

---

Kapitel 1

# Auswirkungen von Digitalisierung auf persönliche Mobilität und vernetzte Räume – Zusammenfassende Betrachtung der Unseens digitaler Mobilität

---

Klaus Markus Hofmann, Susanne Hanesch,  
Meike Levin-Keitel, Florian Krummheuer,  
Wolfgang H. Serbser, Karl Teille, Christoph Wust

unter Mitarbeit von Denise Baidinger, Elke Fischer, Katharina Jahn, Walter Palmethofer,  
Michael Prytulla, Liselotte Schebek, Thomas Thiele, Johanna Tiffe, Thomas Waschke,  
Yulika Zebuhr sowie wissenschaftliche Kommentierung durch Weert Canzler und Jens Maeße



**Abstract:** Digitalisierung der Mobilität führt zu (1) einem neuen Umgang mit Mobilitätsdaten und ermöglicht innovative (2) Mobilitätsangebote, die (3) soziale und physische Raumbezüge verändern werden sowie (4) den Ressourcenverbrauch beeinflussen und einen (5) Wandel der Wertschöpfung für Hersteller und Betreibende bewirken. Das vorliegende Kapitel zeigt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, unbeabsichtigte Folgewirkungen der Digitalisierung im Bereich persönlicher Mobilität auf, insbesondere mögliche Fehlentwicklungen in Hinblick auf verkehrs-, sozial- und umweltpolitische Ziele (Unseens: „Unintended side effects“). Diese transdisziplinäre Analyse von WissenschaftlerInnen und PraktikerInnen erörtert Ursachen und entwickelt basierend auf sozial robusten Orientierungen (SoROs) Maßnahmenempfehlungen, die für die digitale Transformation einen nachhaltigen Handlungsrahmen für Hersteller, AnbieterInnen, NutzerInnen und Öffentliche Hand in Europa beschreiben und plädiert zugleich für eine Governance für digitale Infrastrukturen und Mobilitätsdaten die im Sinne von Allmendegütern von den Mobilitäts-Akteuren auszuhandeln sind.

### Executive Summary

Die Digitalisierung des Mobilitätssektors erzeugt bereits Datenvolumina in nie gekannter Menge und wird gravierende Auswirkungen haben. Grundlage für eine sozial robuste Digitalisierung im Mobilitätssektor ist (a) eine nachhaltige Datenkultur, die sowohl die europäischen Grundsätze für System- und Datenzugang, Datensouveränität und Datensicherheit, als auch den Schutz persönlicher Daten gewährleistet sowie Kontext und Kompatibilität von Mobilitätsdaten und die Prinzipien der Datensparsamkeit berücksichtigt.

Digital optimierte Verkehrssysteme tragen maßgeblich dazu bei, die Effizienz im Verkehr zu steigern, beispielsweise die durch Erhöhung der Auslastung von Fahrzeugen oder der Reduktion von Emissionen und Ressourcenverbrauch. Auf individueller Ebene wird Auto-Mobilität sukzessive durch digitale Mobilitätsangebote (auch MaaS) ersetzt und könnte mittelfristig durch das Leitbild „nutzen statt besitzen“ überformt werden. Um Fehlallokationen zu vermeiden sind (b) bestehende und neue Mobilitätsangebote in intermodale Mobilitätsplattformen vernetzt zu integrieren und gleichzeitig einer Monopolbildung von digitalen Anbietern vorzubeugen.

Digitale Mobilität trägt zur Veränderung von Raumqualitäten, -widerstand und der Raumnutzungen bei, was sich auf Mobilitätsmuster auswirkt. Digitalisierung der Mobilität darf nicht auf Technologie reduziert werden, sondern muss (c) auch die systemische Wechselwirkung von mobilen Individuen und Gruppen mit Raum, Technik, Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft sozial berücksichtigen und NutzerInnen an Planungsprozessen teilhaben lassen.

Digitalisierung beansprucht zusätzliche Ressourcen für vernetzte Fahrzeuge und digitale Infrastrukturen und kann zu mobilitätssteigernden Effekten führen, weshalb (d) Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung als gesellschaftliche Prämissen für die digitalen Entwicklungen und öffentliche Investitionen vorausgesetzt werden müssen.

Zur Erreichung der verkehrs- und energiepolitischen Ziele sind nachhaltige Mobilitätsprodukte zu fördern und die digitalen Infrastrukturen in Deutschland anzupassen, ebenso wie (e) industrielle Wertschöpfungsprozesse in global operierenden Netzwerken, sowie die Kompetenzen von Hochschulen, Mobilitätsanbietern und Systemherstellern für Software und digitale Geschäftsprozesse zu erweitern.

## 1 Beschreibung der Unseens

Mobilität verläuft in zunehmend vernetzten Infrastruktursystemen, die Menschen und reale Orte verbinden. Die automatisierte Erfassung von mobilitätsrelevanten Daten von Personen, Fahrzeugen, Infrastrukturen und Umwelt liefert nahezu in Echtzeit standortbezogene Informationen zu Mobilitätsangeboten und Nachfrage, Zustand und Auslastung von Fahrzeugen und Infrastruktursystemen sowie Bewegungsmuster von Personen und Maschinen. Datenbasierte Mobilitätsanalysen, Prognosen und Verkehrsmanagementsysteme für Straße, Luft und Schiene werden die Gestaltung, Steuerung und Automatisierung von Mobilität, d.h. Fahrzeugen, Endgeräten wie Wearables und öffentlichen sowie privaten Transportsystemen disruptiv verändern. Die zunehmende Digitalisierung des Mobilitätssektors erzeugt dabei Datenvolumina in nie gekannter Menge und wird gravierende Auswirkungen auf den Betrieb,

Investitionen, Umwelt, soziale Strukturen und Räume sowie die Wertschöpfung haben. Dieser Artikel beschreibt besonders sog. „Unseens“, also nicht beabsichtigte Nebenwirkungen der Digitalisierung von Personenbeförderung im Landverkehr.

