auch systeminduzierte Rebound-Effekte. Wenn ein Anstieg der Verkehrsleistung durch Digitalisierung und Automatisierung erfolgt, steigt durch erhöhte Abnutzung und Ersatzbedarf auch der physische Verbrauch an Rohstoffen. Durch ubiquitäre Verfügbarkeit von Mikromobilität kann die Verlagerung von umweltfreundlicher Rad- und Fußgänger-mobilität hin zu digital und elektrisch unterstützten Mobilitätssystemen der letzten Meile zunehmen.

### **Problemfeld steigender Strombedarf**

Aktuell tragen alle Informations- und Kommunikationstechnologien in Europa, je nach Quelle, rund 3 % bis 4% der Treibhausgasemissionen bei. Durch den vermehrten Datenaustausch wird von einem exponentiellen Anstieg des Stromverbrauchs der IKT ausgegangen, bei der eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 26 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq. in naher Zukunft möglich werden könnte<sup>14</sup>.

### **Rechnerleistung für Mobilität hat starke Auswirkungen auf Stromverbrauch**

Die wachsenden Stromverbräuche resultieren auch aus der Nutzung von Datenzentren, die für die Durchführung der digitalen Services im Verkehrssektor benötigt werden. Die Anzahl der großen Rechenzentren in Deutschland hat sich im Zeitraum von 2007 und 2017 verdoppelt. Im Jahr 2010 lag der elektrische Energieeinsatz von Rechenzentren in Deutschland bei 10,5 Twh/a, im Jahr 2015 bereits bei 12 Twh/a (Hintemann, 2017; Hintemann & Clausen, 2016).

Eine Zunahme an digitalen Aktivitäten im Verkehrssektor durch leistungsintensivere und vielfältigere Services bedingt zwangsläufig eine künftig weiterhin steigende Anzahl von Rechenzentren. Obwohl diese stetig effizienter werden, müssen durch die Zunahme an benötigten Rechen- und Speicherleistungen im Umkehrschluss aber auch immer höhere Kapazitäten abdecken (Dörr, 2020)<sup>15</sup>.

### **Steigender Strombedarf durch KI-Anwendungen**

Lange waren neuronale Netze wegen des hohen Energiebedarfs eher Fiktion. Dank der Hardwareentwicklungsgeschwindigkeit der letzten Jahre kommen sie verstärkt zum

Einsatz. In Pkws werden so komplexe Steuerungsprobleme gelöst. Auch wenn ihr Strom- und Ressourcenbedarf relativ gesunken ist, ist der Absolutverbrauch dieser digitalen Technologie weiterhin sehr hoch.

Die Algorithmus Kompositionen benötigen zur Aufgabenlösung (Training der Modelle / Machine-Learning) oftmals große Datenmengen, die auf Servern vorgehalten werden müssen (kontinuierlicher Hardware- und Stromeinsatz). Zudem bedeutet der Einsatz der komplexen Berechnungsvorschriften (Modelle) einen extrem hohen Rechenaufwand, der die Hardware sehr beansprucht und viel Strom verbraucht<sup>16</sup>. Fahren mit Level 5 wird erst in Zukunft möglich sein, der Ressourcenverbrauch muss aber schon jetzt berücksichtigt werden.

Die Entwicklung der wachsenden Verbräuche von Strom und Ressourcen basiert daher nicht nur auf der durch die aktuelle Transformation des Verkehrssektors notwendigen Zunahme der Digitalisierung, sondern wird auch durch diese verstärkt. Hierbei wird absehbar, dass auch künftig durch Veränderungsprozesse im Bereich der Mobilität weitere Bedarfssteigerungen auftreten werden.

## *An welchen Zielen orientiert sich ein Umgang mit den Unseens*

### **Systemische Prävention zur Vermeidung von Rebound-Effekte**

Um *Klima- und Verkehrspolitische Ziele* nicht zu gefährden sind neben der Aufklärung von NutzerInnen auch die Anreizsysteme so anzupassen, dass umweltschonendere Mobilitätssystem bevorzugt gewählt werden und die NutzerInnen von umweltschädlichen Mobilitätsformen auch die wahren Kosten dafür zu tragen haben. Die Internalisierung externer Kosten kann über Steuern, Anreize oder Privilegien je nach Mobilitätsart digital sehr differenziert gestaltet werden.

### **Eingebaute Umweltverträglichkeit für Fahrzeuge und Softwaresysteme**

Als wesentliche Ziele für den Umgang mit den Unseens von digitaler Mobilität gilt es, die *Umweltverträglichkeit der Systeme* zu verbessern und den Kohlenstoff-Fußabdruck gemäß den Zielen der Bundesregie-

rung weiter zu reduzieren. Die Verringerung des Ressourceneinsatzes mit dem angestrebten Ziel der Ressourcenneutralität (BMUB, 2016) kann in einem ersten Schritt angestrebt werden, wenn ein breitere Verständnis über das Vorhandensein von Ressourcenströmen ermöglicht wird. Natürliche Ressourcen müssen, sofern dies möglich ist, vermieden werden und alle durch die Produktion anfallende Rohstoffe gemäß eines cradle-to-cradle Ansatzes in geschlossenen Kreisläufen wiederverwendet werden. Erst wenn der gesamte Lebenszyklus der digitalen Verkehrssysteme betrachtet wird, können alle Stoffströme adäquat erfasst werden, die zu Emissionen, Materialverlusten und weiteren Umweltwirkungen führen. Wichtig ist dabei auch, auf eine Softwarerobustheit und –effizienz zu achten und die Langlebigkeit der Komponenten zu erhöhen, um die Ressourcensparsamkeit der Verkehrssysteme zu gewährleisten.

## *Welche Maßnahmen sind für welche Ziele sinnvoll*

Es werden folgende Handlungsrichtlinien als notwendig erachtet: Um den Strombedarf und die Hardwarebeanspruchung und -menge so angemessen wie möglich zu halten, ist eine sinnvolle Datenverwaltung und -prozessierung wichtig<sup>xvii</sup>. Die **Standortwahl für Serverzentren** sollte von vornherein im Fokus von Projektplanungen liegen<sup>xviii</sup>.

Außerdem ist eine hohe **Hardwarequalität** gefordert. Wichtig ist zudem eine **ressourcenschonende Software**. Sie kann durch Zertifikate begünstigt (Anreizfunktionen) und erkennbar gemacht werden. Eine weitere Strategie ist, verstärkt Algorithmen (inkl. KNNs) zur Optimierung über den Lebenszyklus aller in die Mobilitätskette involvierten Produkte einzusetzen<sup>xix</sup>.

Weitere Maßnahmen bestehen darin, Nutzergruppen, Hersteller und politische Akteure auf die beschriebenen Zusammenhänge und verhaltensbedingte **Rebound-Effekte zu sensibilisieren**, um die oben genannten Ziele für digitale Mobilitätssysteme zu erreichen<sup>xx</sup>.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen benötigt klare Regularien und eine starke Gesetzgebung, die von politischen Akteuren zeitnah für eine **nachhaltige Transformation des Verkehrssektors** initiiert werden sollte.

Auch wird darauf verwiesen, dass alle digitalen Services und Prozesse im Verkehrssektor einen hohen Strombedarf erzeugen, der vom **Energieerzeugungssektor** - neben vielen weiteren Einsatzfeldern der Verbrauchssektoren - aus erneuerbaren Quellen generiert und über intelligente Netze bedarfsgerecht bereitgestellt werden muss<sup>xxi</sup>.

## *Begründung der Orientierung*

Digitale Mobilität beansprucht zusätzliche Ressourcen (Rohstoffe, Energie) für die Herstellung von vernetzten Infrastrukturen, Fahrzeugen sowie zum Betrieb von Datenspeichern und Plattformen. Effizienzpotenziale digitaler Mobilitätssysteme sind anhand einer Lebenszyklusbetrachtung auf Nachhaltigkeit zu bewerten. Zur Bewertung von Anpassungsmaßnahmen sind Energie- und Ressourcenbedarf notwendiger Hintergrundsysteme der Digitalisierung sowie möglichen Mehrverkehr durch Verhaltensanpassungen einzubeziehen.

Durch die Berücksichtigung der aufgezeigten Zusammenhänge kann erreicht werden, dass die negative Klimawirkung durch Mobilität in Kombination mit Digitalisierung in den kommenden Jahren nicht noch stärker ansteigt. Neben dieser ökologischen Komponente besteht die Gefahr, dass bei ineffizienter Ressourcenverwendung durch kurzsichtige oder fehlende Planung hohe **Mehrkosten** in unterschiedlichsten Bereichen entstehen.

Der Durchbruch der Digitalisierung auf vielen Ebenen im Verkehrssektor wird sich Mobilitätssteigernd für Menschen, Güter und Daten auswirken. Daher sollte die Ressourcenschonung als ein zentrales Kernanliegen der digital Entwicklungen im Mobilitätssektor weiterführend untersucht, gefordert und gezielt gefördert werden.

## Literatur zu den wesentlichen Aussagen

- BMU (2016). Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.
- BMU (2019). Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.
- BMUB (2016). Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II - Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen.
- Doleski, O. D. (2020). *Realisierung Utility 4.0 Band 2: Praxis der digitalen Energiewirtschaft vom Vertrieb bis zu innovativen Energy Services* (1st ed. 2020). <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25589-3>
- Dörr, S. (2020). *Praxisleitfaden Corporate Digital Responsibility: Unternehmerische Verantwortung und Nachhaltigkeitsmanagement Im Digitalzeitalter*. Springer Gabler. in Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Europäische Kommission (2005). Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen: Mitteilung der Kommission an den Rat, das europäische Parlament, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.
- Hintemann, R. (2017). Trotz verbesserter Energieeffizienz steigt der Energiebedarf der deutschen Rechenzentren im Jahr 2016: Rechenzentrumsmarkt boomt in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/jiec.12155>
- Hintemann, R. & Clausen, J. (2016, Januar). Der Rechenzentrumsmarkt in Hessen – Aktueller Stand im Jahr 2015 und Ausblick: Studie im Auftrag der Aktionslinie Hessen IT – erstellt im Rahmen der Innovationsallianz Rechenzentren.
- Schiekofer, P. (2020). Aufbau eines Technologieträgers für das autonome und elektrische Fahren. *ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift*, 122(3), 54–59. <https://doi.org/10.1007/s35148-019-0207-8>

---

## Vertiefende Anmerkungen

---

<sup>1</sup> Der Begriff natürliche Ressourcen ist definiert in Anlehnung an KOM (2005) 670: Thematische Strategie zur Nutzung natürlicher Ressourcen als: "Ressource, die Bestandteil der Natur ist; hierzu zählen erneuerbare und nicht erneuerbare Primärrohstoffe, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (z.B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie Ökosystemleistungen und Biodiversität." <sup>[4]</sup>

<sup>2</sup> Gleiche Szenarien gelten auch für weitere Oberflächenverkehrsmittel im öffentlichen Straßenraum wie Busse und TRAM.

<sup>3</sup> Micromobilität mit eScooter-, eBike- oder eRoller-Verleih ergänzen traditionelle Transportmethoden. Die Organisation und Ladung der Akkus benötigten jedoch digitale Überwachung.

<sup>4</sup> Minx, E., Dietrich, R. 2015, Piper, <https://www.piper.de/buecher/autonomes-fahren-isbn-978-3-492-97399-1-e-book>

<sup>5</sup> An den einzelnen Fahrzeugen werden in zunehmender Anzahl Sensoren verbaut, die technische und physische Daten aufnehmen können. Diese sind mit einer Aktorik zur Steuerung der Komponenten (u.a. Mikrokontroller) im Fahrzeug verbunden

<sup>6</sup> Die gewonnenen Daten müssen über hochstabile und performante kabellose Übertragungswege wie 5G realisiert werden. Da diese Übertragung ohne Kommunikationsabbrüche erfolgen muss, wird eine hohe Anzahl von Antennen, Antennenstandorten und Basisstationen benötigt. Die Auswertung und das Datenmanagement der zentralen Datenhaltung (Cloud) kann zur aktiven Verkehrssteuerung durch Big-Data Analysen eingesetzt werden.

<sup>7</sup> Streaming Dienste stellen bereits heute das größte Volumen bei Datenübertragungen im Internet dar und für den damit verbundenen Energieverbrauch. Erhebliche Anteile dieser Energie wird in Ländern mit einem umweltbelastenden Energie-Mix erzeugt.

<sup>8</sup> Die Lebenszeit von Hardware kann sowohl durch verschleißintensive Programmierung als auch durch geplante Obsoleszenz verkürzt werden UBA (2018): Entwicklung und Anwendung von Bewertungsgrundlagen für ressourceneffiziente Software unter Berücksichtigung bestehender Methodik. Poppe, E. (2017): Die zwei Seiten der geplanten Obsoleszenz.

<sup>9</sup> Hierbei sollte eine energie- und materialeffiziente Produktion aus ökonomischen und ökologischen Gründen angestrebt werden.

<sup>10</sup> Diese aus der erhöhten Nutzung resultierenden Reboundeffekte des Strombedarfs müssen verinnerlicht werden, um den Verbrauch der digitalen Mobilitätsysteme auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren.

<sup>11</sup> Dies macht Ortungs- und Umfelderkennungssysteme mithilfe von Kameras, Lidarsystemen und Ultraschallsensoren notwendig sowie eine leistungsfähige Prozessierung (Boardcomputer u.a).

<sup>12</sup> Daraus entstehen neue Anforderungen an die Ausfallüberwachung, wodurch für die digitale Mobilität neue Arbeitsfelder etabliert werden müssen. Ein erhöhtes Ausfallrisiko macht neue Überwachungsmechanismen und computergesteuerte Entstörungsstrategien notwendig, die wiederum Prozessoren und Kommunikation erfordern.

<sup>13</sup> Koellner, C , 2019 | Automatisiertes Fahren, Im Fokus, Springer Onlineartikel <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/nachhaltigkeit/begrenztes-klimaschutz-potenzial-durch-automatisiertes-fahren/16578216>



<sup>14</sup> Dies würde circa eine Verdopplung gegenüber der Jahrtausendwende bedeuten ((Dörr, 2020). Auch in Deutschland nimmt der IKT-bedingte Stromverbrauch einen immer größeren Anteil am Gesamtenergieverbrauch ein. Die notwendigen Voraussetzungen müssen dafür in der Energieinfrastruktur geschaffen werden, da sich die kritische Abhängigkeit von Stromausfällen auf die Verkehrssysteme ausweitet.

<sup>15</sup> Auch den hier entstehenden Reboundeffekten muss entgegengewirkt werden, um die indirekte Umweltwirkung der digitalen Mobilität zu begrenzen.

<sup>16</sup> Aus Zeitgründen werden zudem Ergebnisse öfter schlecht dokumentiert und ungenügend allgemein zugänglich gemacht werden, z.B. als Template oder zur Weiterverwendung. Das bedeutet einen zusätzlichen Ressourcenverbrauch, da Modelle unnötig oft durchprozessiert werden. MIT (2019): Training A Single AI Model Can Emit As Much Carbon As Five Cars in Their Lifetimes. ACM Careers. Tyborski, Roman (2019): Das sind die fünf Hürden auf dem Weg zum autonomen Fahren. In: *Handelsblatt*.

<sup>xvii</sup> Kurze Datenwege reduzieren die Strommenge, mit Bedacht eingesetzte KNNs ebenso. Statt KNNs können situativ einfachere Algorithmen in Betracht gezogen werden.

<sup>xviii</sup> Zudem ist eine sinnvolle Balance zwischen Größe und Anzahl der Serverzentren wichtig und muss in die Planung von Mobilitätsanwendungen einfließen.

<sup>xix</sup> Die bei einigen Produkten einprogrammierte Obsoleszenz sollte zurückgenommen oder - noch besser - verboten werden.

<sup>xx</sup> NutzerInnen für digitale Services zu sensibilisieren, um einen verantwortungsvollen umweltbewussten Umgang damit zu fördern erscheint sinnvoll. Zusätzlich sollte von Herstellerseite *sustainability by design* implementiert sein, d.h. angeboten werden nur benötigte Tools. Sollten weitere Komfortservices gewünscht werden, wirkt es Verbrauchshemmend die Zusatzkosten weiterzugeben. Wird eine Fokussierung des digitalen Datenaustauschs lediglich bei essentiellen Funktionen erzeugt, könnte das Volumen der Datenverarbeitung und die daraus resultierende Steigerung des Stromverbrauchs allein durch individuelle Verhaltensänderungen reduziert werden.