### 1.1 Herangehensweise

Mobilität, auch digitale Mobilität ist gesellschaftswissenschaftlich gesehen ein Allmende-gut<sup>1</sup>, das im öffentlichen Raum erfolgt. Gemäß Ostrom, die Governance von Commons-Systemen beschreibt, bedarf auch die Mobilität von Personen und Gütern eines Allmende-Frameworks verlässlicher Aushandlungsmechanismen zwischen unmittelbar und mittelbar Beteiligten, die über Rechte und Pflichten, Investitionen, Prioritäten, Raumnutzung, die sozialen Opportunitäten sowie mögliche ökologische Auswirkungen entscheiden (Ostrom 1990).

Eine sektorverbindende Governance-Theorie für moderne Commons-Systeme, die über

1 Allmende – Commons oder Ressourcensystem, dessen rivale Nutzung zwischen unabhängigen Akteuren eine ausgewogenen Governance erfordert, die Beiträge zum System und Entnahmen von Ressourceneinheiten regelt. Als Modernes Commons umfasst digitale Mobilität beispielsweise digitale Infrastruktur-Systeme, Datenbeiträge und Datennahmen von Akteuren. Mobilitätsleistungen werden über freie und regulierte Märkte erbracht.

alle Ebenen (Einzelinteresse, regionales und lokales Interesse, gesamtgesellschaftliches Interesse) vermittelt, wurde für die Digitalisierung von Mobilitätssystemen beschrieben (Hofmann 2018). Als Grundlage einer starken nachhaltigen Entwicklung digitaler Mobilität muss die Governance Teil eines neuen gesamtgesellschaftlichen Zielbildes für Verkehrs- und Mobilitätssysteme sein. In transdisziplinären

Workshops von WissenschaftlerInnen und PraktikerInnen aus dem Mobilitätssektor wurden hierfür Handlungsfelder identifiziert, Forschungsfragen formuliert und die Themenfelder der auftretenden Unseens verifiziert und die damit verbundenen sozial robusten Orientierungen (SoROs) für Maßnahmen daraus abgeleitet:

Identifizierte Handlungsfelder	Forschungsfragen	Unseens <sup>2</sup> – Sozial Robuste Orientierung in Themenfeldern
<b>Systemzugang, Datenkonsistenz und Datenschutz</b>	<i>Wie sind transparente Standards für verantwortlichen Umgang mit „Privatsphäre“ in digitalen Mobilitätssystemen und den generierten Datenvolumina sicherzustellen?</i>	<b>Nachhaltige Datenkultur (1)</b>
<b>Innovative Mobilitäts-Plattformen bieten „Mobility as a Service“</b>	<i>Wie unterschiedlich gestaltet sich digitale Mobilität in Smart Cities und im ländlichen Raum? Welche Vulnerabilitäten können digitale Mobilitätsplattformen erzeugen?</i>	<b>Digitale Mobilitätsangebote (2)</b>
<b>Siedlungsstrukturen und Nutzung des öffentlichen Raum</b>	<i>Welche Rahmenbedingungen wären förderlich, um bei der zunehmenden Digitalisierung soziale, ökonomische oder ökologische Anforderungen an Mobilität in Einklang zu bringen?</i>	<b>Mobilität und Raumwirkung (3)</b>
<b>Energie- und Ressourcenbedarf sowie Klimawirkung</b>	<i>Welche sekundären Auswirkungen auf Klima und Umwelt durch digitale Mobilitätssysteme sowie verändertes Nutzerverhalten sind zu erwarten?</i>	<b>Ressourcenverbrauch (4)</b>
<b>Zukunftsperspektiven für den europäischen Wirtschaftsstandort</b>	<i>Können sich europäische Anbieter in Wertschöpfungsnetzwerken für digitale Mobilität behaupten? Was geschieht sozial, sollte diese Transformation nicht gelingen?</i>	<b>Wandel der Wertschöpfung (5)</b>

Tabelle 1: Identifizierte Handlungsfelder

2 Unseens (siehe Scholz et al., 2018) ist das englische Akronym von „unintended side effects“ und bezeichnet im Projekt DiDaT die negativen (Neben-)Folgen auf sensitive Teilsysteme Deutschlands welche von relevanten Stakeholdergruppen als bedeutsam betrachtet werden.

In dieser übergreifenden Betrachtung werden Phänomene digitaler Mobilität, die priorisierten Handlungsfelder und unterschiedliche Akteure in einem transdisziplinären Prozess mit Blick auf Unseens analysiert und Maßnahmen aufgezeigt, um den unerwünschten Folgewir-

kungen der Digitalisierung entgegenzuwirken (Scholz 2017). Als Richtschnur für Abwägung und Bewertungen von Unseens für digitale Mobilität im Landverkehr und Empfehlungen dient das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung.

### Box 1: Die transdisziplinäre Methodik des DiDaT Projekts

DiDaT erstellte in einem zweijährigen Prozess wechselseitigen Lernens und aktiver Beteiligung von 64 WissenschaftlerInnen und 73 PraktikerInnen Sozial Robuste Orientierungen (SoROs) für einen verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Daten und Infrastruktursystemen. Im Vulnerabilitätsraum (d.h. der Arbeitsgruppe) Mobilität und vernetzte Räume haben zehn WissenschaftlerInnen (RepräsentantInnen der in Mobilitäts-, Stadt- und Umweltforschung Tätigen) und acht PraktikerInnen (RepräsentantInnen der Herstellerindustrie, Verkehrsunternehmen und deren Verbände) ehrenamtlich unterschiedlich intensiv mitgewirkt. Dieser Prozess durchlief in allen sieben Vulnerabilitätsräumen folgende Schritte:

- (i) Definition von Leitfrage und Systemgrenzen
- (ii) Identifikation wichtiger nicht intendierter Auswirkungen der Digitalisierung (sog. „unintended side effects: Unseens“)
- (iii) Konstruktion eines Systemmodells und Bestimmung der wichtigsten Stakeholdergruppen
- (iv) Genaue Beschreibung der Unseens, Analyse der Unseens, Diskussion verschiedener Ziele für den Umgang mit den Unseens und Entwicklung von SoROs (Sozial Robusten Orientierung) zu zielkonditionalen Maßnahmenbündeln zu diesen Unseens (s. Scharnertabelle) (Scholz et al. 2012)
- (v) Erstellung des DiDaT Weißbuchs, das Orientierungen, Wegweiser und Leitplanken für einen nachhaltigen Umgang mit digitalen Daten für Zivilgesellschaft, Wirtschaft, Politik und Betroffenen liefert.

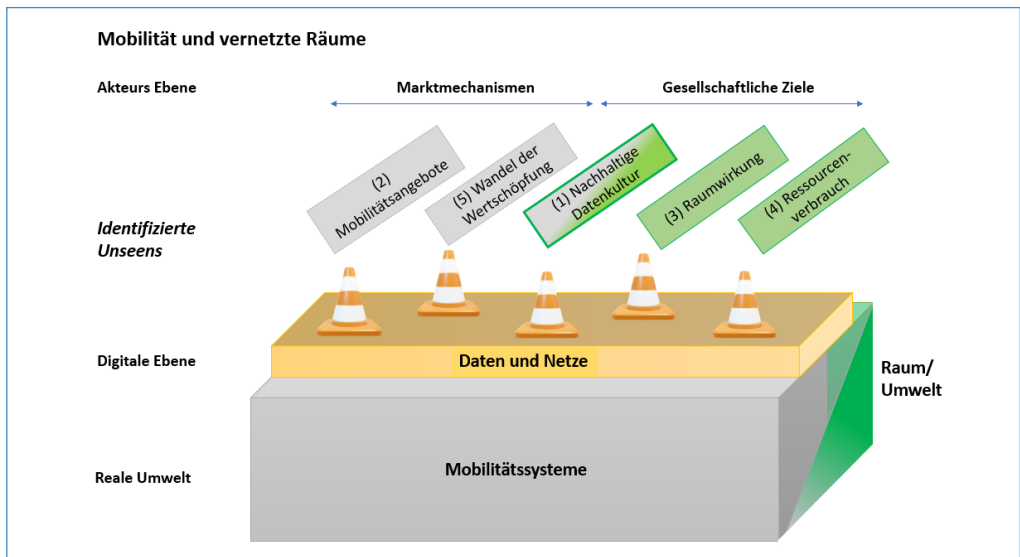
Die Zwischenergebnisse wurden auf Konferenzen mit StakeholderInnen und in vielen Arbeitstreffen diskutiert. VertreterInnen der Fachwissenschaft, der Praxis, der Nachhaltigkeit und öffentlicher Einrichtungen haben jedes einzelne Kapitel des DiDaT Weißbuches und alle Beiträge der ergänzenden Materialien zum Weißbuch „*Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten: Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses*“ begutachtet. Die vorliegende Version wird zum Gegenstand einer transdisziplinären Vernehmlassung, in der Akteure der Zivilgesellschaft, Organisationen, Unternehmen und Institutionen zu den Orientierungen ihre Meinung, Stellungnahmen und Verbesserungsvorschläge, wie im ERT Prozess, einbringen (Scholz et al. 2018).

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse weisen prozessbedingte Redundanzen auf, die zugleich die Verschränkung der verschiedenen Handlungs- und Themenfelder demonstrieren.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen richten sich nicht allein an die Legislative, sondern sollen als ein wissenschaftlicher Zwischenruf für sämtliche Stakeholder verstanden werden, die aus sehr heterogenen Interessen heraus jetzt in einer konzentrierter Aktion präventive Maßnahmen einleiten müssen, um die Chancen der Digitalisierung zu nutzen und gleichzeitig absehbaren negativen Folgen mit zivilgesellschaftlicher Verantwortung und nachhaltigen Lösungen zu begegnen.

Um mit Blick auf diese Wechselwirkung von Mobilität, Gesellschaft und Raum eine so-

zial robuste Risikoabschätzung vornehmen zu können, steht neben der Frage, für welche Probleme Digitalisierung von Mobilität Lösungen bietet und für welche eher nicht, eine Herausforderung im Zentrum. Diese besteht darin, die sozialen und gesellschaftlichen Voraussetzungen und Folgen der Digitalisierung parallel zur laufenden Umsetzung zu klären. Dabei muss eine vernetzte Perspektive über Einzeldisziplinen hinaus eingenommen werden und realitätsnahe Planungsprozesse über alle Ebenen und Stakeholder-Gruppen hinweg erfolgen.



**Abbildung 1:** Systemische Ebenen<sup>3</sup> und Handlungsbereiche für vernetzte Mobilität (zu identifizierte Unseens siehe auch Tabelle 1).

3 Die systemische Betrachtung bezieht sich hier auf die Wechselwirkungen von gebauter und natürlicher Umwelt mit digitalen Systemen sowie untereinander und deren Auswirkungen auf Beziehungen von Akteure zu diesen Systemen sowie miteinander.

Wie Abbildung 1 zeigt spiegelt die digitale Ebene die Realität von Mobilitätssystemen, Raum und Umwelt komprimiert, abstrakt, also nie vollständig wider. Unvermeidliche Abweichungen zwischen realer Welt und dem digitalen Zwilling stellen damit ein systemimmanentes Risiko dar. Digitalisierung bietet jedoch Werkzeuge zur Beeinflussung mobilitätsbezogener Prozesse in der realen Umwelt, insbesondere für Mobilitätssysteme sowie gebaute und natürliche Räume. Im Mobilitätssektor koexistieren dabei für Märkte und gesellschaftliche Bedürfnisse unterschiedliche Zielsysteme, für die nachhaltige Rahmenbedingungen etabliert und mögliche Interessenskonflikte ausgehandelt werden müssen.