Für die Hersteller gilt es, ein gesundes Mittelmaß für den Einsatz von physischen Komponenten anzuwenden und für die immer komplexeren Hightech-Fahrzeuge Rücknahmemöglichkeiten zu etablieren; wodurch Recyclingschleifen zu einer Verringerung des Rohstoffeinsatzes beitragen können.

Der Aufbau der Fahrzeuge sollte modular gestaltet werden, um den Austausch von Komponenten aufgrund veralteter Technologie auch nach dem technischen Lebensende kritischer Bauteile zu ermöglichen. Hierbei kann ein Zertifizierungssystem unterstützend wirken.

Von hoher Relevanz ist, insbesondere die Abwärts-Kompatibilität der Sensorik zu berücksichtigen, um aus Fehlentwicklungen, wie zum Beispiel nicht reparable Smartphones, zu lernen und bei „veralteter“ Technik dem erzwungenen Austausch von ganzen Produkten entgegenzuwirken. Dies hat eine Erhöhung der Anzahl von Reparaturwerkstätten sowie dem Einsatz von geschultem Personal zur Folge.

<sup>xxi</sup> Dies erhöht die Abhängigkeit und das Versorgungsrisiko verschiedener Technologieeinsätze, die basierend auf dem Prinzip der Sektorkopplung nicht immer in einen direkten Zusammenhang gebracht werden.

# Digitale Mobilitätsangebote Schlüssel oder Hemmschuh für eine Verkehrswende

Digital platforms, key or chock-block for sustainable mobility

## Kurztitel

Digital Mobilitätsangebote

## AutorInnen

Johanna Tiffe, Florian Krummheuer, Klaus Markus Hofmann  
unter Mitwirkung von Weert Canzler

Supplementarische Information *SI 1.2*

zum Kapitel

„Digitale Mobilitätssysteme und vernetzte Räume“

Klaus Markus Hofmann (Universität Freiburg), Karl Teille (AutoUni), Thomas Thiele (Deutsche Bahn), Wolfgang Serbser (European College of Human Ecology), Johanna Tiffe, (Form: F), Thomas Waschke (die denkbank),  
Christoph Wust (Ford)

In: R.W. Scholz, et al. (Hrsg.) Weißbuch: Orientierungen zum verantwortungsvollen Umgang von digitalen Daten. N.N. Verlag, N.N. Ort

Die fundamentale Veränderung der Mobilitätsangebote wird geprägt durch umweltfreundliche Antriebe, Digitalisierung und Automatisierung. Datenbasierte Anwendungen bilden die Grundlage für Sharing-Angebote, intermodales Routing, Mobilitätsplattformen und MaaS-Dienstleistungen. Konnektivität von Fahrzeugen, Verkehrsinfrastruktur und digitale Mobilitätsangebote verändern räumliche Verfügbarkeit, intermodale Verknüpfbarkeit und die Verkehrsleistung auf Straße und Schiene. Ubiquitäre Verfügbarkeit von Daten verstärkt auch disruptive Entwicklungen wie intermodale Vernetzung von MIV<sup>i</sup> und ÖV<sup>ii</sup>, Teilen von Fahrten und Fahrzeugen und die Bereitstellung autonomer Flotten. Der steigenden Verkehrsleistung<sup>iii</sup> von Fahrrädern, Mikromobilen und FußgängerInnen entsprechend bieten digitale Systeme auch dafür dynamische Anwendungen. Digitale Analyse- und Speicherungsverfahren sowie Mobilfunknetze ermöglichen Mobilitätsbedürfnisse zu prognostizieren und effizienter zu erfüllen. Damit eine digital unterstützte Verkehrswende<sup>iv</sup> gelingen kann sind Investitionen sowohl in digitale Systeme als auch in physische Verkehrsinfrastruktur erforderlich. Zum Erhalt guter lokaler Lebensbedingungen ist es von hoher Bedeutung bei innovativen Mobilitätsangeboten, negative Auswirkungen des Verkehrs zu reduzieren und digitale Lösungswege zu präferieren, die zu integrierter Verkehrsplanung und zu mehr Nachhaltigkeit von Mobilität beitragen im Sinne der verkehrspolitischen Hauptstrategien beitragen:

1. Verkehrsvermeidung (Zurücklegen geringerer Distanzen, z.B. Stadt der kurzen Wege)
2. Verkehrsverlagerung (zu umweltfreundlichen Verkehrsmittel wie (e)Rad, Fußverkehr, ÖPNV)
3. Verkehr umweltverträglich gestalten (Antriebe, Nachfragebündelung, Teilen von Verkehrsmitteln etc.)

Bei der Realisierung zukünftiger Mobilitätsangebote besitzen digitale Plattformen, Big-Data sowie MaaS signifikantes Potenzial, Umwelt- und Sozialverträglichkeit zu verbessern, gleichzeitig birgt digitale Mobilität Risiken, die gesellschaftlichen Zielen entgegenwirken. Mit intelligenten Schnittstellen zwischen digitaler und physischer Welt, einer integrierten Digitalisierung, lassen sich die europäischen Ziele<sup>v</sup> und des Klimaschutzplans<sup>vi</sup> besser erreichen. Plattformen können die Mobilitätswende hin zu intermodal und energetisch optimiertem Verkehr mitgestalten. Eine unkoordinierte Entwicklung von digitalen Mobilitätsdiensten wirkt dagegen kontraproduktiv und negative Nebenwirkungen für Umwelt und Gesellschaft wären unvermeidbar.

*Überlegungen zur digitalen Mobilität müssen die Konsequenzen der Pandemie stärker berücksichtigen, als es im Rahmen dieses Kapitel möglich ist. Als mögliche Konsequenz der Pandemie sind eine stärkere Substitution von Mobilität durch Virtualisierung und gleichzeitig ein andauernder Nachfrageinbruch in kontaktintensiven öffentlichen Verkehrsmitteln (Bahnen, Busse, Flugzeuge) zu erwarten sowie bei Leih- und Sharing-Systemen. Gleichzeitig könnte das schützende Automobil ein Comeback erleben und der Trend zur individuellen, technisch-unterstützten Mobilität, insbesondere eFahrrad sich verstärken (DLR 2020). Neben persönlichen Schutzmaßnahmen können Hygieneauflagen zum physischen Schutz kontrollierte Zugangsbarrieren (Vereinzelung) für öffentlichen Verkehr etablieren und Auslastungsgrade für Verkehrsmittel reduzieren, was die Kosten für Mobilität erhöht. Als weitere Folge könnten digitale Schutzsysteme (Corona-App) bis hin zu raumbezogenen Schutzkonzepten (Zugangsbeschränkung) und präventiven Social-Scoring Modellen eingeführt werden, damit Infektionen vermieden bzw. Kontakte zurückverfolgt werden können. Erste Reaktionen sind erkennbar, der Diskurs steht am Anfang und die weitere Entwicklung ist offen.*

## *Beschreibung der Unseens Risiken*

### *nicht integrierter digitaler Mobilitätsplattformen*

Mobilität von Gütern und Menschen impliziert eine physische Transportleistung. Zur Optimierung realer Mobilitätsleistungen erzeugen datengestützte Mobilitäts-Plattformen einen digitalen Zwilling, der virtuell ermöglicht Mobilitätsangebot und Nachfrage in Echtzeit zu verknüpfen. Mit servicebasierten Ansätzen (MaaS) sind Plattformen dabei die Mobilitätsmärkte grundlegend zu verändern. Neben offensichtlichen Vorteilen birgt eine unkoordinierte Digitalisierung von Mobilität auch Gefahren. Die ökonomischen, sozialen und ökologischen Wirkungen plattformbasierter Geschäftsmodelle und analog geprägten Regulierungskonzepten führen zu unbeabsichtigten Nebeneffekten:

#### **Nicht-Integrierte Mobilitätsplattformen**

In Deutschland und anderen Ländern droht eine unkoordinierte Ausbreitung von regionalen, nationalen und internationalen Plattformen, die Mobilitätsdienstleistungen im Nah- und Fernverkehr virtuell zusammenführen, aber ihre Angebote weder systematisch mit bestehenden Verkehrslösungen vernetzten noch an verkehrspolitischen Zielsetzungen ausrichten. Die digitale Bün-

delung wird von Akteuren<sup>vii</sup> mit unterschiedlichen Zielen, Ressourcen und Kompetenzen betrieben:

1. Klassische Sharing Plattformen, die geteilte Fahrzeugnutzung über eine App ermöglichen<sup>viii</sup>.
2. Shared-Mobility Plattformen, die intermodale Mobilitätsketten anbieten<sup>ix</sup>.
3. Rideselling-Plattformen, die über e-Apps Mitfahrdienste anbieten, die mit und ohne eigene Fahrzeuge erbracht werden<sup>x</sup>.
4. Sogenannte Meta-Plattformen, die als Datenbroker mit hoher Reichweite, Karten, Mobilitätsdaten und zunehmend auch Vermittlung von Mobilitätsleistungen Dritter anbieten und zentral abrechnen<sup>xi</sup>.

Die Mobilitätswahl wird dadurch erschwert, dass NutzerInnen eine Vielzahl von Apps verwalten müssen. Wer die digitale Kundenschnittstelle einfach, funktional und komfortabel gestaltet und die verfügbaren Optionen optimal bündelt erhöht die Akzeptanz intermodaler Mobilitätsangebote.

Die rapide Ausbreitung von Mobilitätsservices fördert bisher vor allem eine additive Nutzung statt der Integration von vorhandenen Mobilitätsressourcen. Dadurch intensivieren sich Ressourcenverbrauch, Verkehrsemissionen und die Inanspruchnahme von begrenzten Verkehrs- und

Parkflächen. Ein ökologische Entlastung kann insbesondere für Mikromobilität derzeit nicht attestiert werden. Mobilität ist ein öffentliches Gut<sup>xii</sup>, eine Leistung, die im öffentlichen Raum erzeugt wird, mit gesellschaftlichen Opportunitäten. Mobilität kann deshalb nur bedingt durch Märkte erbracht werden, zumal die Ressourcen nicht wirklich fungibel sind und verkehrspolitische Ziele nicht allein ökonomischen Kriterien unterliegen. Für eine nachhaltige Gestaltung digitaler Mobilität ist daher ein zielgerichtetes Zusammenwirken von öffentlichen und privaten Akteuren erforderlich.

### **Stagnation von Sharing-Systemen**

Auch wenn ein Car-Sharing Auto bis zu 20 private PKW<sup>xiii</sup> ersetzt, bleibt eine spürbare Verkehrsverlagerung durch digital gesteuerte Verleih- und Sharing-Systeme bisher aus. Anbieter konzentrieren Sharing-Angebote auf attraktive Regionen und begrenzte Nischen. Sharing-Dienste konzentrieren sich räumlich dort, wo ÖPNV mit seiner Massentransportfähigkeit Verkehrsleistung umweltverträglicher erzeugt. Digitalisierung verbessert die Flexibilität und Akzeptanz von privaten und kommerziellen Leih- und Mitfahrdiensten (Sharing B2C, P2P), die jedoch von zu wenig Kunden genutzt werden. Bei standortunabhängigem CarSharing ist

zudem ein Rückgang der Substitutionswirkung von privaten Autobesitz nachweisbar<sup>xiv</sup>. Im Boom der Mikromobilität nach 2018 leiden Städte auch unter der Verbreitung fragiler Leihangebote<sup>xv</sup>, durch die sich Steuerungs Aufwand erhöht während Instrumente zur Durchsetzung verkehrspolitischer Ziele fehlen. Wettbewerb um den knappen Stadtraum verstärkt sich zusätzlich durch autonome Lieferroboter oder Flugtaxi<sup>xvi</sup>.

### **Mehrverkehr führt zu mehr Emissionen**

Durch induzierte Verkehre, Verlagerung vom ÖPNV und Leerfahrten kann Digitalisierung die Umweltbilanz der Mobilität verschlechtern<sup>xvii</sup> (vgl. SI 1.4).

Erfahrungen mit Rideselling-Anbietern in den USA und auch Modellrechnungen zeigen einen Zuwachs des Straßenverkehrs und gehen von Staus und zusätzlichen Leerfahrten aus, wenn vermehrt autonome Fahrzeuge verfügbar werden<sup>xviii</sup>. Als integrierter Teil intelligenter lokaler ÖV-Systeme könnten aber autonom operierende Shuttle-Flotten, aufgrund niedriger Produktionskosten, durchaus mehr Personen mit weniger Fahrzeugkilometern und Emissionen transportieren<sup>xix</sup>.

### **Mangelnde reale und digitale Inklusion**

Viele der digitalen Plattformen und privaten Mobilitätsangebote konzentrieren sich auf MIV und sind nicht inklusiv konzipiert. Insbesondere private Plattformbetreiber haben ohne ökonomische Sanktionen keine Notwendigkeit für eine kleine Kundengruppe mit besonderen Bedürfnissen die physischen, kognitiven und ökonomischen Hürden in den Mobilitätsketten zu reduzieren. ÖPNV-Anbieter sind angehalten Mobilitätsketten inklusiv zu gestalten. Im Bahn- und Flugverkehr werden Inklusionsrechte EU-weit sichergestellt, entsprechende Richtlinien für digitale Mobilität fehlen.

### **Beschleunigte Marktkonzentration**

Grundsätzlich unterscheiden sich Plattformbetreiber, die Mobilität mit eigenen Flotten und Personal erbringen von sogenannten asset-light Plattformen. Mit den Verkehrsverbänden besteht ein anbieterübergreifendes Mobilitätsnetzwerk. Mit Plattformen wie der bundesweiten Initiative „Mobility Inside“ und Apps versucht der ÖPNV sich zu positionieren, liegt jedoch, auch wegen seiner kleinteiligen Organisationsstruktur, mit Big-Data-Anwendungen weit zurück<sup>xx</sup>. Die Marktherausforderung besteht darin, vorhandene Mobilitätsnetz-

werke und Plattformbetreiber zu verknüpfen, um integrierte Mobilitäts-Angebote zu schaffen.

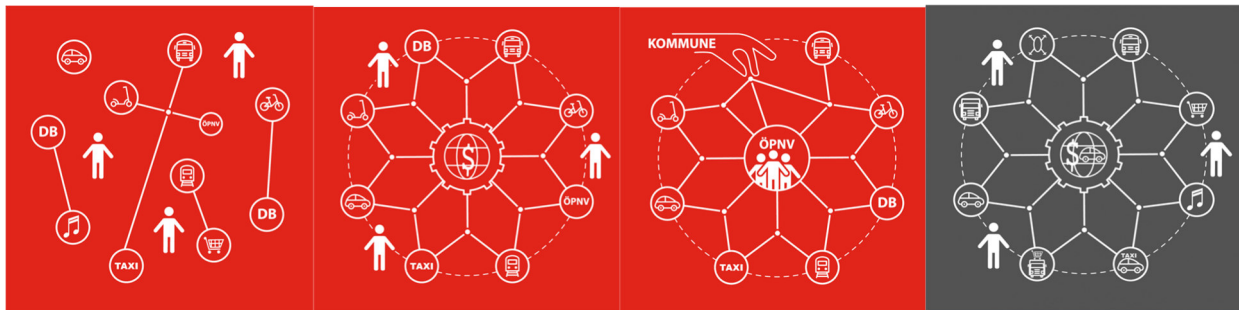
Einige Mobilitätsplattformen fungieren als zweiseitige Marktplätze und vermitteln zwischen einer Vielzahl von Anbietern und den NutzerInnen. Diese Netzwerkdynamik wird im Reisemarkt durch die dominante Stellung von Buchungsportalen wie HRS, oder Expedia deutlich. Im Mobilitätssektor sind in Großbritannien Trainline und in Kontinentaleuropa FlixBus Beispiele für Plattformbetreiber, die nach wenigen Jahren ihre Märkte dominieren<sup>xxi</sup>.