## 2 Hauptursachen zu den Unseens digitaler Mobilität

### 2.1 Generierung von mobilitätsbezogenen Daten und deren Nutzung

Mobilitätsunternehmen, seien diese öffentlich oder privat, aggregieren schon heute Mobilitätsdaten, wo immer sie diese aus ihren Geschäftsprozessen erhalten können, z.T. anonymisiert und auch ohne die NutzerInnen um Zustimmung zu ersuchen. Fahrzeuge, Verkehrsinfrastrukturen und Datennetze sind Vorreiter für „Pervasive Computing“<sup>4</sup> und selbst zu wertvollen Datenlieferanten geworden. Diese Daten entstehen teilweise lokal, mobil oder werden stationär abgerufen. Durch Digitalisierung der Mobilität werden Mobilitätsdaten in bisher nie gekannten Volumina erhoben. Mit Unterstützung von Verkehrsmodellen und ler-

nenden Systemen können diese Daten zur fortlaufenden Optimierung von Verkehrsströmen wie auch von Mobilitätsangeboten genutzt werden, ebenso wie für andere mobilitätsnahe oder verkehrsfremde Zwecke.

Im Umfeld der digitalisierten Mobilität bedürfen bei der Daten- und Systemnutzung alltagsrelevante Aspekte der Erfassung, Speicherung und Verwendung besondere Aufmerksamkeit: Zugang zu Daten und Netzen steht Akteuren und VerkehrsteilnehmerInnen bzw. Partizipierenden an vernetzten Räumen nicht in gleichem Maße offen. Digitale Mobilitätsangebote setzen Mobilfunkversorgung und Zugang zu digitalen Endgeräten voraus, sind entgeltabhängig oder an Mobilitätsanbieter gekoppelt. Kommunikation von Verkehrsteilnehmenden wird durch IT-Systeme ermöglicht oder versagt. Bei Fahrzeugherstellern und Mobilitätsanbietern gelangen die erhobene Daten in eine Black Box, die in Bezug auf weitere Verwendung und Datenweitergabe für Dritte weitgehend intransparent und aus wettbewerblichen Erwägungen verschlossen bleibt. Dabei liegen im Verkehrssektor die volkswirtschaftlichen Potenziale der Digitalisierung in verbesserter Kooperation.

Für Mobilitätsdaten kommt als ein entscheidendes Merkmal hinzu, dass Daten, die erhoben, gespeichert und weiterverwendet werden, inhärent mit einem Ort und der Identität der Person verbunden sind. Im Mobilitätskontext können vier Kategorien unterschieden werden:

- a) Daten, die nur indirekt mit Personen in Beziehung stehen
- b) Daten, die in Beziehung mit klar umrissenen Personengruppen stehen

<sup>4</sup> Pervasive Computing ist ein Konzept für vernetzte, miniaturisierte und eingebettete Computersysteme, die den Alltag durchdringen (Hilty et al., 2003).

- c) Daten, die von einem oder sehr wenigen Individuen stammen
- d) Daten, die unauflöslich mit einer Person verbunden sind

Der nötige Datenschutz nimmt im jeweiligen Kontext mit der Nähe zur Identität einer Person zu. Während unter Punkt a) anonyme Betriebsdaten verstanden werden können sind unter Punkt d) Vital-Daten gemeint, da Fahrzeugsensoren auch biometrische Daten von FahrerInnen erfassen und weiterleiten können – Daten, die nach europäischem Rechtsverständnis und der DSGVO unabhängig vom Kontext einem besonderen Schutz unterliegen.

IT-Systeme in Fahrzeugen weisen einen hohen Grad an Komplexität auf, deren Programme bis zu hundert Millionen Zeilen Code enthalten. Mit der Erfassung der Bewegungen von Personen und Fahrzeugen aller Art sowie Umweltdaten, z.B. durch Pervasive Computing, wird der digitale Fußabdruck und damit die Transparenz einzelner NutzerInnen weiter zunehmen. Um ein einziges autonom agierendes Fahrzeug sicher durch den Verkehr zu führen, wird mit bis 300 Gigabyte Daten pro Stunde gerechnet. Die übertragene Datenmenge wird für autonom vernetztes Fahren, bei dem Fahrzeuge auch miteinander kommunizieren, weiter ansteigen. Dieses gewaltige Wachstum an Datenvolumen (resultierend aus der exponentiellen technischen Entwicklung) erfordert zusätzliche Rechner- und Speicherkapazitäten und benötigt zu deren Betrieb sehr große Mengen an Strom.

Technische Lösungen bieten BenutzerInnen einerseits eine höhere Verkehrssicherheit und

mehr Komfort bei Wegfindung, Zielrichtung, Kommunikation und Infotainment. Diese basieren auf kommerziellen Modellen, deren wirtschaftliches Interesse andererseits im Verkauf von Dienstleistungen besteht, welche letztendlich auf erhobenen Daten und den dazugehörigen Programmen beruhen. Für Softwarehersteller und Plattformbetreiber wachsen mit der Skalierung der Nutzerbasis die Netzwerkeffekte, die wiederum zu einer Mono- oder Oligopolbildung führen können. Statt die Datenerhebung auf das notwendige Minimum zu beschränken führen wertsteigernde Skaleneffekte zu einem nahezu unbegrenzten Hunger nach Daten. Das automatisierte Sammeln von Mobilitätsdaten läuft somit dem generellen Vorsorgeprinzip der Datensparsamkeit entgegen.

Der Zugang zu so vielen Informationen auf Provider- und Systemebene beeinflusst die Entscheidungsfindung der Individuen als auch Handlungsoptionen der öffentlichen Hand dauerhaft. Die für digitale Mobilitätssysteme zum Einsatz kommenden Systeme der Künstlichen Intelligenz oder KI<sup>5</sup>, basieren auf Milliarden von Datensätzen, die synchron verarbeitet werden. Diese Daten stehen in direktem Bezug zum Mobilitätsverhalten und fallen in die Kategorie personenbezogener Daten. Datenquellen sind außerdem die mobilen Geräte der NutzerInnen, vom Fahrzeug bis hin zum Smartphone und sonstigen Wearables die relevante Daten übertragen. In der Praxis fehlt KundInnen die Transparenz über die Datenerfassung und -nutzung sowie praxiserrechte Abwahl-Mechanismen (Opt-Out) für erweiterte Datenanalysen, auch wenn diese durch eine Zustimmung zu

5 Künstliche Intelligenz beschreibt lernende Programme, die bei der Lösung von Informatik-Problemen, für die es keine analytische Beschreibung gibt oder Aufgaben deren Berechnung zu komplex wäre (heuristische Verfahren) eingesetzt werden. Typische KI-Techniken sind Zeichenerkennung (OCR), Neuronale Netze und Deep Learning.



AGB legitimiert werden. Es fehlen außerdem Standards und zertifizierte Prozesse, um Kontextualität und Konsistenz von Mobilitätsdaten zu gewährleisten, insbesondere dort wo Leib und Leben von präzisen und aktuellen Orts- und Zustandsinformationen abhängig sind. Beispiele sind Fahrassistenzsysteme mit Augmented Reality, kurz AR oder erweiterte Realität (bspw. die elektronische Anzeige zusätzlicher Informationen platziert in der realen Umgebung) oder das automatisierte Fahren.

Verschiedene Arten von Mobilitätsdaten müssen in der Governance, abhängig von ihrer Kritikalität und dem spezifischen Verwendungskontext 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, die im Kontext von mobilen Menschen erhoben werden und Rückschlüsse auf einzelne Personen zulassen

Die Effizienz einer digitalen Verwaltung lässt Behörden intensive Anstrengungen unternehmen, um Verwaltungsprozesse zu digitalisieren und Datenarchive von relevanten Informationen anzulegen, auch für Organe mit Sicherheitsaufgaben. Daten müssen nicht nur in Bezug auf den Staat geschützt werden, sondern noch dringender in Bezug auf Unternehmen, die direkt oder mittelbar auf die wachsende Menge von digital verfügbaren Mobilitätsdaten zugreifen. Mit neuen technischen Möglichkeiten wächst die rechtliche Grauzone zwischen innovativem Neuland und Missbrauch von Daten. Dieses Dilemma wird verstärkt durch

die Marktdominanz einzelner Anbieter, zumal Gesetze – geronnene Politik des analogen Zeitalters – meist als Reaktion auf Mängel oder Fehlentwicklungen hinterher formuliert werden, statt Risiken präventiv einzugrenzen.

Mit der Plattformökonomie des Internets entstehen Software und digitale Angebote, aber auch monopolartige Strukturen so schnell und kostengünstig wie in keinem anderen Wirtschaftszweig. Das Ausweiten einer Mobilitätsplattform führt dazu, dass NutzerInnen und Betreibende einen Vorteil durch die wachsende Anzahl der Mit-NutzerInnen erreichen, da die Kosten der Mobilitätsangebote proportional zur Anzahl der Nutzenden sinken. So erfahren die Betreibenden eine positive Rückkopplung (sog. Netzwerkeffekte). Innerhalb kurzer Zeit entstehen so weltweite de facto-Monopole (Beispiele: Kommunikationsplattformen wie Twitter, WhatsApp, Google, und in der Mobilität Uber, Blablacar oder Trainline). Eine höhere Zahl der NutzerInnen führt erstens zu höheren Einnahmen über Gebühren oder Werbung und lässt zweitens bessere Rückschlüsse über Interaktion von NutzerInnen mit diesen Systemen zu. Dadurch wird wiederum eine präzisere Analyse von Benutzerwünschen und zukünftigem Mobilitätsverhalten möglich, die weitere Effizienzgewinne zur Folge hat. Bei Mobilitätsdatenplattformen entsteht durch Monopolstellungen eine Missbrauchsgefahr, durch Bündelung von Leistungen auf der Angebots- wie auch auf der Nachfrageseite, insbesondere dort wo die Datennutzung über den ursprünglichen Zweck hinaus geht oder Dritte Datenzugang erhalten. Als Folge von Missbrauch oder Exklusion könnten Freiheitsrechte von Einzelnen eingeschränkt oder Grundlagen des Rechtsstaats gefährdet werden. Die Omnipräsenz digital vernetzter Endgeräte für Mobilität und die von

diesen übertragenen Datenströme macht es NutzerInnen unmöglich, erwünschte Dienstleistungen von nicht erwünschten Aktivitäten zu unterscheiden, bspw. die Erstellung von Bewegungsprofilen oder digitale Überwachung.

Computer-Programme agieren ethisch weder neutral noch sozial ausgewogen, da weder in der Entwicklung dieser Programme noch in der Anwendung von KI oder Algorithmen die moralischen Bewertungen sämtlicher potentieller Einsatzmöglichkeiten oder Interessenskonflikte innerhalb der gesellschaftlichen Gesamtsysteme mitbetrachtet werden können. Dieses Grunddilemma kann auf zukünftige Datensammlungen im Verkehrssektor übertragen werden. Die unternehmensethische Herausforderung für Hersteller und Systemanbieter wird die Durchsetzung einer sicheren Datenkultur sein, die den Zugang zu Mobilitätsdaten partizipativ und zukünftig ausgewogen, zuverlässig sowie rechtskonform gestaltet. Dies bezieht sich auf alle Daten, die im Betrieb von Fahrzeugen anfallen, von NutzerInnen erzeugt werden oder Resultat von Interaktionen zwischen Fahrzeugen (Vehicle2Vehicle) oder von Fahrzeugen mit der Infrastruktur (Vehicle2X) sind (SI1.1; Teille, Jahn, Waschke, Wust, Zebuhr, Hofmann, 2021).