Ungleiche Wettbewerbsbedingungen bestehen beim Zugang zu Mobilitätsdaten<sup>xxii</sup>. Die Marktdominanz von Plattformen wird durch Datenvolumen zu Nachfrage und Betrieb wachsen und kann Lock-In-Effekte erzeugen<sup>xxiii</sup>, die einen Wechsel zu alternative Plattformanbietern behindern. Für NutzerInnen und Besteller von Mobilitätsleistungen kann dies über einen längeren Zeitraum zu höheren Preisen und intransparenter Bevorzugung einzelner Anbieter führen, wie in Plattformbranchen beobachtbar. Ebenso erhöht sich der Kostendruck für Transporteure, der an Subunternehmer weitergegeben wird.

### Arbeitsdefinition DiDaT: Mobility as a Service (MaaS)

Mobility as a Service bezeichnet die intermodale Integration verschiedener Verkehrsdienstleistungen im Nah- und Fernverkehr über einheitliche digitale Mobilitätsplattformen. Eine bedienerfreundliche Anwendung (App) ermöglicht Zugang und Nutzung verschiedener Mobilitätsangebote verbunden mit einem spezifischen Zahlungsweg. MaaS-Anbieter bündeln vielfältige Transportmöglichkeiten, sei es öffentlicher Nahverkehr, Car- oder Bikesharing, Taxi, Autovermietung oder eine mehr oder weniger integrierte Kombination dieser Angebote. MaaS kooperieren mit Herstellern, Transporteuren und Mobilitätsanbietern, betreiben aber nur in Ausnahmefällen eigene Fahrzeugflotten. Neue Geschäftsmodelle zur Organisation und zum Betrieb innovativer Mobilitätsangebote gehören ebenso zu MaaS-Konzepten wie die systematische Analyse von Nachfrage und Benutzer-Daten, um verbesserte Planungs- und Steuerungsinformationen zu erlangen. Die MaaS Analogie zu Software-as-a-Service, als vermeintlich neue Alternative zum Fahrzeugkauf zeigt ein autozentrisches Mobilitätsverständnis und lässt den hohen Anteil Kredit-/ und Leasingfinanzierter Autos unberücksichtigt. Eine flexible Nutzung von geteilten Mobilitätssystemen war üblich (Postkutsche, Tram, ÖPNV etc.) lange bevor der Erwerb von massenproduzierten Automobilen erschwinglich wurde. (Vgl. MaaS Alliance 2019).

Illustration:



Quelle: Vgl. Friedrich-Ebert-Stiftung, Bild 4 eigene Darstellung:

## *Ursachen und Erklärung zur Entstehung dieses Unseens*

Digitale Mobilität verschafft allen Mobilitätsanbietern neue Möglichkeiten, aber solange die institutionellen Privilegien des privaten PKW unangetastet bleiben, werden

digital vermittelte Mobilitätslösungen überwiegend für add-on Verkehre genutzt und verschärfen die Konkurrenz um öffentliche

Verkehrsflächen. Gelingt eine digitale Integration der innovativen Mobilitätsangebote mit dem ÖV nicht, ist Mehrverkehr die Folge.

Theoretisch ermöglicht die situative Buchung von Mobilitätsressourcen „as-a-service“ intermodale Mobilitätsketten bedarfsgerecht zu konfigurieren. Mikromobile könnten das Portfolio von ÖPNV-basierten MaaS-Konzepten für die letzte Meile ergänzen. Parallel verbessert Big-Data den flexiblen Ressourceneinsatz sowie die Interoperabilität von unterschiedlichen Plattformen, was zu sinkenden Transportkosten führt. Digitale Optimierung zu Lasten verkehrspolitischer Integrationsziele wird ungewollte Reboundeffekte verursachen:

#### **Privatisierung hoheitlicher Aufgaben**

Seit den 1990er Jahren wurden Aufgaben der Daseinsvorsorge zunehmend liberalisiert<sup>xxiv</sup>. Im Mobilitätssektor erfährt der Gewährleistungsstaat durch Digitalisierung Herausforderungen und erhält neue Möglichkeiten. Hoheitliche Verkehrsaufgaben werden behördlich definiert und in komplexen Ausschreibungsverfahren an semi-öffentliche oder private Anbieter vergeben. Mobilitätsfremde Akteure investieren verstärkt im Mobilitätssektor und fokussieren

auf digitalisierbare Elemente der Wertschöpfungskette. Intelligenter Vertrieb und digitale Disposition sowie Echtzeit-Steuerung des Betriebs sind skalierbar, in stark regulierten Mobilitätsmärkten sind die erzielbaren Margen jedoch gering. Etablierten Anbietern fehlen spezifisches IT-Know-How und finanzielle Ressourcen<sup>xxv</sup>, um ihre Mobilitätskompetenz in digitale Mobilitätsangebote vergleichbarer Qualität zu überführen. Der Verkehrsraum selbst entwickelt sich zur Produktionsressource für eine global agierende Digitalindustrie<sup>xxvi</sup>. Werden digitale Unternehmen zu stark eingeschränkt behindert dies Innovation. Versagt die politische Steuerung im Wettbewerb, bieten Unternehmen ihre Dienste parallel zu ÖPNV an und betreiben volkswirtschaftlich ineffizient Konkurrenz<sup>xxvii</sup>. Rahmenbedingungen und politische Leitplanken sind auf die technischen Möglichkeiten von global agierenden Plattformbetreibern anzupassen.

#### **Verkehrsvermeidung widerspricht Geschäftsmodellen**

Mobilitätsdienstleister wie Sharing- oder AppRuf-Dienste erzielen ihre Erträge auf Basis der abgerechneten Mobilitätsleistungen. Diese nutzungsabhängigen Geschäftsmodelle wirken den Strategien zur



Verkehrsvermeidung entgegen. Eine Reduktion von MaaS als Zubringer in Ergänzung zu öffentlichen Verkehrsangeboten ist für Betreiber ökonomisch wenig attraktiv. Was im Fernverkehr der Schiene als Zubringerfunktion kaufentscheidend wirken kann, führt im urbanen Verkehr zu Verlagerung zu Lasten des ÖV. Für lokale NutzerInnen sind digital unterstützte Mobilitätsangebote von Tür zu Tür bequem und preiswert, was wiederum Mehrverkehr verursachen kann.

### **Sharing nur in Nischen erfolgreich**

Klassische Sharing-Systeme zeigen, dass sich der Erfolg auch Jahrzehnte nach der Implementierung in Grenzen hält. Auch digital gesteuerte, flexible Sharing-Angebote (free float) erbringen in Europa, anders als in Asien, nur einen geringen Anteil der Alltagsmobilität.

Trotz der Fusion der beiden Marktführer<sup>xxviii</sup> in Deutschland fehlt die kritische Größe, um Car-Sharing wirtschaftlich zu machen. Geschäftsmodelle bedürfen einer Mischkalkulation aus Datennutzung, Fahrzeugkosten oder Anschlussmobilität, wie auch öffentlich subventionierte oder bestellte Angebote von CarSharing und BikeSharing in Verbindung mit Kommunen belegen. Digi-

talisierung kann Mobilitätsangebote effizienter gestalten, wird aber die raum- und umweltbezogene Problematik kaum lösen. Bisher ist der Einfluss von großen wie kleinen Sharing-Fahrzeugen auf Verkehrsaufkommen und -emissionen kaum messbar<sup>xxix</sup>.

### **Unreife Technik und Abhängigkeiten**

Während NutzerInnen primär die Anwendungsebene wahrnehmen, sind digitale Systeme strukturell als ein Ganzes zu betrachten. Die technischen Möglichkeiten und Risiken für automatisiertes Fahren auf Straße und Schiene werden an anderer Stelle ausgeführt. Mobilitätsplattformen weisen hohe Abhängigkeiten von digitalen Infrastrukturen wie Mobilfunk, Breitbandanbindung und Stromversorgung auf. Plattformen arbeiten zunehmend autonom, auch dabei können durch inkonsistente Algorithmen, inkompatible Programme oder übersehene Programmierfehler Risiken und Abhängigkeiten entstehen<sup>xxx</sup>. Falsches Geofencing, willkürlich blockierte Gateways oder geschlossene APIs sind Beispiele für überkomplexe Abhängigkeiten. Für Notlagen und bei Unfällen sind effiziente und durchgängige digitale Prozesse erforderlich. Fehlfunktionen führen zu Gefährdung und Irritationen der AnwenderInnen, was

sinkende Akzeptanz von digitale Mobilitätslösungen nach sich zieht.

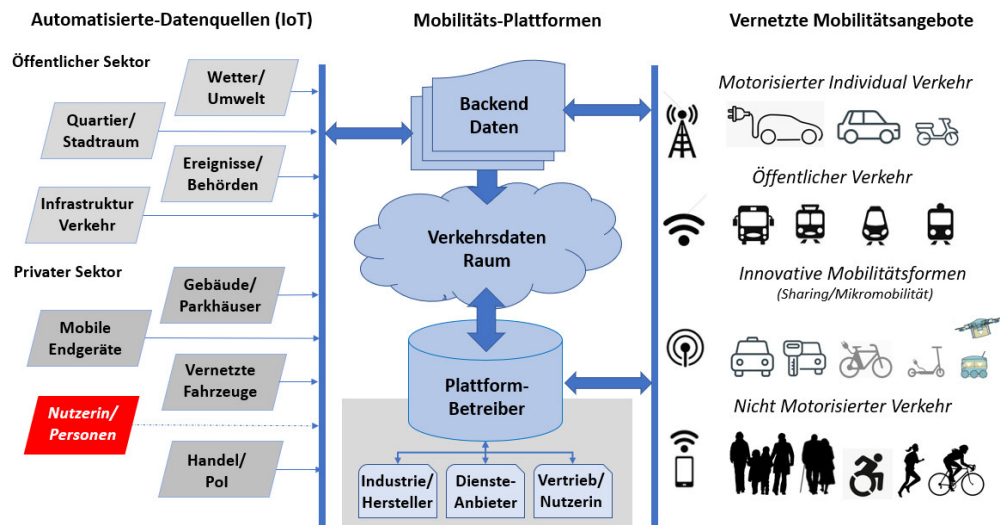


Abbildung 1: Vernetzte Datennutzung durch Mobilitätsplattformen.  
Quelle: Eigene Darstellung

## *An welchen Zielen orientiert sich ein Umgang mit digitalen Mobilitätsplattformen*

Um die beschriebenen Nebeneffekte zu verringern, ist es notwendig, dass sich sowohl Mobilitätsdienstleister als auch NutzerInnen von Mobilitätsplattformen und -services am Rahmen der gesellschaftlichen und verkehrspolitischen Ziele ausrichten. In einer nachhaltigen Mobilitätswelt können

Erhöhung der Systemgeschwindigkeit, sinkende Mobilitätskosten oder mehr Absatz von Fahrzeugen nicht länger als handlungsleitende Paradigmen für Digitalisierung gelten. Anhand folgender Ziele lassen sich stattdessen angemessene Lösungsansätze entwickeln:

- Schaffung eines Frameworks für Generierung, Speicherung und Nutzung von Mobilitätsdaten, um breiten Zugang zu mobilitätsrelevanten Erkenntnissen und gesellschaftlichen Effizienzpotenzialen zu ermöglichen.
- Interoperable Standards, die kostengünstige Mobilitätslösungen auch für den ländlichen Raum finanzierbar machen.
- Gewährleistung eines verlässlichen Datenflusses zwischen öffentlichen und privaten Akteuren, gemäß den Regeln der EU-Datenschutzrichtlinien.
- Sicherstellung von Transparenz und Ausfallsicherheit digitaler Systeme für Mobilität.
- Einbettung von Plattform-Betreibern in Gemeinwohl- und Nachhaltigkeitsorientierung für den Verkehr und Nutzung der Digitalisierung für Umwelt- und Klimaschutz sowie zur Reduktion von Verkehrsemissionen (Luft und Lärm).
- Soziale Gerechtigkeit, d.h. ein Recht auf Mobilität und bezahlbare, intermodale Verkehrssysteme als Voraussetzung zur gesellschaftlichen Teilhabe. Mobilitätsnutzung muss ohne digitale Endgeräte oder Vernetzung möglich bleiben.
- Steigerung digitaler Kompetenzen von Systemlieferanten zur Sicherung von Wertschöpfung und Arbeit in Europa.
- faire Arbeitsbedingungen für systemrelevant Beschäftigte, auch in einem digital organisierten Mobilitätssektor.

## *Welche Maßnahmen sind für welche Ziele sinnvoll*

Um die Potenziale der Digitalisierung für kundenfreundliche Mobilitätsangebote zu realisieren und einer dysfunktionalen, weniger nachhaltigen, Entwicklung vorzubeugen wird ein pragmatisch ausgerichtetes Maßnahmenportfolio empfohlen:

### **Ausgewogene Regulierung**

Mobilitätsplattformen werden ein Teil der digitalen Infrastruktur für Mobilität, ebenso

wie offene Schnittstellen. Dazu reicht es nicht aus, analog bewährte Regulierungsmechanismen zu übertragen. Zur Wahrung

von gesellschaftlichen Interessen auf den verschiedenen Akteurs-Ebenen, bedarf es eines EU weiten politischen Handlungsrahmens sowie einer an Zielen ausgerichteter Regulierung von Plattformen im Verkehrssektor. Deregulierung mit Augenmaß ausprobieren z.B. in begrenzten Experimentierfeldern, um Akzeptanz und Wirkungen von Mobilitätsinnovationen vor einer Markteinführung messen zu können (z.B. intermodale Apps, Öffnung eines Taxi-marktes).

### **Diskriminierungsfreier Zugang**

Der diskriminierungsfreie Zugang zu digital verfügbaren Informationen ist für NutzerInnen und Betreiber von hoher Relevanz. Transparente Informationspolitik und diskriminierungsfreie Zugangsrechte für Mobilitätsanbieter und reziproke Beitragspflichten für alle am Mobilitätsdatenaustausch beteiligten Parteien. Die Verpflichtung zur Offenlegung von relevanten Daten muss unabhängig davon gelten, ob ein Anbieter in öffentlicher oder privater Hand ist. So werden Transparenz und Effizienz für Mobilitätsleistungen sichergestellt und Markteintrittshürden für Innovationsführer verringert. Beispielsweise können Betreiberlizenzen für Mobilitätsplattformen verge-

ben werden, um Datentransparenz, IT-Sicherheit, Zugänglichkeit sicherzustellen und Lock-In zu vermeiden.

### **Gemeinsame Standards und Open-Data**

Eine sinnvolle Standardisierung von Datenformaten, Schnittstellen (API, Gateways) und modulare Systemarchitektur für Mobilitäts-Plattformen sind zu fördern. Interoperabilität von digitalen Kundenschnittstellen und Datensparsamkeit ist durch entsprechende Anreize sicherzustellen. Nicht nur öffentliche Stellen bzw. öffentliche Unternehmen sollten relevante Daten und Schnittstellen offenlegen, sondern auch private Mobilitätsdienstleister und Plattformbetreiber. Durch transparente Prozesse, verbindliche Mindeststandards und diskriminierungsfreien Zugang zu verkehrsrelevante Daten, lassen sich Lock-In und Oligopolrisiken reduzieren.

### **Integrierte Zielsysteme in gemeinsamen Räumen**

Sozial- und umweltpolitische Ziele sind relevant, transparent und digital messbar zu formulieren und den Akteuren zu kommunizieren. Die Ausbreitung von Mobilitätsplattformen und -services kann so zielführender gestaltet und anbieterübergreifend – z. B. in virtuellen Angebotsplänen - koordiniert

werden. Der Einsatz von Mobilitätsplattformen und MaaS für diverse Fahrzeuge (Sharing, Mikromobile, ÖV, automatisierte Fahrzeuge) wird nur dann klimaschonend gelingen, wenn diese als vernetzte Elemente eines integrierten Verkehrssystems angeboten werden und somit ihre Verkehrsleistung primär zu Lasten des privaten PKW geht. Im Sinne einer nachhaltigen Verkehrspolitik und zur Wahrnehmung von hoheitlichen Aufgaben wie Verkehrssicherheit und -management sowie der Raum- und Infrastrukturplanung ist der Austausch von Informationen unter den Akteuren unverzichtbar. Die Verpflichtung zur Offenlegung von Daten muss unabhängig davon gelten, ob ein Anbieter in öffentlicher oder privater Hand ist.