## 2.2 „Mobility as a Service“ und andere innovative Mobilitätsangebote

Der Zusammenhang zwischen Mobilitätsinformationen aus dem Internet und individuellem Handeln ist unstrittig, jedoch nicht abschließend erforscht. Das Internet und dort repräsentierte Mobilitätsinformationen gehören zu den Infrastrukturen des Kollektiven, ein modernes Commons, die individuelles Handeln beeinflussen und dadurch kollektives Handeln, z.B. im Sinne des Mobilitätsverhaltens, erst ermöglichen (Stähli 2012, Hofmann

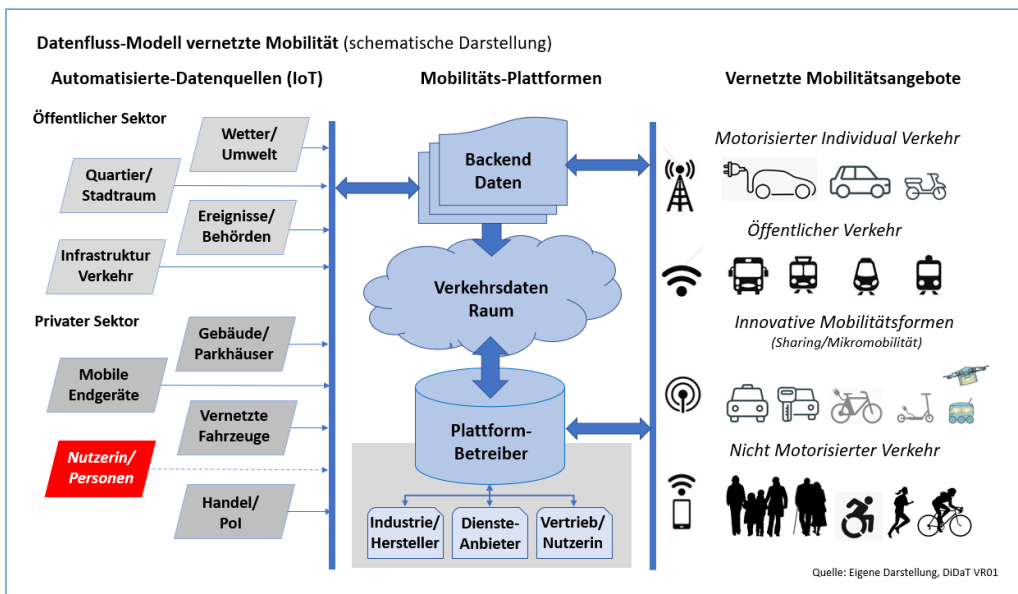
2018). Über das Internet verfügbar gemachte Information beeinflusst die Wahrnehmung von Mobilitätsoptionen, Präferenzen, und Mobilitätsentscheidungen von Individuen und Organisationen (Dolata, Schrape 2014). Deutlich ist, dass die Ausrichtung individuellen Verhaltens an digitalen Mobilitätsangeboten und den dort geltenden sozialen und technischen Regeln wesentlich ausgeprägter ist als eigenständige Gestaltung von Mobilität (vgl. Busemann 2013, Döring 2010). Deshalb wird hier der Ansatz zu Grunde gelegt, dass Individuen und Organisationen verfügbare Informationen zur angebotenen Mobilitätsqualität nutzen, um mobilitätsrelevante Entscheidungen nachhaltiger zu treffen.

Digitalisierung des Mobilitätssektors wird die Effizienz des Verkehrs erhöhen und Nutzungs-Barrieren abbauen, aber Wissenschaftler erwarten Rebound-Effekte, also einen Anstieg der Mobilität von Personen, Gütern und Daten. Hauptgrund dafür sind technische sowie verhaltensinduzierte Effekte wie Zunahme von Leerfahrten und Mehrverkehr. NutzerInnen von Mobilitätsangeboten sind Bequemlichkeit und Individualität gewohnt. Funktional wie emotional gilt der Verbrennungsmotor als Vergleichsmaßstab für Nutzeransprüche an Flexibilität und Komfort, wenn er auch nicht immer die rationale Wahl darstellt. Mittels digitaler Vernetzung können Zugangshürden zu alternativen Angeboten wie Sharingdiensten oder öffentlichem Verkehr gesenkt werden. Mobilitätsprovider, wandeln sich von Transport- zu Datenunternehmen, welche die Transportleistung unter Nutzung technischer Plattformen und geteilter Managementsysteme vermehrt durch Dritte erbringen lassen.

Digitale Verkehrs- und Mobilitätssysteme sind strukturell als ein Ganzes zu betrachten.

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 wirtschaftliche Risiken und strategische Abhängigkeiten

entstehen. Grundsätzlich unterscheiden sich Plattformbetreiber die Mobilität mit eigenen Flotten und Personal erbringen von sogenannten Asset-Light Plattformen, wie Uber, Blablacar oder Trainline. Regionale Verkehrsverbünde sind anbieterübergreifende Mobilitätsnetzwerke, die ihre analogen Angebote zunehmend digitalisieren und überregional vernetzen.