Mangelnde Systemintegration, Unzuverlässigkeit verstärken die begrenzte Akzeptanz von digital gesteuerten, intermodalen Reiseketten. Fehlgesteuerte Vernetzung könnte die umweltschädliche Nutzungsproblematik weiter erhöhen, sozial robuste Orientierung könnte mentale Hürden verringern.

### **Kostentransparenz digital erhöhen**

Kostenwahrheit für PKW kann durch verursachergerechte Nutzungsgebühren, die digital effektiv zugeordnet werden können

(Parkraum, City Maut), sowie die verstärkte Integration externer Kosten (CO<sup>2</sup> abhängige Abgaben) ortsbezogen erhöht werden. Gesetzesinitiativen für analog gescheiterte Steuerungsansätze wie City-Maut oder schadstoffabhängige Maut können dank Digitalisierung mit einer effektiven Umsetzung und höherer Akzeptanz rechnen.

Über Konzessionsmodelle (analog ÖPNV) für digitale Anbieter von geteilten Verkehrsdienstleistungen lassen sich Dienstleistungsqualitäten, Verfügbarkeiten für ausgewählte Bedienegebiete festlegen.

### **Open Source für interoperable Systeme**

Wenn Software für integrierte Mobilitätsplattformen und Anwendungen in Open Source codiert wird, steigt die Reichweite, bei sinkenden Kosten und Legacy-Risiken. Gerade für die Angebotsgestaltung, -kalkulation neuer Mobilitätsdienstleister ist das von Bedeutung – auch um eine Monopolsituation zu verhindern.

Zur Einschränkung übermäßiger Kontrolle von Individuen sowie von unerwünschten Oligopolen kann Open Source ein zusätzlicher Baustein sein. Schnittstellen der Systeme sind interoperabel und robust zu gestalten.

**Digitale Kultur kann man lernen**

Es ist wichtig, dass staatlichen Organen wie auch der Zivilgesellschaft, mehr Möglichkeiten an die Hand gegeben werden, die digitalen Technologien und Prozesse differenzierter zu verstehen. Durch eine zügige Entwicklung digitaler Kompetenzen

von etablierten und neuen Mobilitätsanbietern können Umwelt- und Sozialverträglichkeit der digitalen Mobilität und des vernetzten Verkehrs auf Dauer in Balance gestaltet und gewährleistet werden.

*Begründung für die Orientierung*

Digitalisierung kann zur angestrebten Mobilitätswende beitragen, insofern innovative Mobilitätsangebote und bestehende Mobilitätssysteme nutzerfreundlich integriert werden. Verfügbarkeit von Mobilitätsangeboten über Plattformen und Daten zur Systemnutzung fördern Allokationseffizienz und nahtlose intermodale Verknüpfung. Digitale Netzwerkeffekte können Disparitäten verstärken und neue Zugangshürden etablieren. Werden Effizienzgewinne durch Mehrverkehr kompensiert und die Inanspruchnahme des Verkehrsraumes intensiviert, entstehen Reboundeffekte für Umwelt und Gesellschaft.

Digitalisierung von Mobilität besitzt erhebliche Potenziale zur Verbesserung von Effizienz und Kundenorientierung. Was digitale Technik allein nicht gewährleisten kann, ist dass die gesellschaftliche Ziele und Interessen, die nicht in Marktmechanismen abgebildet werden, wie Umweltauswirkungen oder soziale Ausgewogenheit von Mobilität, durch Verhandlungen zwi-

schen privaten, semi-öffentlichen und hoheitlichen Akteuren ausgehandelt werden müssen, unter Einbeziehung der Beteiligten aus der Zivilgesellschaft. Dazu müssen Möglichkeiten und Risiken der Digitalisierung in zukünftige Ausschreibungs- und Lizenzverfahren integriert und die Monitoring- und Steuerungsmechanismen aktualisiert werden.

## Literatur zu den wesentlichen Aussagen

- [1] Agora Verkehrswende 2017, <https://www.agora-verkehrswende.de/12-thesen/>
- [2] Daum Timo 2018 Das Auto im digitalen Kapitalismus, <https://www.rosalux.de/publikation/id/38652/das-auto-im-digitalen-kapitalismus/>
- [3] Canzler, W., Knie, A., Ruhrort, L. 2019 Autonome Flotten Oekom Verlag München
- [4] Bundesverband Carsharing Studie 2016 [https://carsharing.de/sites/default/files/uploads/bcs\\_factsheet\\_nr.2\\_0.p](https://carsharing.de/sites/default/files/uploads/bcs_factsheet_nr.2_0.p) Canzler, Knie, Ruhrort 2019df
- [5] Hülsmann, F. et. al. 2018, Öko-Institut Freiburg, ISOE Frankfurt share – <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/share-Wissenschaftliche-Begleitforschung-zu-car2go-mit-batterieelektrischen-und-konventionellen-Fahrzeugen.pdf>
- [6] BMU, 2016 Klimaschutzplan, [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf)
- [7] [https://www.researchgate.net/publication/323811486\\_Digitale\\_Transformation\\_Big\\_Data\\_im\\_Offentlichen\\_Personenverkehr/link/5e4b996692851c7f7f43e5a5/download](https://www.researchgate.net/publication/323811486_Digitale_Transformation_Big_Data_im_Offentlichen_Personenverkehr/link/5e4b996692851c7f7f43e5a5/download)
- [8] European Commission 2019, „The Future of Transport“ [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC116644/fort\\_exec-summary\\_online.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC116644/fort_exec-summary_online.pdf)
- [9] Scholz, Kley, Parycek 2020, Information Systems Research: Digital infrastructure as a public good cc
- [10] Postinett, Axel 2014, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/strassenbahnen-in-den-usa-zurueck-vom-abstellgleis/10740986-all.html>
- [11] A. Tack, A. Klein, B. Bock, Ein weiterer Hype ohne große Folgen; <http://scooters.civity.de/>,

## **Vertiefende Anmerkungen**



- 
- <sup>i</sup> MIV Motorisierter Individual Verkehr
- <sup>ii</sup> ÖV Öffentlicher Verkehr (Busse, Bahnen etc.), ÖPNV Öffentlicher Personen Nahverkehr
- <sup>iii</sup> MiD 2017 [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017\\_Analyse\\_zum\\_Rad\\_und\\_Fussverkehr.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Analyse_zum_Rad_und_Fussverkehr.pdf)
- <sup>iv</sup> Agora Verkehrswende 2017
- <sup>v</sup> Europäische Kommission 2019
- <sup>vi</sup> Nationaler Klimaplan BMU 2016
- <sup>vii</sup> Betreiber, Eigentümer, Anbieter und NutzerInnen in Mobilität 4.0, Öko-Institut, Fraunhofer IAO 2020
- <sup>viii</sup> Z.B. Car2Go, BlaBlaCar, otua, DiDi
- <sup>ix</sup> Z.B. Moovel, Jelbi u.a.
- <sup>x</sup> Z.B. UBER; DiDi ChuXing, Waymo, Moia, freeNow
- <sup>xi</sup> Z.B. Baidu-Ditu, WeChat, Google
- <sup>xii</sup> Scholz, Kley, Parycek 2020
- <sup>xiii</sup> Bundesverbands CarSharing e.V. Studie 2016
- <sup>xiv</sup> Share-Studie 2018 Öko Institut, ISOE
- <sup>xv</sup> Ofo gibt in Berlin auf - Konkurrent Obike insolvent, Tagesspiegel 14.07.2018
- <sup>xvi</sup> Start-Ups wie Starship, UberAir, Volo-Copter u.a.
- <sup>xvii</sup> Kommunen nutzen Instrumente wie Stellplatzregulierung oder Tempolimits, um Autofahren weniger attraktiv zu machen, Bund und Länder torpedieren die Bemühungen durch Fehlanreize und weiteren Ausbau des überörtlichen Straßennetzes.
- <sup>xviii</sup> <https://www.uni-stuttgart.de/forschung/forschung-leben/9-2017/autonomer-kollaps/>
- <sup>xix</sup> Canzler, Knie, Ruhrort 2019 Autonome Flotten
- <sup>xx</sup> ABIDA Gutachten 2019 – Big Data im ÖPV
- <sup>xxi</sup> 2013 Gründung Flixbus, 2018 Flixtrain
- <sup>xxii</sup> EU-Richtlinie PSI-RL Richtlinie (EU) 2019/1024 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors : Während Kommunen und öffentliche Unternehmen Mobilitätsdaten freizugeben haben, sind private von diesen Pflichten bisher ausgenommen.
- <sup>xxiii</sup> Scholz, Kley, Parycek 2020
- <sup>xxiv</sup> Franzius, C. 2003 Gewährleistungsstaat
- <sup>xxv</sup> Öffentliche kommunale bzw. regionale Anbieter dürfen ihre Geschäftsmodell nicht global skalieren, sind aber gezwungen die analogen und kostenintensiven Teile der Verkehrserbringung (Betrieb, Infrastruktur) vorzuhalten. Damit fehlt ihnen ein wesentlicher ökonomischer Hebel im Wettbewerb um die digitale Mobilität.
- <sup>xxvi</sup> Die Steuerung und Regulierung regionaler Verkehrssysteme geschieht überwiegend auf kommunaler Ebene. Digitale Geschäftsmodelle, die aufgrund von Skaleneffekten funktionieren, d.h. je größer ihre Reichweite desto höher die Marge, dringen in kommunale Mobilitätsreviere ein. Digitalkonzerne arbeiten global und selten kommunal. Global funktionierende Konzepte sind nicht auf die Bedürfnisse von Ländern oder Kommunen zugeschnitten. Kulturelle, regionale oder soziale Einschränkungen wirken sich negativ auf die Ertragsaussichten aus.
- <sup>xxvii</sup> Ab 1921 kaufte GM in Kalifornien Straßenbahngesellschaften, mit dem Ziel, diese abzuwickeln und den ÖPNV aus dem Markt zugunsten des Autos zu verdrängen. Vgl. Postinett, a. Handelsblatt 23.09.14
- <sup>xxviii</sup> Car2Go (Daimler) und Drive Now (BMW) 2018
- <sup>xxix</sup> Angebot und Nachfrage von Sharing-Systemen jenseits von urbanen Zentren gering wie auch für Mikromobilität außerhalb touristischer Nischen.

---

<sup>xxx</sup> Vgl. Boeing 737 Max

# Wechselwirkung digitaler Mobilität mit Raum- und Sozialstrukturen

**Digital mobility in mutual reciprocity  
with spatial and social patterns**

## **Kurztitel**

Mobilität und Raum

## **Autoren**

Wolfgang H. Serbser, Meike Levin-Keitel, Michael Prytula, Thomas Waschke,  
Yulika Zebuhr, Klaus Markus Hofmann

Supplementarische Information *SI* (1.3)  
zum Kapitel «Mobilität und vernetzte Räume»

Klaus Markus Hofmann (Universität Freiburg), Karl Teille (AutoUni), Thomas Thiele (Deutsche Bahn), Elke Fischer (VDV), Wolfgang Serbser (European College of Human Ecology),  
Johanna Tiffe, (Form: F), Thomas Waschke (die denkbank),  
Christoph Wust (Ford)

In: R.W. Scholz, et al. (Hrsg.) Weißbuch: Orientierungen zum verantwortungsvollen Umgang von digitalen Daten. N.N. Verlag, N.N. Ort

Raum und Mobilität stehen in ständigen Wechselwirkungen. Digitalisierung verändert Mobilitätsmuster und in Folge davon auch Raumqualitäten, Raumstrukturen, Raumwiderstand und letztlich die Raumnutzungen erheblich. Das wiederum bleibt nicht ohne Folgen für die Mobilitätsmuster.

Im Kontext digitaler Mobilität stehen Innovationen für Fahrzeuge, Mobilitätskonzepte und Infrastruktursysteme im urbanen Raum im Zentrum, während Planer, Entwickler und Politiker aus ihrer fachspezifischen Perspektive dazu neigen, die Verletzlichkeit des komplexen Verkehrssystems insgesamt zu unterschätzen aber gleichzeitig die Potenziale für Vernetzung im ländliche Raum über zu bewerten.

Ziel dieses Beitrages ist es auf die immanente Umsetzungslücke zwischen jeder Planung und der sozialen Realität hinzuweisen, die durch Vernachlässigung oder Unterschätzung von sozialen Dynamiken und Veränderungsprozessen in einer Stadt, einem Viertel oder einer Region im Alltag besteht. Am Beispiel von Raumnutzungskonflikten, die durch digitale Mobilität gelöst oder verschärft werden, wird aufgezeigt, in welchen Bereichen erhöhter transdisziplinärer Forschungsbedarf im Sinne einer starken nachhaltigen Mobilität besteht.

So etablieren sich unterschiedliche Mobilitätsformen bspw. durch neue digitalbasierte Angebote oder neue technologische Errungenschaften, eng geknüpft an räumlichen Fragestellungen, welche Auswirkungen die Digitalisierung der Mobilität z.B. in ländlichen oder urbanen Räumen haben wird. Dabei wird deutlich, Mobilität und Raumstrukturen beeinflussen die jeweilige Digitalisierung in erheblichen Maße. In Städten eignen sich andere Maßnahmen als im ländlichen Raum; im urbanen Quartier werden Digitalisierungsangebote anders realisiert und genutzt als im suburbanen Bereich. Soziale Räume und Strukturen stehen in engen Wechselwirkungen mit Mobilitätsmöglichkeiten – insbesondere im Hinblick auf die Digitalisierung wird dieser Zusammenhang häufig unterschätzt oder sogar übersehen. Um mit Blick auf die Raumwirkung eine Risikobewertung vornehmen zu können, steht die Frage im Zentrum: Für welche Probleme ist digitale Mobilität eine guter Lösungspfad und für welche eher nicht. Angesichts des identifizierten Handlungsbedarfes nimmt das interdisziplinäre Autorteam die Unvollständigkeit dieses Beitrages in Kauf, weil sie dringend anregen, die sozialen und gesellschaftliche Voraussetzungen und Folgen der Digitalisierung parallel zur laufenden Umsetzung zu klären und sich für eine vernetzte Perspektive über digital wie real integrierte Planungsprozesse über allen Ebenen hinweg einsetzen.

## *Beschreibung der Unseens Wechselwirkung digitaler Mobilität mit Raum- und Sozialstrukturen*

### **Raumnutzungskonflikte durch digitale Mobilität**

Auch digitale Mobilität beansprucht Raum ermöglicht aber auch eine effizientere Raumnutzung. Digitalisierung bedeutet nicht nur eine technologiegetriebene Weiterentwicklung bestehender digitaler Möglichkeiten, sondern manifestiert sich physisch in Städten und Stadtvierteln, auf Plätzen und in Fahrbahnbreiten. Neue Nutzungsformen beanspruchen Flächen: Mobilitäts-Hubs, die klassische Mobilitätsangebote mit Sharing-Alternativen und Last-Mile-Verkehrsmitteln verbinden oder Lastfahrzeuge, die auf dedizierten Fahrspuren für autonom elektrisch betriebener Fernlastverkehr<sup>1</sup> verkehren. Andererseits beanspruchen automatisierte Fahrzeuge weniger Parkraum oder verbinden Wohn- und Arbeitsstätten oder Stadtteile ohne eigene Infrastruktur. Neue digitale Mobilitätsforen sind stets mit Flächenallokation verbunden.

Bereits heute ist absehbar, dass eine Neuaufteilung des öffentlichen Raums, insbesondere der Verkehrsflächen, zukünftig

eine entscheidende Frage sein wird. Wieviel Raum wird der digitalisierten Mobilität eingeräumt und inwiefern werden die Voraussetzungen im Raum geschaffen, neue Mobilitätsangebote nachhaltig zu nutzen?

### **Überschätzte Potenziale im ländlichen Raum und Vernetzungsdefizite in komplexen Systemen**

Der Einsatz digitaler Technologien wird in der Entwicklungsplanung strukturell schwächer Regionen als Instrument zu deren Förderung betrachtet. Digitale Raum-, Infrastruktur- und Mobilitätsdaten werden in Planungsprozessen von der öffentlichen Hand und privatwirtschaftlichen Planungsträgern nicht vernetzt bearbeitet. Die technischen Voraussetzungen einer integrierten Raum- und Mobilitätsplanung sind zwischen Bund und Ländern sowie auf der Ebene der Kommunen und Gebietskörperschaften unzureichend digitalisiert oder werden zu wenig genutzt. Neben geeigneten Programmen und Ausstattung fehlt den Kommunen spezifisches Know-How und eine Systemperspektive für Mobilität. Die nötige Kompatibi-

lität von Geoinformatik-Daten für Infrastrukturen, Gebäuden und Flächen sowie Vernetzung zwischen den beteiligten Akteuren - auch mit privatwirtschaftlichen Datenplattformen - ist wenig ausgeprägt und wird bisher nicht als hohe Priorität verstanden. Eingeschwungene Planungsprozesse sowie -kulturen, rechtliche Regelungsdefizite im Zusammenwirken von individuellen Grundrechten, öffentlichen Aufgaben und digitalen Anwendungen sowie Interessen von Investoren bestimmen die heute geringe Innovations- und Umsetzungsgeschwindigkeit und werden dem inhaltlich gebotenen integrierten Planungsanspruch von digitalen Mobilitätssystemen in sozial geprägten Raumstrukturen nicht gerecht.

#### **Vulnerabilität des komplexen Gesamtsystems wird unterschätzt**

Neue digitalisierte Mobilitätsangebote ermöglichen neue und oder veränderte räumliche Strukturen in Bestands- und Planungsgebieten, wie z.B. das autofreie Quartier. Durch Digitalisierung von Mobilität wandeln sich Raumwiderstand und Raumbezüge, Mobilitätsmuster wie Einkaufswege oder Pendlerströme, Bodenrichtwerte und Bebauungspläne. Beispiele zeigen, dass solche Planungsziele eine

hohe Vernetzungskomplexität unterschiedlichster Teilsysteme (Mobilität, Logistik, Ver- und Entsorgung) voraussetzen, ohne die eine hinreichende Funktionalität des dadurch erzeugten Gesamtsystems nicht möglich ist. Es besteht eine prinzipielle inhärente Vulnerabilität komplexer Gesamtsysteme (Algorithmen, Informationsübertragung, materielle Technik, Energieversorgung, Datensicherheit, Mensch), welche von der Planung nicht einkalkuliert werden können: der Umsetzung überlassen führen die daraus resultierenden Konsequenzen deswegen zu einem, eigentlich unzulässigen Sozialexperiment.

#### **Dysfunktionale Lücke zwischen digital geplanter und sozialer Realität**

Zwischen den technisch-planerischen Möglichkeiten der durch Digitalisierung machbar erscheinenden veränderten baulichen Gestaltung von Mobilität in urbanen Quartieren, ländlichen Räumen und der tatsächlichen alltäglich stattfindenden Nutzung durch die verschiedenen Akteure (einschließlich aller Mobilitätsakteure) klafft eine dysfunktionale Lücke, die übersehen wird. Unter dem Stichwort Sozialplanung oder Social Engineering wurde in den 1930er bis 1960er Jahren in USA, Schwe-

den und Deutschland (auch der DDR) versucht eine moderne Gesellschaft und ihre Wegebeziehungen optimiert zu gestalten. Ausgehend von einer festen Struktur von Bevölkerung und Haushalten, Arbeitsstätten, Orten für Gesundheit, Bildung und Konsum sowie Kultur und Freizeit. Die reale Entwicklung dieser Trabantenstädte demonstriert, trotz genormter Plattenbauwohnung mit Einbauküche, das Scheitern von wohlgemeinten sozialtechnologischen Konzepten. Ohne sozial sensible Integration der Akteure droht bei Smart Cities und digitaler Mobilität eine Wiederholung dieser technikgetriebenen Strategien, die Fehlallokationen und mangelnde Nutzungsakzeptanz zur Folge hätte und die eine vorhandene soziale Asymmetrie zwischen Räumen verstärken würden.

### **Ausblendung sozialer Dynamiken und Veränderungsprozesse der Alltagswirklichkeit:**

Dass soziale Strukturen, Milieus und Lebensstile einer allmählichen, aber beständigen Veränderung unterliegen wird in den Digitalisierungskonzepten häufig übersehen. Als Voraussetzung gesellschaftlich nachhaltiger Entwicklung müssen sie durch eine hinreichende Diversität gekennzeichnet sein. Dies ist systemlogische und mithin funktionale Voraussetzung des beständigen Prozesses der Reorganisation von sozialer Ordnung in modernen Gesellschaften.

## *Ursachen und Erklärung zur Entstehung dieses Unseens*

### **Opportunität als Nutzungsdilemma**

Da Raum keine beliebig reproduzierbare Ressource ist, konkurrieren Siedlungs- als auch Mobilitätsflächen mit Flächenansprüchen der Landwirtschaft, der Industrie und Produktion oder Grün- und Freiflächen sowie Naturflächen zu Bewahrung der biolo-

gischen Diversität oder notwendiger Resilienz, wie z.B. Retentionsflächen im Hochwasserschutz.

Vielfach bestehen große Defizite in der Auslegung und im Betrieb digitaler Infrastrukturen. Das Ermöglichen von räumlicher Chancengleichheit scheitert an hohen

Investitionsaufwänden öffentlicher und privater Investoren vor schwach ausgeprägter Nutzernachfrage. Demografische, kulturelle und wirtschaftliche Faktoren wirken in dünnbesiedelten Regionen innovationshemmend. Dazu gehören auch überkommene Verhaltensroutinen und generelle Akzeptanzprobleme.

Diese Diskrepanz gilt auf allen Anwendungsgebieten der digitalen Daseinsvorsorge: Mobilitätsangebote, administrative **Dienstleistungen**, medizinische Versorgung, Versorgungslogistik. Pilotprojekte werden, trotz hoher Akzeptanz, aufgrund von Finanzierungsvorbehalten oft nicht zur Alltagsreife gebracht. Eine lernfreundliche Versuchskultur wird in Deutschland in der Regel nicht durchgehalten.

### **Digitalisierung ohne vernetzte Perspektive und Prozesse**

Digitalisierte Planungsgrundlagen und -prozesse bergen Synergieeffekte für eine Effektivitäts- und Effizienzsteigerung in der Planung und Realisierung von Mobilität, bedürfen jedoch einer systemischen Perspektive und integrierten Planungskultur. Auch die Beteiligung Betroffener und zukünftiger Nutzer von Mobilitätsangeboten kann durch digitale Verfahren auf eine höhere Qualitätsstufe gehoben werden.

Digitale Raum-, Infrastruktur- und Mobilitätsdaten werden in Planungsprozessen von der öffentlichen Hand und privatwirtschaftlichen Planungsträgern bisher nicht vernetzt mit fachübergreifenden integrierten Zielsystemen bearbeitet.

### **Soziale und gesellschaftliche Voraussetzungen der Digitalisierung**

Zwar werden durch die umfassende Digitalisierung der Mobilitäts- und Logistikangebote völlig veränderte Gebietsplanungen möglich. Doch setzen diese auf Lebensstile und Mobilitätsverhalten bestimmter Milieus innerhalb der Gesellschaft. Diese können mangels ausreichender Diversität weder allein eine Gebietsbevölkerung bilden noch als Mehrheit gedacht, eine sozial robuste (oder Basis einer sich nachhaltig entwickelnden) Gesellschaft ausfüllen. Homogene Gemeinschaften können ihrer Vulnerabilität nur durch entsprechend starke räumliche wie soziale Abgrenzung begegnen (Gated Communities). Eine sozial robuste Ausnahme sind beispielsweise die Amish in den USA. Digitale Mobilitätssysteme sind somit auf breite Nutzungsgruppen angewiesen und ihre Ausbreitung wirkt diesem Bedürfnis entgegen.



Die Fokussierung von Raum- und Mobilitätsplanung auf bestimmte zu erwartende Handlungsweisen (Nutzung der Mobilitäts-App) oder einem bestimmten Milieu zu entsprechenden Lebensstilen (IT-affine Diginauten) unterschätzt diesen unaufhaltsamen gesellschaftlichen Prozess. Historische Vorläufer dieses Unseens finden sich beispielsweise in der Siedlungsplanung in den Anfangsjahren der Bundesrepublik Deutschland und ebenso in den Planungen

der Bauakademie der Deutschen Demokratischen Republik seit den 1950er Jahren.

Unterschätzung der rechtlichen und politischen Voraussetzungen komplexer IKT-Systeme in der alltäglichen Umsetzung: werden in den anderen Teilbereichen von VR01 bereits abgehandelt.

Die Mobilität der letzten Meile wird im sich Rahmen der Umsetzung digitaler Konzepte zur Erhöhung der Produktivität und Reduktion des Lieferverkehrs in Städten durch den Einsatz autonom fahrenden Taxiflotten und mobilen Lieferrobotern verändern. Auswirkungen auf die Raumnutzung wären signifikant, in Verbindung mit massiven sozialen und ökologischen Implikationen.

 Institut für  
Künstliche Intelligenz

 Institut für  
Künstliche Intelligenz

 Hochschule  
Bochum

#### Robotertaxis: Gefahren und Risiken

- Datenschutz
- Hackerangriffe<sup>18</sup>
- Reboundeffekt
- 100.000 Taxifahrer werden arbeitslos!
- 500.000 LKW-Fahrer werden arbeitslos!
- 2.000.000 Arbeitsplätze in der Autoindustrie fallen weg!

#### Robotertaxis: Auswirkungen

- Es wird nur noch Taxis geben
- Keine Privatautos mehr
- Keine Garagen mehr
- Keine Parkplätze mehr nötig
- Keine Parkplatzsuche
- Keine oder sehr niedrige Kosten für Nutzer<sup>15</sup>
- etwa 80 – 90% weniger Autos werden benötigt<sup>16</sup>
- Etwa 90% weniger Treibhausgase<sup>17</sup>

<sup>18</sup>Bruce Schneier, Click here to kill everybody, 2018.

<sup>15</sup>S. G. Janszky, Trendanalyse: Selbstfahrende Autos: Das Ende von Bahn, ÖPNV & Taxi? <http://www.2bahead.com>  
<sup>16</sup>P. Gao, R. Hensley, and A. Zielke. A road map to the future for the auto industry. *McKinsey Quarterly*, Oct. 2014.  
<sup>17</sup>J.B. Greenblatt and S. Saxena. Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles. *Nature Clim. Change*, 5(9):860–863, 2015.

Aus der Entwicklung von Servicerobotern für den Haushalt, die derzeit vor allem für die Zielgruppe gehandicapter Personen entwickelt werden sind zwei Reboundeffekte bekannt, (vgl. Ertel 2020) die prinzipiell auch für digitale Mobilität zu erwarten sind und die insbesondere in ihrer Kombination vermieden werden sollten.

Ein Serviceroboter verbraucht allein für seinem Betrieb ungefähr 6- bis 8-mal so viel Energie, wie eine die gleichen Tätigkeiten ausübende Person. Ertel geht davon aus, dass einmal auf den Markt gebracht eine große Nachfrage für Serviceroboter entsteht und darin auch das Interesse der Industrie begründet liegt, die Entwicklung voranzutreiben. Folgerichtig würden die entsprechenden Arbeitsplätze sukzessive verschwinden. Lang & Santarius (2018) gehen davon aus, dass durch die Digitalisierung im Dienstleistungsbereich eine Vielzahl von Arbeitsplätzen entfallen werden und allenfalls im Niedriglohnsektor Arbeitsplätze entstehen werden, allerdings zahlenmäßig weniger. Für Städte wie Regionen hat eine solche Entwicklung nicht nur das Potential sozialer Verwerfungen, sondern einer generellen Dysfunktionalität des sozialen Lebens, die sich auch volks- wie betriebswirtschaftlich dramatisch auswirken können, es sei denn mittels staatlichen Interventionen würde diesen drohenden Einkommensverlusten entgegengewirkt.

Neben den ökologischen sind immer auch soziale Reboundeffekte zu beachten. Es ist deswegen eine politische Entscheidung, inwieweit autonom agierende Fahrzeuge finanziell oder durch öffentliche Raumprivilegien gefördert wird und die ökologische wie soziale Externalisierung von Kosten hier aus übergeordnetem Interesse geboten oder nur von bestimmten Akteursgruppen erwünscht ist. Dabei ist der Einsatzzweck ein entscheidendes Kriterium: so ist die Servicerobotik für den Haushalt gehandicapter Personen mit besonderen Unterstützungsbedarf sozial eher geboten wie der Ersatz von Berufskraftfahrern durch autonome Taxis oder LKW oder Paketboten durch digital gesteuerte Lieferroboter. Vor diesem Hintergrund sind Konzepte für digitale Mobilität aus Sicht der Raumnutzung, der ökologischen Bilanz oder soziale Auswirkungen mit Augenmaß und differenziert zu beurteilen.

## *An welchen Zielen orientiert sich ein Umgang mit dem Unseen*

Neue **Nutzungsansprüche** verursachen gesellschaftliche Umverteilungsprozesse. Mobilitätsinnovationen sind im Bestand umzusetzen, die gebaute Stadt ist in der Nutzung aufgeteilt (Stichwort Zonierung). Beansprucht digitale Mobilität mehr Raum für bestimmte Mobilitätsarten, wie Mikromobilität oder Mobilitäts-Hubs, so wird dieser Raum geschaffen, indem er anderen Nutzungen entzogen wird oder Mehrfachnutzungen möglichen sind (z. B. Mixed-Use). Räumliche Transformationen dieser Art sind in demokratischen Prozessen (Stichwort: Deliberation) vorzubereitet und transparent umzusetzen.

Raumpolitische Entwicklungskonzepte müssen sich konsequent an den gesellschaftlichen Potenzialen der Digitalisierung in den Gebieten und Regionen orientieren. Eine zielgerichtete Profil- und Clusterbil-

dung von Entwicklungsräumen und Korridoren fördert die Balance des Ausgleichs von fortschreitenden Übernutzungen in Ballungsräumen und gesellschaftlicher sowie wirtschaftlicher Erosion übriger Räume.

### **Gesellschaftliche Voraussetzungen für sozial robuste Digitalisierung**

Soziale Diversität muss als wichtige Grundlage der sozialen Stabilität in Gebieten (in Stadt und Land) auch in den Digitalisierungsangeboten berücksichtigt werden. Digitale Mobilität soll Menschen und Räume verbinden und nicht der räumlichen Segregation zusätzlichen Vorschub leisten.

Sozialer Wandel als wichtige Grundlage einer jeden gesellschaftlichen Entwicklung muss in der Gestaltung nachhaltiger Mobilität in urbanen wie ländlichen Räumen auch bei der Digitalisierung von Mobilitätsangeboten berücksichtigt werden.

## *Welche Maßnahmen sind für welche Ziele sinnvoll*

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von modernen Städten weist Giddens

drauf hin, dass die verschiedenen Vorstellungen zur Gestaltung bzw. Raumnutzung

mit unterschiedlichen Interessen und Perspektiven der beteiligten Akteure verbunden sind (Giddens 1986). Libbe unterscheidet die Smart City Visionen aus Perspektiven der Wertschöpfung, der Machbarkeit, der Nachhaltigkeit, der sozialen Lebensqualität und des sozialen Wandels sowie der Governance (Libbe 2014). Diese Begriffe entsprechen in etwa der Unterscheidung in die Teilsysteme Wirtschaft, Technik, Ökologie, Soziales sowie der Politik und Verwaltung, mithin den Institutionen der gesellschaftlichen (Selbst-)Regulierung. Die AutorInnen halten diese Gliederung für die Zielgruppe dieses Weißbuchs für hilfreich. *Da Wertschöpfung und (technische) Machbarkeit in anderen Vulnerabilitätsräumen VR01 abgehandelt werden fokussiert dieser Beitrag auf den Bereich nachhaltiger Entwicklung und sozialer Lebensqualität (Ökologie & Soziales) sowie den Bereich der Governance (Politik & Administration).*

### **Starke nachhaltige Entwicklung und sozialer Lebensqualität (Ökologie & Soziale Verteilungsgerechtigkeit)**

Eine sozial-robuste Orientierung muss immer zugleich eine ökologische-robuste Orientierung sein. Im Rahmen der Digitalisie-

rung von Mobilitätskonzepten muss beachtet werden, dass die entstehenden Kosten der Produktion und des Betriebs in diesen Bereichen externalisiert werden und zu Lasten der Umwelt (Klimafolgen) oder der Verteilungsgerechtigkeit (Exklusion und Segregation) als Senken genutzt werden. Die aus dieser Orientierung abzuleitenden Maßnahmen können äußerst vielfältig sein. Ein Beispiel soll der automatisierten Lieferlogistik verdeutlichen, was solche Maßnahmen zu berücksichtigen hätten.