**Abbildung 2:** Datenfluss-Modell vernetzte Mobilität (Auswahl Landverkehr)

Für Mobilitäts-NutzerInnen ist schwer erkennbar, wer hinter einem Mobilitätsangebot als Leistungserbringender agiert. Ebenso schwer erschließen sich monetäre Verknüpfungen und die Verwendung von NutzerInnendaten. Wer die digitale Kundenschnittstelle einfach, funktional und komfortabel gestaltet und die verfügbaren Optionen für NutzerInnen optimal bündelt erhöht die Akzeptanz intermodaler Mobilitätsangebote und erzeugt dadurch Skaleneffekte für eine Angebotsplattform. Aufga-

be des Mobilitätsmarktes wäre es, vorhandene Mobilitätsnetzwerke und Plattformbetreiber effizient zu verknüpfen, um attraktive und integrierte Mobilitätsangebote zu schaffen. Theoretisch ermöglicht die situative Buchung von „Mobility-as-a-Service“ (MaaS) NutzerInnen ihre intermodalen Mobilitätsketten nach Bedarf zu gestalten. Die spontane Mobilitätswahl wird für NutzerInnen häufig dadurch erschwert, dass sie entweder eine Vielzahl von Apps verwalten oder einer Plattform vertrauen müssen.

Bevölkerungsgruppen mit besonderen Bedürfnissen werden von neuen Mobilitätsanbietern, die sich auf motorisierten Individualverkehr (MIV) konzentrieren, nicht in gleicher Weise berücksichtigt, da intermodale Richtlinien für Inklusion, wie sie im ÖPNV vorgeschrieben sind, fehlen, was die Teilhabe einschränkt und Ungleichheit verstärkt. Neue, flexible Mikromobile könnten das Portfolio von ÖPNV-basierten MaaS-Anbietern für die letzte Meile ergänzen, sind jedoch in Bezug auf Integration, Flächenverbrauch und Umweltauswirkungen durchaus kritisch zu betrachten.

Daten von NutzerInnen liefern den Rohstoff für innovative Geschäftsmodelle und müttern zu einem verdeckten Zahlungsmittel. Begünstigt wird diese Entwicklung dadurch, dass die aktuellen Hardwareentwicklungen immer mehr Bauteile hervorbringen, die via eingebetteten Mikrocontrollern gesteuert werden. Dadurch können diese sich mit anderen Fahrzeugen und Systemen vernetzen. Sämtliche mechanischen Vorgänge im Verkehrssektor werden sukzessive digitalisiert und erzeugen in transparenten oder geschlossenen Systemen ein virtuelles Pendant. „Bezahlen mit Daten“ ist als Begriff insofern irreführend, als dass bei klassischen Währungen, der Wert und die sich damit ergebenden Möglichkeiten für alle Geschäftspartner offensichtlich sind. Der Gegenwert bei der digitalen de-facto Währung „Persönliche Daten“ hingegen ist für KundInnen kaum nachvollziehbar und nicht immer gleichwertig, zumal weder Art und Qualität der individuellen Daten oder die Dauer der Nutzung noch die Weitergabe an Dritte transparent sind.

Auch beim Zugang zu Daten bestehen ungleiche Wettbewerbsbedingungen. Die Marktdominanz von Mobilitätsplattformen wird durch die Kumulation von riesigen Datenvo-

lumen bezüglich Angebot, Betrieb und Nachfrage weiterwachsen und kann Lock-In-Effekte erzeugen, die einen Wechsel zu alternativen Software- oder Plattformanbietern behindern. Für Besteller und NutzerInnen von Mobilitätsleistungen kann dies über einen längeren Zeitraum zu höheren Preisen und intransparenter Bevorzugung einzelner Anbieter führen, wie in Plattformbranchen beobachtbar. Der Verkehrsraum selbst entwickelt sich zur Produktionsressource für eine global agierende Digitalindustrie. Versagt die politische Steuerung, erzeugt digitalisierter Angebotswettbewerb im Mobilitätssektor volkswirtschaftlich und ökologisch ineffiziente Parallelstrukturen zum bestehenden ÖPNV, dessen Angebotsportfolio ebenfalls digital zugänglich und flexibel gemacht werden muss.

Nutzungsabhängige Geschäftsmodelle wirken verkehrspolitischen Strategien zur Verkehrsvermeidung entgegen. Eine Reduktion von MaaS als Zubringer in Ergänzung zu öffentlichen Verkehrsangeboten ist für Betreiber ökonomisch wenig attraktiv. Durch die Einbettung von Plattform-Betreibern in Gemeinwohl- und Nachhaltigkeitsziele für Verkehr und Nutzung der Digitalisierung für Umwelt- und Klimaschutz könnten diese zur Reduktion von Verkehrsemissionen beitragen. Zur Durchsetzung gesellschaftlicher Ziele fehlen geeignete Steuerungsinstrumente, lokal wie national (SI1.2; Tiffe, Krummheuer, Hofmann 2021).

### 2.3 Veränderte Siedlungsstrukturen und die Allokation öffentlichen Raumes

Mobilität ist ein öffentliches Gut (Scholz, Kley, Parycek, 2020), eine Transportleistung, die im öffentlichen Raum erbracht wird, in der Regel mithilfe von technischen Systemen und gesellschaftlichen Opportunitäten. Verkehrs-

und Kommunikationsinfrastrukturen, die das Rückgrat der modernen Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft bilden werden vom Staat ebenso subventioniert wie Bildungseinrichtungen. Als gesellschaftliche Institutionen dienen diese Infrastrukturen sowohl der Wirtschaft als auch dem Gemeinwohl, ebenso wie die Städte und Kommunen. Die digitale Entwicklung im Mobilitätssektor sollte deshalb aktiv mitgestaltet werden. Die volkswirtschaftliche Verteilung des erzeugten Nutzen durch Digitalisierung, ebenso wie der Lasten, wird weitgehend von Märkten übernommen, was dazu führt, dass den Unseens hier wenig Beachtung geschenkt wird. Da der Raum für Mobilität physisch begrenzt und örtlich gebunden ist, kann Mobilität nur bedingt durch Märkte erbracht werden, zumal die Ressourcen nicht wirklich austauschbar sind und verkehrspolitische Ziele nicht allein ökonomischen Kriterien unterliegen. Dies wird beispielsweise erkennbar an der unterschiedlichen Ausstattung von urbanen und ländlichen Räumen mit Mobilitäts- und digitalen Infrastrukturen, welche in Wechselwirkung individuelle Handlungsoptionen und Raumstrukturen beeinflussen.