### **Raumwirksame Governance**

Eine sozial-robuste Orientierung erscheint nur möglich, wenn es im Prozess des sozialen und technischen Wandels gelingt, die verschiedenen Perspektiven und Visionen der beteiligten Akteure in ein produktives Zusammenspiel guter Governance zu bringen. Die daraus resultierenden Maßnahmen, die nicht nur einen geeigneten Umgang mit Unseens oder Rebound-effekten ermöglichen, sondern diese im Prozess der Entwicklung neuer Technologien, wie der Digitalisierung der Mobilitätsformen und –arten, rechtzeitig aufdecken, sind im Detail so vielfältig denkbar, das eine Aufzählung der Möglichkeiten den Rahmen jedes Weißbuches sprengen würde.

Gleichwohl lassen sich einige Grundbedingungen beschreiben, ohne die ein produktives Zusammenspiel und ein Ausgleich der Perspektiven nicht möglich erscheint. Eine völlige Liberalisierung und Handlungsfreiheit der Akteure in den einzelnen Teilsystemen wäre weder zielführend noch vorstellbar, ebenso wenig wie der Versuch einer durchgängigen Regulierung aller denkbaren Sach- und Tatbestände auf lokaler, nationaler oder internationaler Ebene zum Scheitern verurteilt scheint.

Selbst wenn man annimmt, dass eine gewisse Ausgewogenheit zwischen wirtschaftlichen Einzelinteressen und öffentlichen Gesamtinteressen sich in Gesetzen

und Verordnungen regulieren ließen, so blieben die anderen Teilsysteme mehr oder weniger außen vor und das für eine sozial-robust orientierte Entwicklung des Raum-Mobilitätsverhältnisses bliebe gestört, das notwendige, ausgewogene Zusammenspiel käme nicht zustande.

Digitale Mobilität bedarf, wie von Ostrom et. al. in der Governance für traditionelle und moderne Commons-Systeme eine ungewisse Zukunft hinlänglich beschrieben, ein Framework verlässlicher Aushandlungsmechanismen für Raumnutzung und soziale Opportunitäten für die unmittelbar und mittelbar beteiligten Akteure.

### *Begründung für die Orientierung*

Starke Wechselwirkungen zwischen digitalisierten Mobilitätssystemen und räumlichen Entwicklungen im Mikro- und Makromaßstab sind evident. Digitale Mobilität beansprucht physisch Raum und verändert gleichzeitig Raumwiderstand, Mobilitätsmuster sowie soziale Strukturen. Für eine stark nachhaltige Entwicklung digitaler Mobilität ist Digitalisierung nicht primär als Technologie voranzutreiben, sondern auf individuell-soziale und gesellschaftliche Anforderungen und die Folgen im systemischen Zusammenhang von Raum, Umwelt und Gesellschaft einzugehen und sozial-robuste Lösungen dabei zu präferieren.

Da sich Räume in ihrem Wechselspiel zur Mobilität sozialgeografisch mannigfach unterscheiden, bedarf es einer entsprechend regionalen oder lokalen Governancestruktur als gleichsam drittes Element zwischen Einzelinteressen in den einzelnen Teilsystemen und dem gesellschaftlichen bzw. staatlich vermittelten Gesamtinteresse. Eine solche Governancestruktur, die über alle Ebenen – Einzelinteresse, regionales und lokales Interesse, gesamtgesellschaftliches Interesse – vermittelt, ist bislang nur rudimentär entwickelt. Auf diesen Mangel hat auch Elinor Ostrom (1999, 2009) mit ihren empirischen Studien zum Commons-Management verwiesen und deswegen den Allmendegedanken für die Entwicklung

einer sozial-robusten Governancestruktur im Ressourcenmanagement als unverzichtbar rekapituliert.

Rechtliche Voraussetzungen müssen mit Priorität geklärt werden und realitätsgerecht sein. Politische Zielvorstellungen auf Projektebene wie in landesplanerischen integrierten Planungsleitlinien sind eine zentrale Voraussetzung. Die mobilitätsbezogenen Zielrichtungen der Digitalisierung unterliegen einer breiten Beteiligungsnotwendigkeit und müssen gesellschaftlich mehrheitsfähig sein und gleichzeitig investitions-tauglich bleiben für die öffentliche Hand sowie privatwirtschaftliche Projektentwickler.

## Anhang

### Literatur zu den wesentlichen Aussagen

- Ertel, Wolfgang 2019. Artificial Intelligence, the spare time rebound effect and how ECG would avoid it. In: International Conference: Economy for the Common Good,(ECCPW-2019), Bremen 2019
- Etzemüller, Thomas 2009, Die Ordnung der Moderne - Social Engineering im 20. Jahrhundert, transcript Verlag, Bielefeld,
- Libbe, Jens 2014. Smart City: Herausforderung für die Stadtentwicklung. In Standpunkte DIFU-Berichte 2/2014 S. 2, Deutsches Institut für Urbanistik Berlin
- Hofmann, Klaus Markus, 2018, Eine Theorie der Modern Commons - Vernetzte Infrastrukturentwicklung für nachhaltige Mobilität - Struktur-funktionale Systemanalyse zur Rolle und Transformation von Infrastrukturnetzen, Universität Leipzig
- Lange, S. & Santarius, T. 2018. Smarte grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit. oekom-Verlag München
- Levin-Keitel, Meike, et. al. Sustainability Transitions and the Spatial Interface: Developing a Conceptual Perspective, Sustainability 2018
- Loukopoulos, P., & Scholz, R. W. (2004). Sustainable future urban mobility: using 'area development negotiations' for scenario assessment and participatory strategic planning. Environment and Planning A, 36(12), 2203-2226.
- Ostrom, Elinor 1999: Die Verfassung der Allmende: jenseits von Staat und Markt. Mohr, Tübingen.
- Ostrom, Elinor 2009: Gemeingütermanagement – Perspektive für bürgerschaftliches Engagement. In Helfrich, Silke und Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.) Wem gehört die Welt? Zur Wiederentdeckung der Gemeingüter. Oekom-Verlag München, S. 218-229.
- Serbser, Wolfgang, Serbser Christiane 2019, Pflügt der Stadt Bestes, oekom-Verlag München

## Vertiefende Anmerkungen

---

<sup>i</sup> ELISA - Elektrifizierter, innovativer Schwerverkehr auf Autobahnen, eHighway Teststrecke Darmstadt Weiterstadt – Frankfurt - Mörfelden 2019 - 2022



# Wandel der Wertschöpfung im Mobilitätsmarkt - Vom Fahrzeugbauer zum digitalen Plattformmanager

**Restructuring the value chain. Vehicle manufacturers become  
platform managers in digitalized markets**

## **Kurztitel**

Wandel der Wertschöpfung

## **Autoren**

Christoph Wust, Karl Teille, Klaus Markus Hofmann

Supplementarische Information *SI 1.5*

zum Kapitel

„Digitale Mobilitätssysteme und vernetzte Räume“

Klaus Markus Hofmann (Universität Freiburg), Karl Teille (AutoUni), Thomas Thiele (Deutsche Bahn),  
Elke Fischer, (VDV), Wolfgang Serbser (European College of Human Ecology), Johanna Tiffe, (Form: F),  
Thomas Waschke (die denkbank), Christoph Wust (Ford), Yulika Zebuhr (acatech)

Die Automobilindustrie durchläuft weltweit die größte Veränderung ihrer Geschichte. Während die globale Klimakrise die Nutzung von Elektromobilität beschleunigt, erfordern die gesellschaftlichen Veränderungen, getrieben durch Globalisierung, Automatisierung und digitale Vernetzung zusätzliche Anpassungen von traditionell geprägten Maschinenbauunternehmen.

In Deutschland ist die Automobilindustrie als systemrelevant anzusehen. Der Automobilsektor stellt einen der größten Arbeitgeber dar, der einerseits als technischer Innovationsmotor andererseits als Speerspitze der Exportindustrie, volkswirtschaftlich von hoher Bedeutung ist. Händler, Zulieferbetriebe aber auch Forschungseinrichtungen tragen zur technischen Exzellenz bei und partizipieren an den Früchten.

Durch innovative Fertigungsstrategien und den Ausbau von Dienstleistungen konnte die Unternehmen im globalen Wettbewerb ihre Wertschöpfung sichern. Die Umstellung auf umweltfreundliche Antriebstechnologien wie Elektromobilität und Wasserstoff bedingt Entwicklungsaufwendungen für fundamental neue Technologien, Anpassung von Produktionsanlagen und Qualifizierung der Mitarbeiter, die aus sinkenden Erträgen erwirtschaftet werden müssen. Partiiell wird es zu einem Abbau von Arbeitsplätzen kommen, der sozial verträglich zu gestalten ist. Parallel dazu erfordert die Digitalisierung Investitionen und Innovationen, während die Wertschöpfung vom Primärprodukt und Maschinenbau sich zunehmend in datengetriebene Prozesse verlagert.

Die 5 Innovationsstärksten IT-Technologiekonzerne investierten 2016 rund 60 Milliarden Dollar in IT-Technik, also im weitesten Sinne in Digitalisierung <sup>1</sup>. Unter den forschungsintensivsten Top 20 Unternehmen befinden sich acht IT-Firmen <sup>2</sup>, allerdings keine aus Europa. Die digitalen Innovationsführer besitzen eine höhere Risikobereitschaft und haben die wirtschaftliche Notwendigkeit von Investitionen in Forschung & Entwicklung sowie Qualifizierung konsequenter umgesetzt als Unternehmen in Europa. Durch Wertschöpfungsnetzwerke die u.a. Risikokapital einbeziehen können diese Unternehmen auf benötigte IT-Kompetenzen und integrierte Geschäftsmodelle, auch für Mobilität, zurückgreifen. Global agierende IT-Unternehmen wie Apple, aber auch Alphabet, Amazon und andere entwickeln innovative Fahrzeuge mit Methoden und Perspektiven von Softwareunternehmen. Auch die jungen Automobil- und Dienstleistungsunternehmen aus China nutzen disruptive Konzepte für Mobilitätslösungen und realisieren im volumenstarken Heimatmarkt Konkurrenzvorteile durch Digitalisierung. Die europäische Auto- und IT-Industrie liegt im Digitalisierungs-Wettbewerb der Mobilität deutlich hinter den heutigen Marktführern. Um sich gegenüber diesen finanzstarken Unternehmen in den Wachstumsmärkten für Mobilität zu behaupten, muss die Autoindustrie völlig neue Fähigkeiten und eine dynamische Innovationskultur entwickeln, ihre Produktions- und Wertschöpfungsprozesse kundenorientiert anpassen und lernen datengetriebene Lösungen in skalierbare Geschäftsmodelle umzusetzen. Nur so kann die global steigende Nachfrage nach umweltgerechten Fahrzeugen, flexiblen Mobilitätsangeboten und vernetztem automatisiertem Fahren wirtschaftlich bedient werden.

---

<sup>1</sup> Siehe Anhang Abbildung 6

<sup>2</sup> Siehe Anhang Abbildung 6

*Langfristige Überlegungen zur Wertschöpfung müssen die Konsequenzen einer Verkehrswende und der Pandemie stärker berücksichtigen, als im Rahmen dieses Kapitels möglich ist. Dabei ist davon auszugehen, dass bis 2030 deutlich weniger und langsamere Fahrzeuge eingesetzt werden, um die EU-Klimaziele zu erreichen: Neben neue Technologien ist dazu ein nachhaltiger Verkehrsmix erforderlich, weniger motorisierter Individualverkehr und mehr intermodale Mobilitätsangebote (Fahrrad, Taxi, Bus und Bahn). Europa wäre ein geeignetes Experimentierfeld für die Implementierung digitalisierter und sozial-ökologischer Verkehrsmix-Konzepte, die dann auch in andere Weltregionen exportiert werden könnten. Innovative Industrie-Dienstleistungsnetzwerke realisieren nachhaltige Wertschöpfungsketten. Im Zusammenwirken sollten Staat, Wissenschaft und Wirtschaft die Organisation und Regulierungsstandards für nachhaltige Mobilitätssysteme erproben. China wird als der größte Absatzmarkt (ca. 40%) den technologischen und umweltpolitischen Rahmen für die Industrie setzen, der nur durch ein konzertiertes Handeln der EU, ihrer Länder und der Unternehmen mitgestaltet werden kann. Kann die europäische Autoindustrie nicht mithalten, droht der Verlust eines Großteils der Arbeitsplätze in der Automobilindustrie. Als Konsequenz aus der Pandemie ist eine Substitution von Reisen durch Virtualisierung und gleichzeitig ein Einbruch des öffentlichen Verkehrs zu erwarten, der dem MIV eine unerwartete Renaissance bescheren könnte. Darüber hinaus könnten Lieferketten verkürzt und verlorene Wertschöpfung aus dem Ausland nach Deutschland/Europa zurückverlegt werden. (unter Mitwirkung von Jens Maesse, Universität Gießen)*

## **Beschreibung der Unseens Wertschöpfung durch Daten**

Deutsche Automobilunternehmen arbeiten an der technologischen Spitze der globalen Automobilindustrie. Diese ist getrieben durch effiziente Treibstoffe und Antriebe sowie maschinenbauliche Kompetenz durch die Exzellenz in der Beherrschung von Materialtechnik, Fahrzeugbau und Maschinenbau-Technologien.

Die maschinenbauliche Qualität wird weltweit mehr und mehr vergleichbar beherrscht. Die Unterscheidungsmerkmale werden geringer und in gleichem Maße geht die Kriterien der Kunden für ihre Kaufentscheidung weg von Straßenlage, Kraftstoffverbrauch und Leistung hin zum IT-geprägten Erwartungen nach multifunktionalen Bildschirmen, Fahrzeugvernetzung und

digital unterstützten Fahrerassistenzsystemen. Die Kette der neuen Anforderungen mündet in der Vorstellung von voll automatisiertem Fahren. Die technologie- und finanzstärksten Anbieter solcher Lösungen kommen derzeit aus den USA und Asien. Die deutsche und europäische Auto- und IT-Industrie liegen im Digitalisierungswettbewerb der Mobilität deutlich hinter den heutigen Marktführern. Damit stehen weder die Technologien zur Verfügung, noch werden in der Computerindustrie entstandenen agile Entwicklungsprozesse in der deutschen Automobilindustrie gelebt.

IT-Technology Giganten wie Apple, Alphabet und andere nutzen ihre Marktpräsenz, sowie ihr Wissen über IT-Technologien seit

über 10 Jahren um sogenannte smarte Fahrzeuge zu entwickeln.<sup>3</sup>

Gelingt es der deutsche Automobilindustrie nicht die internen und externen Herausforderungen zu bewältigen und ihren Kunden gleichwertige Lösungen anzubieten, droht beim deutschen Maschinenbau, Zulieferern aber auch der Wissenschaft ein Verlust von

Wissen und Rechten an geistigem Eigentum. Die Wertschöpfung verlagert sich vom Primärprodukt Fahrzeug hin zu flexiblen Mobilitätsdienstleistungen und digitalen Infrastrukturbetreibern. Die Folge wäre ein dauerhafter Rückgang von qualifizierter Beschäftigung und dadurch ein Wohlstandsverlust und ein Zunahme von Arbeitslosigkeit<sup>4</sup>.

### *Ursachen und Erklärung zur Entstehung dieses Unseens*

Die Automobilindustrie unterliegt derzeit den größten dagewesenen Umwälzungen. Das steigende Verständnis der Auslöser für die globale Erwärmung treibt die Notwendigkeit von traditionellen Verbrennungsmotoren, hin zur Elektromobilität oder andern nichtfossilen Antriebsarten.

- Digitalisierung ermöglicht hier die nötigen technischen Neuerungen zum effektiven Management elektrischer Antriebe.
- Die Verfügbarkeit von miniaturisierter hoch effizienter Messtechnik mit Computer gestützter Künstlichen Intelligenz bereiten den Weg für voll autonom fahrenden Fahrzeugen (Level 5) in absehbarer Zukunft.

- Digitale Werkzeuge entwickeln sich von prozessunterstützenden Hilfsmitteln hin zu unabdingbaren Voraussetzungen zur Entwicklung, Fertigung den Verkauf und Betrieb von Fahrzeugen.

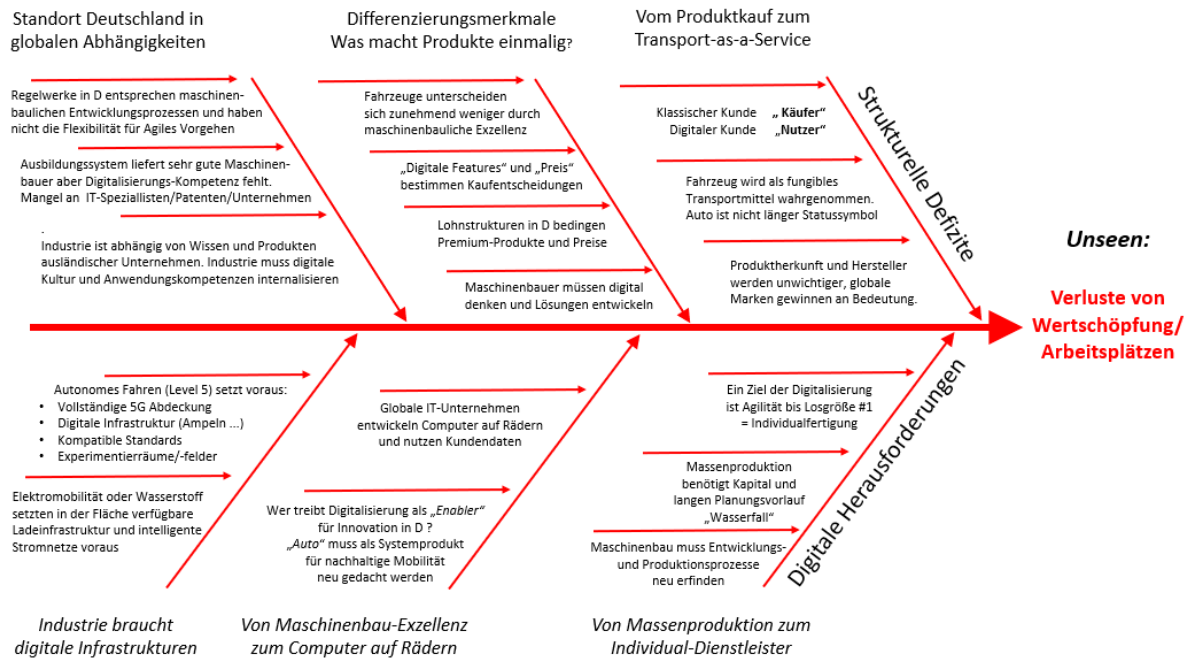
Aus den genannten Entwicklungen resultieren für alle europäischen Fahrzeughersteller, auch Schienenfahrzeuge und Schiffe, neue Anforderungen und nie dagewesene Herausforderungen sowohl bei der Entwicklung und Produktion von intelligenten Fahrzeugen als auch der betriebsunterstützenden Digitaltechnik. Im Folgenden wird das Automobil exemplarisch vertieft, da dieser Fahrzeugbereich für Deutschland besondere Bedeutung besitzt.

---

<sup>3</sup> Siehe Anhang Abbildung 6

<sup>4</sup> Siehe Tabelle 1 S. 5

**Tabelle 1: Mögliche Ursachen für Wandel der Wertschöpfung im Mobilitätssektor**



Quelle: Eigene Darstellung

### An welchen Zielen orientiert sich ein Umgang mit den Unseens

Das gesellschaftliche Ziel im Umgang mit diesem „Unseen“ muss sein, Arbeitsplätze und Wohlstand durch Innovation und erfolgreiche Migration der traditionellen Automobilkompetenzen in, den veränderten Anforderungen gewachsene, Wertschöpfungsnetzwerke zu sichern.

Betrachtet man die Veränderungen und deren Ursachen, so sieht man, dass hier sowohl interne, aber auch externe Faktoren

gleichzeitig auftreten die ganzheitlich zu betrachten sind.

Viele dieser Veränderungen treffen für Industrien und den Maschinenbau im Allgemeinen zu. Die Automobilindustrie steht dabei vor komplexen Herausforderungen:

#### 1) Transport-as-a-Service

Während die Generationen der Baby-Boomer (bis 1964) und Generation X (bis ca.

1980) das Auto als Ausdruck von individueller Freiheit und Erfolg gesehen haben bestimmt bei der Generation Z+ (ab 1995) verstärkt die sachliche „Service/Nutzen“ Abwägung die Kaufentscheidungen. Durch digitale Infrastruktursystem und Plattformen ist vieles was früher angeschafft ist heute als digitaler „Dienst“ verfügbar. „Software-as-a-Service“, „Computer-as-a-Service“ aber auch Musik oder Videos as a Service durch z.B. Spotify oder Netflix. Car-Sharing, Leih-Fahrräder und eScooter sind Teil des urbanen Straßenbildes geworden, das zunehmend von Mobility-as-a-Service Angeboten mitgeprägt werden wird.

Dabei wird individuelle Eigentum am eigenen Fahrzeug immer weniger als notwendiges Statussymbol wahrgenommen und verstärkt durch die flexible Nutzung von Mobilitätsdienstleistungen im Sinne der Sharing Economy (B2C, P2P) substituiert. In dem Maße wie die Bereitschaft der Verbraucher sinkt größere Beträge in ein eigenes Auto zu investieren und damit Kapital langfristig zu binden, muss die Automobilindustrie mit neuen Mobilitätsangeboten darauf reagieren, das ihr Produkt und Markenkern, das Fahrzeug, zunehmend als ein austauschbares Mittel zum Transport von A nach B angesehen wird.

Gleichzeitig ist zu beobachten, dass im Kontext der Plattformökonomie sich auf der Ebene der Mobilitätsanbieter prekäre Arbeitsbedingungen (Timo Daum 2018) ausbreiten (z.B. UEBR, Liefer-Kuriere, Scheinselbstständige Lohnkutscher) was zur Verlagerung von Wertschöpfung aus dem realen Arbeitsmarkt hin zu digitalen Systembetreibern beiträgt. Dieser Prozess ähnelt der Verlagerung von Wertschöpfung im Automobilsektor ins Ausland.

## 2) Differenzierungsmerkmale

Diese veränderte Betrachtungsweise bestimmt Entscheidungen der Kunden. Wo früher Design und technische Details von hochentwickelten Fahrzeugen Kaufentscheidungen beeinflussten, geht es heute um Preis und „Komfort-Merkmale“ wie große Displays, Fahrerassistenzsysteme, Navigation und Bedienbarkeit der computerisierten Werkzeuge. Die verbaute Technik, Hersteller und/oder Produktions- bzw. Herkunftsland treten immer weiter in den Hintergrund.

Die Generation Z<sup>5</sup> in Deutschland nutzt elektronische Produkte von Markenherstellern wie Apple, Samsung oder Google als Technologieführer während in anderen Ländern die heimische Produkte propagiert und gezielt gefördert werden.<sup>6</sup>

### 3) Industrie 4.0 - Losgröße #1 zum Preis von Massenprodukten

Durch die Vernetzung von computerisierten Prozess Elementen erfordert die Digitalisierung die 4te Industriellen Revolution<sup>7</sup>. Auch wenn die Maschinenbau Industrie in den letzten Jahren umfangreiche Automatisierung erlebt hat, so fußen die Prozesse und Produkte (Autos) überwiegend auf traditionellen, in der Massenproduktion erprobten Herstellungsmethoden.

Software wird direkt von einem „App Store“ heruntergeladen oder der Kunde erhält alles was er benötigt von Amazon oder Alibaba nach Hause geliefert. Die Digitalisierung ermöglicht jedes Produkt kundenspezifisch zu erzeugen und mit einer individuellen Kundenbeziehung als Dienstleistung anzubieten. Diese selbstverständliche Fä-

higkeit wird in der Mobilitätsbranchen zukünftig vorausgesetzt. Für traditionelle Produkthersteller ein zusätzliches Hindernis ihre Markstellung zu behaupten.

### 4) Computer auf Rädern

Die Strategie globaler IT-Unternehmen wie Alphabet oder Alibaba zielt darauf ab die Digitalisierung für alle Lebensbereich Ihrer Kunden anzubieten und zu vernetzen. Nachdem Sensoren und Elektronik seit den 90 Jahren verstärkt im Fahrzeug zum Einsatz kommen wird das digitale Mobil der nahen Zukunft ein Computer mit Rädern<sup>8</sup>. Traditionell bewährte Prozesse und Entwicklungszyklen im deutschen Maschinenbau müssen mit Hilfe von agilem Projekt Management und innovativen Entwicklungstools und -methoden digitalen Markterfordernissen angepasst werden, wie es in Ländern mit ausgeprägter IT-Kompetenz durch branchenübergreifende Kooperation und Wissenstransfer gelungen ist Herstellerkultur digitalen Denk- und Geschäftsmodellen anzunähern.

### 5) Infrastruktur am Standort Deutschland

---

<sup>5</sup> Nach 1995 geboren

<sup>6</sup> Vgl. [3]

<sup>7</sup> Vgl. [2]

<sup>8</sup> Vgl. [4]

Um unter den neuen Anforderungen weltweit nutzbare und attraktive Produkte entwickeln und betreiben zu können, bedarf es einer qualitativ hochwertigen heimischen Infrastruktur. Anforderungen des modernsten und am wenigsten eingeschränkten Autobahnnetzes weltweit hat dazu beigetragen, dass das Fahrtdynamik und die Motorisierung deutscher Fahrzeuge allerhöchsten Ansprüchen genügen. Das Image von Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbegrenzungen hat in der Vergangenheit den weltweiten Mythos deutscher Automarken beflügelt. Gelingt es diese Kompetenz auf nachhaltige und vernetzte Mobilitätslösungen zu übertragen, kann die deutsche Automobilindustrie damit global eine Führungsrolle für umweltschonende Mobilität einnehmen und Wertschöpfung entsprechend erhalten.

Am Beispiel des autonom vernetzten Fahrens ( Level 5) <sup>9</sup> wird deutlich, dass technische Voraussetzungen wie 5G Mobilfunk als Infrastruktur in Deutschland flächendeckend verfügbar sein müssen, ebenso wie intelligente Stromnetze für die Versorgung von Elektromobilen mit Ladeinfrastruktur,

---

<sup>9</sup> Nach Norm SAE 3016

<sup>10</sup> Siehe Anhang Abbildungen 6 und 8/9

um bereits in der Erprobungsphase praktische Erfahrungen vor Ort zu sammeln zu können. <sup>10</sup>

## 6) Umfeld

Das deutsche Rechtssystem basiert auf traditionellen Werten und Methoden der analogen Zeitalter. Agile Ansätze erfordern hier ein Umdenken, um im internationalen Wettbewerb der Industrie die gleichen Möglichkeiten zu geben, wie ausländische Unternehmen im Ausland sie nutzen. Dabei ist zu vermeiden, dass Automobilhersteller gezwungen sind Tests und Forschung im Ausland zu betreiben, die so in Deutschland nicht durchführbar wären. Ein nicht Agiles Rechtssystem und Verhalten von Behörden stellt für den Innovations- und Forschungsstandort Deutschland ein signifikantes Hindernis dar<sup>11</sup>.

Gemeinsames Ziel von Industrie und Hochschulen muss dabei sein, Ingenieure und Entrepreneur für die komplexen Herausforderungen der Zukunft auszubilden, die in der Lage sind, wirtschaftliche und ökologische Ziele zusammenzudenken sowie

<sup>11</sup> Siehe Anhang Abbildung 7



technische Lösungen für spezifische gesellschaftliche Erfordernisse unter Nutzung der digitalen Möglichkeiten umzusetzen. Digitale Kompetenzvermittlung bedeutet die Fähigkeit vernetzt zu denken zu trainieren und zu lernen in transdisziplinären Netzwerken zu handeln.

Die IT-Konzerne mit den größten Forschungsbudgets haben ihren Sitz ausschließlich im nicht europäischen Ausland<sup>12</sup>. Dort unterstützen sie Forschung und Schulen und bilden die Zukunftsgeneration von IT-Ingenieuren aus.

Ein Ziel des deutschen dualen Ausbildungssystems in Deutschland muss es

sein akademischen und nicht-akademischen Nachwuchs so zu fördern, dass Innovation und Unternehmertum die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung voranbringen. Der Versuch mit Maschinenbau Erfahrung und Ingenieurwissen allein wettbewerbsfähige Lösungen für die Mobilität der Zukunft zu finden, wird scheitern. Deutschland würde Entwicklungspotenziale der Digitalisierung verpassen und damit seine führende Stellung im globalen Mobilitätsmarkt gefährden.

### *Welche Maßnahmen sind für welche Ziele sinnvoll*

Aus den oben aufgeführten Zielen zur Erhaltung von wertschaffenden Arbeitsplätzen und des Wohlstands durch eine Leitfunktion im Maschinenbau und der Automobilindustrie leiten sich folgende Maßnahmen ab:

#### **1) Agile Leitlinien**

Agile Transparenzkriterien & Leitlinien für Zukunftstechniken wie automatisierte Entscheidungen/KI-Einsatz im Verkehr (z.B. autonomes Fahren, Safety) und Andere sind dringen nötig um einen klaren und

rechtssicheren Raum um diese Technologien zu schaffen.

#### **2) IoT-Kompetenz**

In der permanenten Vernetzung von Maschinen über das „Internet der Dinge“ (IoT)

<sup>12</sup> Quelle: Anhang Abbildung 4

verlagert sich zunehmend die Werteschöpfung ins Netz bzw. die Cloud. Die hohe Prozesskompetenz deutscher Ingenieure muss auch im Mobilitätssektor dringend um die für digitales Produktdesign und Geschäftsprozesse notwendigen Technologien und Methoden erweitert werden. Liegt die Zukunft der Maschinen im Netz, gilt das umso mehr für zukünftige Erfolgchancen im Mobilitätssektor. Die strategische Übernahme des Nokia-Kartendienstes in das Gemeinschaftsunternehmen HERE im Jahr 2015 durch Audi, BMW und Daimler ist ein Beispiel dafür, wie deutsche Automobilhersteller unternehmerisch Weichen stellen, um in einer anders geprägten Unternehmenskultur datengetriebene Geschäftsmodelle für ihre Kunden global umzusetzen.

### **3) Kompetenz im Bereich der Softwareentwicklung**

Ein Fahrzeug der Premiumklasse verfügt bereits heute über Software im Umfang von 100 Mio. Lines of Code. Daraus resultiert der Bedarf an einem hohen Verständnis vom Einsatz von Software bis hin zu der Fähigkeit Code selber schreiben und testen zu können.

### **4) Daten-Souveränität**

Zunehmend liefern eine Vielzahl von Sensoren und Objekten Daten an Bordrechner, die über das mobile IoT verteilt und mit Software an vielen Stellen im Netz verarbeitet werden. Dabei können die drei Stufen der Fahrerunterstützung durch Sensoren, die Automatisierung von Vorgängen mit Algorithmen und das vollautomatisierte Fahren mit KI unterschieden werden. Die Frage wie welche Daten erfasst, zu Informationen verdichtet und ausgewertet werden können (Big-Data) ist für Hersteller und Mobilitätsanbieter gleichermaßen zu einer zentralen Kompetenz geworden. Die dafür benötigten Kompetenzen sind mit vorhanden und anders ausgebildeten Mitarbeitern zu entwickeln, um nicht den Anschluss im internationalen Wettbewerb zu verlieren.

### **5) Aus- und Weiterbildung**

Mittelfristig muss sich das Schul- und Universitätssystem auf die neuen gesellschaftlichen und technischen Anforderungen der Digitalisierung umstellen. Digitale Medienkompetenz, Agile Prozessgestaltung und Grundverständnis digitaler Wertschöpfungsketten müssen auch Gegenstand für die innerbetriebliche Aus- und Weiterbildung werden, um die heutigen, auch älteren Mitarbeiter der Automobilunternehmen

nicht aus den Arbeitsprozessen zu verlieren.

Wenn die deutsche Wirtschaft ihren industriellen Vorsprung behalten will, müssen die Kompetenzen für Maschinenbau und Digitalisierung auf globalen Spitzenniveau gezielt entwickelt, gefördert und zu marktfähigen Leistungen gebündelt werden.

## **6) Infrastruktur**

Infrastruktur Projekte wie die Etablierung von 5G als Basis für Autonomes Fahren aber auch sonstige Digitalisierung von Verkehrsräumen sind dringend erforderlich, um auch hier Innovation zu treiben. Neben der Entwicklung physischer Infrastruktursysteme, braucht es für digitale Datenplattformen für Mobilitätsdienste und dezentrale Infrastrukturarchitekturen Standards, die Qualität, Integrität und Kompatibilität von

Systemen über Grenzen hinweg sicherstellen.

## **7) Experimentierräume/Reallabore**

Zur Umsetzung innovativer Technologien und Produkte sind in Deutschland physische Experimentierräume zu ermöglichen, in denen, abweichend von geltenden Normen und gelernten Regelwerken, neue Entwicklungen mit Nutzern und Stakeholdern aus Industrie und Wissenschaft alltagsnah erprobt und zur Marktreife gebracht werden kann. Die Förderung der Reallabore für nachhaltige Mobilität und Einrichtung von 5G Testfeldern sind Beispiele dafür. Unter praxisgerechten Voraussetzungen wird sich auch in Europa genügend Kapital zur Erschließung der digitalen Marktpotenziale im Mobilitätssektor finden und zur Erhaltung der damit verbundenen Wertschöpfung und Arbeitsplätze binden lassen.

## *Begründung für die Orientierung*

Digitalisierung der Mobilität verändert die Wertschöpfung von Herstellern, öffentlichen und privaten Mobilitätsanbietern sowie die Nutzungsmuster. Um international Wettbewerbsfähig zu bleiben sind die Akteure im europäischen Mobilitätssektor zu befähigen digitale Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu betreiben. Mobilitätsinfrastrukturen in Deutschland sind entsprechen verkehrs- und energiepolitischen Zielen upzugraden und Geschäftsprozesse digital kompatibel nachhaltig zu gestalten.

Nach dem Einzug der Elektronik im Fahrzeug in den 90er Jahren wandelt sich das Auto rapide zu einem vernetzte Computer auf Rädern, einer mobilen Komponente in einem komplexen Verkehrssystem. Die Wertschöpfung der Autoindustrie verlagert sich entsprechend von der Veredelung des Rohstoffes Stahl zu leistungsstarken Motoren mit attraktiven Karosserien, von der Hardware-Herstellung zur Orchestrierung von digitalen Betreibernetzwerken die Kun-

denbeziehungen, Verkehrsströme und Mobilitätsleistungen effizient und nachhaltig managen.

Deutschland kann bei der Entwicklung von Standards z.B. für umweltgerechte Mobilitätsleistungen, gesicherte Mobilitäts-Datenräume und europäischen Infrastruktursysteme, aufgrund seiner Kompetenzen, der zentralen Lage und der wirtschaftlichen Bedeutung, eine gestaltende Führungsrolle einnehmen.

**ANHANG:**

**Abbildung 1 Technologieanforderungen für Automatisiertes Fahren**

Automatisierungs- / Autonomie Grad		Fahrzeug Sensorik	Echtzeit Computing	Daten-speicherung	Daten-netzwerk	Digitale Infrastruktur	Big Data
<b>INFRASTRUKTUR</b>							
Integrierte Verkehrssteuerung		----	High Performance Computing im Fahrzeug	Gestaffelte Datenhaltung und Datenaustausch	Stabiler bidirektionaler Datenaustausch	Verkehrsinfrastruktur ist mit Sensoren und Aktoren digitalisiert	High Performance Computing für KI basierte Echtzeitsteuerung
<b>FAHRZEUG</b>					<b>NETZWERK</b>		
SAE J3016 Level of Autonomous Driving	L5 <b>Volle Autonomie</b> für allen Bedingungen	Video gesteuerte KI zur Erkennung menschlicher Reaktionen	KI Echtzeit Erfassung, Bewertung und Reaktion auf Umgebungs-situationen	Fahrzeug speichert KI Daten über Entscheidungen (Blackbox)	Volle sichere high speed Anbindung Digitalisierung (5G, Distributed Ledger)	↑	↑
	L4 Hohe Automation eingeschränkten	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	L3 Konditional z.B. Stau-Assistent	↑	Computerunterstützte Automation	Speicherung von Basis Konditionen zB Licht an	Basis Datenaustausch Starssensperrungen...	Fahrzeuge und Infrastruktur tauschen Daten aus	
	L2 Partielle Automation Steuern UND Bremsen	↑	↑	----	----	↑	↑
	L1 Driver Assistance Steuern ODER Bremsen	Steuer- und Regeltechnische Sensoren und Aktoren	Computerunterstützte Mess- und Regeltechnik	----	----	↑	↑
	L0 Fahrerunterstützende Sensorik ohne Automation	----	----	----	----	Analoge Infrastruktur Ampeln, Schilder, ...	

Quelle: Eigene Darstellung

**Abbildung 2: Fifth Avenue New York – 1900 Erstes Auto – 1913 Letzte Kutsche**

Wie schnell Umbrüche geschehen können, zeigt der Vergleich der New Yorker Fifth Avenue von 1900 gegenüber 1913. Während 1900 gerade mal ein einziges Auto zu sehen ist, sieht man 1913 nur eine Pferdekutsche und ansonsten nur Autos. Die um 1900 bekannten Kutschenbauer sind kurzer Zeit nicht

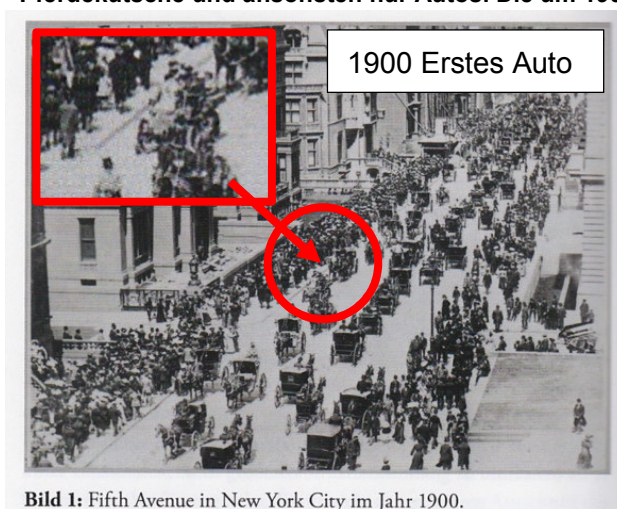


Bild 1: Fifth Avenue in New York City im Jahr 1900.



Bild 2: Fifth Avenue in New York City im Jahr 1913.

**Abbildung 3 Anhang: Ein „Kutschenmacher“ unter den Automobilpionieren**

Quelle: [1] Seite 38

Name	Leben	Ausbildung
<b>Robert Allmers</b>	1872–1951	Verleger
<b>Herbert Austin</b>	1866–1941	Techniker
<b>Carl Friedrich Benz</b>	1844–1929	Maschinenbauer
<b>Bertha Benz</b>	1849–1944	Risikokapitalgeberin, Mitbegründerin, Ingenieurin, Regelbrecherin, Testpilotin
<b>Ettore Bugatti</b>	1881–1947	Ingenieur
<b>Gottlieb Daimler</b>	1834–1900	Ingenieur, Industrialist
<b>Albert de Dian</b>	1856–1946	Mechaniker, Germanist
<b>Henry Ford</b>	1863–1947	Mechaniker
<b>Frederick William Lanchester</b>	1968–1946	Ingenieur
<b>Hans List</b>	1896–1996	Maschinenbauer
<b>Ludwig Lohner</b>	1858–1925	Kutschenmacher
<b>Wilhelm Maybach</b>	1846–1929	Konstrukteur
<b>Nicolaus Otto</b>	1832–1891	Kaufmann
<b>Ferdinand Porsche</b>	1875–1951	Installateur, Elektriker
<b>Johann Puch</b>	1862–1914	Schlosser
<b>Louis Renault</b>	1877–1944	Mechaniker
<b>Charles Rolls</b>	1877–1910	Ingenieur
<b>Frederick Henry Royce</b>	1863–1933	Ingenieur
<b>August Sporkhorst</b>	1870–1940	Webereibesitzer
<b>Wilhelm von Opel</b>	1871–1948	Ingenieur

Tabelle 1: Ausgewählte Automobilpioniere und ihre Ausbildung

**Abbildung 4 Anhang: Top 10 der Innovativsten Unternehmen**

Quelle: [1] Seite 70

2016	2015	Unternehmen	Milliarden Dollar
1	1	Apple	6,0
2	2	Alphabet	9,8
3	6	3M	1,8
4	5	Tesla Motors	0,5
5	3	Amazon	9,3
6	4	Samsung	13,1
7	NA	Facebook	4,8
8	8	Microsoft	11,4
9	7	GE	4,2
10	9	IBM	5,4

Tabelle 2: Top Ten der innovativsten Unternehmen 2016 © PwC

**Abbildung 5 Anhang: Forschungsintensitäten der Autohersteller**

Quelle: [1] Seite 279

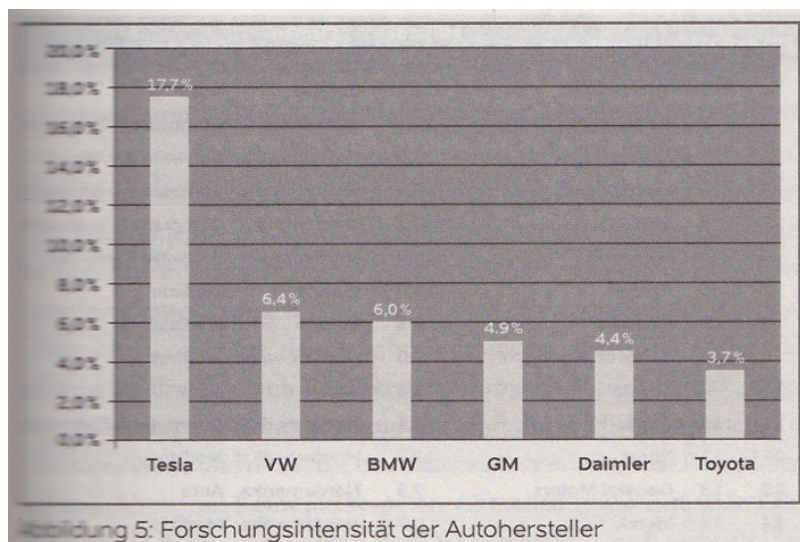


Abbildung 6 Anhang: Die Unternehmen mit den 20 größten Forschungsbudgets

Vgl. [1] Seite 280

2016	2015	Unternehmen	Millarden Dollar	Firmen-zentrale	Industrie
1	1	Volkswagen	13,2	Europa	Auto
2	2	Samsung	12,7	Südkorea	Computer & Elektronik
3	7	Amazon	12,5	Nordamerika	Software & Internet
4	6	Alphabet	12,3	Nordamerika	Software & Internet
5	3	Intel	12,1	Nordamerika	Computer & Elektronik
6	4	Microsoft	12,0	Nordamerika	Software & Internet
7	5	Roche	10,0	Europa	Medizin
8	9	Novartis	9,5	Europa	Medizin
9	10	Johnson & Johnson	9,0	Nordamerika	Medizin
10	8	Toyota	8,8	Japan	Auto
11	18	Apple	8,1	Nordamerika	Computer & Elektronik
12	11	Pfizer	7,7	Nordamerika	Medizin
13	13	General Motors	7,5	Nordamerika	Auto
14	14	Merck	6,7	Nordamerika	Medizin
15	15	Ford	6,7	Nordamerika	Auto
16	12	Daimler	6,6	Europa	Auto
17	17	Cisco Systems	6,2	Nordamerika	Computer & Elektronik
18	20	AstraZeneca	6,0	Europa	Medizin
19	32	Bristol-Myers Squibb	5,9	Nordamerika	Medizin
20	22	Oracle	5,8	Nordamerika	Software & Internet

Tabelle 8: Die Unternehmen mit den 20 größten Forschungsbudgets

Forschungsbudgets Top 5 IT Firmen	
Samsung	12,7 Mrd. USD
Amazon	12,5 Mrd. USD
Alphabet	12,3 Mrd. USD
Intel	12,1 Mrd. USD
Microsoft	12,0 Mrd. USD
<b>Summe</b>	<b>61,6 Mrd. USD</b>

8 IT Firmen  
unter den Top 20  
Investoren in Forschung



## Silicon Valley Aktivitäten der Automobilindustrie:

### Abbildung 7 Anhang: Berichte an die DMV über autonomes Fahren in USA

Quelle: [1] Seite 154

Firma	Anzahl Autos		Anzahl Abschaltungen (Disengagements)		Anzahl gefahrene Kilometer		Disengagemente pro 1.000 Kilometer	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
BMW	0	1		1		1.021		1,0
Bosch	2	3	625	1.442	1.496	1.573	417,8	916,8
Delphi	1	2	405	178	26.659	5.000	15,0	35,6
GM Cruise	0	25		181		15.642		11,6
Ford	0	2		3		944		3,2
Google-Waymo	57	60	341	124	678.930	1.017.389	0,5	0,1
Honda	0	0		0		0		
Nissan	4	5	106	29	2.376	6.558	44,6	4,4
Mercedes	5	1	1.031	336	3.582	1.077	287,8	312,0
Tesla	0	4		180		880		204,6
VW	2	0	260	0	23.912	0	10,9	
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>103</b>	<b>2.768</b>	<b>2.474</b>	<b>736.955</b>	<b>1.050.083</b>		

Tabelle 6: Disengagementbericht der Hersteller an die DMV;  
<https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous/testing>

**Test km Autonom**  
 2015 Google = 92%  
 2016 Google = 96%

### Abbildung 8/9 Anhang: Die Automobilindustrie in Silicon Valley

Quelle: [1] Seite 453 & 454

Unternehmen	Firmenzentrale
AlMotive (AdasWorks)	Ungarn
Audi Innovation Research	Deutschland
BMW	Deutschland
Continental AG	Deutschland
Daimler	Deutschland
Delphi Automotive	USA
Denso	Japan
Efficient Drivetrains Silicon Valley Innovation Center	USA
Fiat Chrysler Automobiles	Italien
Ford Research and Innovation Center	USA
General Motors Advanced Technology SV	USA
Great Wall Motors	China
HERE	Finnland
Honda Silicon Valley Lab	Japan
Hyundai	Südkorea
Magna	Kanada
Mazda	Japan
Mercedes Benz Research & Development	Deutschland
NextEV	China
Nissan/Nissan Research Center	Japan
Preh Car   TechniSat Automotive	Deutschland
Toyota Info Technology Center	Japan
VW Audi	Deutschland
Yamaha Motor Ventures & Laboratory Silicon Valley, Inc.	Japan
Zenrin	Japan

Tabelle 14: Ausgewählte Innovation Outposts von Automobilherstellern und -zulieferern im Silicon Valley

Deutsche Automobil Hersteller  
 und Zulieferer testen in Silicon  
 Valley

## Literatur zu den wesentlichen Aussagen

- [1] D. M. Herder, Der letzte Führerscheinneuling ist bereits geboren, 3. Hrsg., Plassen, 2019.
- [2] Kooperationspublikationen: Autor / Herausgeber: Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, acatech., „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 - Veröffentlicht 8. April 2013,“ [Online]. Available: [www.acatech.de/Publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/](http://www.acatech.de/Publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/).
- [3] USA Whitehouse, „US Whitehouse briefing 17 April 2017: Background Briefing on Buy American, Hire American Executive Order,“ 17 April 2017. [Online]. Available: <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/background-briefing-buy-american-hire-american-executive-order/>.
- [4] Hofmann, K.M. Mobilität 4.0 – Evolution einer digitalen Mobilitätskultur in Swissfuture [Magazin für Zukunftsmonitoring](#) AUTO 4.0 – Inhalt 3/2016

## Verzeichnis Endnoten