Neue digitalisierte Mobilitätsangebote unterstützen die Entstehung neuer und oder veränderter räumlicher Strukturen in Bestands- und Planungsgebieten, wie z.B. autofreie Quartiere. Das ist nicht für alle Stakeholder und ihre Investoren gleichermaßen attraktiv. Rentabilität von raumbezogenen Geschäftsmodellen richtet sich nach Bevölkerungsdichte und Wirtschaftskraft. Durch Digitalisierung von Mobilität wandeln sich Raumwiderstand<sup>6</sup> und aktivitäts-

basierte Mobilitätsmuster, wie Einkaufs- und Freizeitwege oder Pendlerströme. Diese neuen wirtschaftlichen Möglichkeiten haben ihrerseits Auswirkungen auf Bodenrichtwerte und Bebauungspläne. Da der räumliche Nutzen digitaler Mobilitätssysteme oft asymmetrisch entsteht, werden Potenziale für NutzerInnen generell, aber insbesondere im ländlichen Raum überschätzt.

Beispiele zeigen, dass sozial- und verkehrspolitische Planungsziele eine hohe Vernetzungskomplexität unterschiedlichster Teilsysteme (Mobilität, Logistik, Ver- und Entsorgung, Bebauungsplanung) voraussetzen, ohne die eine hinreichende Funktionalität des dadurch erzeugten Gesamtsystems (z.B. Quartier, Stadt, Region) nicht möglich ist. In der Praxis werden analoge oder digitale Teilsysteme zumeist von einzelnen Anbietern im Markt unter ökonomischen Aspekten optimiert, die an Teilsystemen, die außerhalb ihres Geschäftssystems oder ihrer Region liegen, wenig Interesse zeigen bzw. die Vernetzungsnotwendigkeit digitaler Angebote in Planung und Umsetzung unterschätzen. Diese Asynchronität der Teilsysteme führt i.d.R. zu einer suboptimalen gesellschaftlichen Ressourcenallokation und kann neue Barrieren für Teilhabe schaffen. So kann es durch Wettbewerb verschiedener Mobilitätsanbieter in einer begrenzten Region zu einem Über- oder Unterangebot von Mobilitätsleistungen kommen, wie redundanten Leerfahrten oder einer Verlagerung im Modalsplit. Zusammenschlüsse von Betreibenden aber auch Konzepte, alle Teilsysteme unter einem Dach zusammenzufassen, unterschätzen zumeist die inhärente Vulnerabi-

6 In der Bauplanung beeinflusst der Raumwiderstand die Machbarkeit von Infrastrukturmaßnahmen, bspw. indiziert dieser wie schwierig es werden könnte eine geplante Trasse zu realisieren. Neben bautechnischen oder geologischen Fragen spielen auch ökologische und soziale Belange eine Rolle.

lität komplexer Gesamtsysteme und die damit verbundene Fehleranfälligkeit, die durch Standards, Koordination und Kontrollmechanismen zu minimieren sind.

Gesellschaften gliedern sich in unterschiedlichste Milieus mit spezifischen Lebensstilen, in denen sich unterschiedliche Mobilitätsverhalten beobachten lassen. Bezogen auf neue Mobilitäts- und Logistikangebote und ihre Digitalisierung und spezifische neue Gebietsplanungen und -gestaltungen in urbanen und ländlichen Räumen zeigt sich innerhalb der Gesellschaft ein breites Spektrum. Dieses reicht von eher affinen Gruppen, die bereit sind diese neuen digitalen Angebote in jeder Form zu akzeptieren, bis hin zu eindeutig aversiven Gruppen. Es ist ein verbreitetes Defizit in Planungsprozessen, diese hohe soziale Diversität nicht als maßgeblich konstituierendes Element von Gesellschaften, gleich auf welcher räumlichen Ebene, zu verstehen und einzubeziehen. Dies wird verstärkt durch Unwissenheit bis hin zu fachlicher Reaktanz zwischen technischen und sozialwissenschaftlichen Disziplinen. Milieus und Lebensstile sind zudem keine festen Eigenschaften von Gruppen, sondern prozessuale Ausgestaltungen von Haltungen und Wertungen in und gegenüber einer sich verändernden Lebenswelt der einzelnen Mitglieder. Mobilitätsplanungen, die dem Prinzip einer starken nachhaltigen Entwicklung folgen wollen, müssen diesem ausgleichenden Grundprinzip sozialen Wandels Rechnung tragen. Deswegen müssen auch Planungsgrundlagen, ob analog oder digitalisiert, in einer Planungs- und Lernkultur der „Good Governance“ dieser Diversität der Bevölkerung hinreichend Rechnung tragen (SI1.3; Serbser, Levin-Keitel, Prytula, Waschke, Zebuhr, Hofmann, 2021).

Kritische Negativszenarien, die einer idealisierten Sicht gegenübergestellt werden, fokussieren auf

- Disparitäten und Asymmetrie im Datenzugang aufgrund von Netzwerkeffekten,
- möglichen Datenmissbrauch durch Nutzung für nicht mobilitätsgetriebene Zwecke und Rebound-Effekte,
- einen zunehmenden Anstieg des Verkehrsaufkommens bei sinkender Auslastung dadurch, dass mehr Fahrten entstehen, auch durch automatisierte Leer- und Lieferfahrten, in deren Folge Städte verstärkt mit Staus und Lärmemissionen zu kämpfen haben, sowie
- die zunehmenden Netzwerkeffekte für die Daten- und Mobilitätsprovider, durch die die unwirtschaftliche Infrastruktur im ländlichen Raum sowie das Verkehrsangebot weiter ausgedünnt werden könnten.

## 2.4 Steigender Energie- und Ressourcenbedarf sowie schädliche Klimawirkung

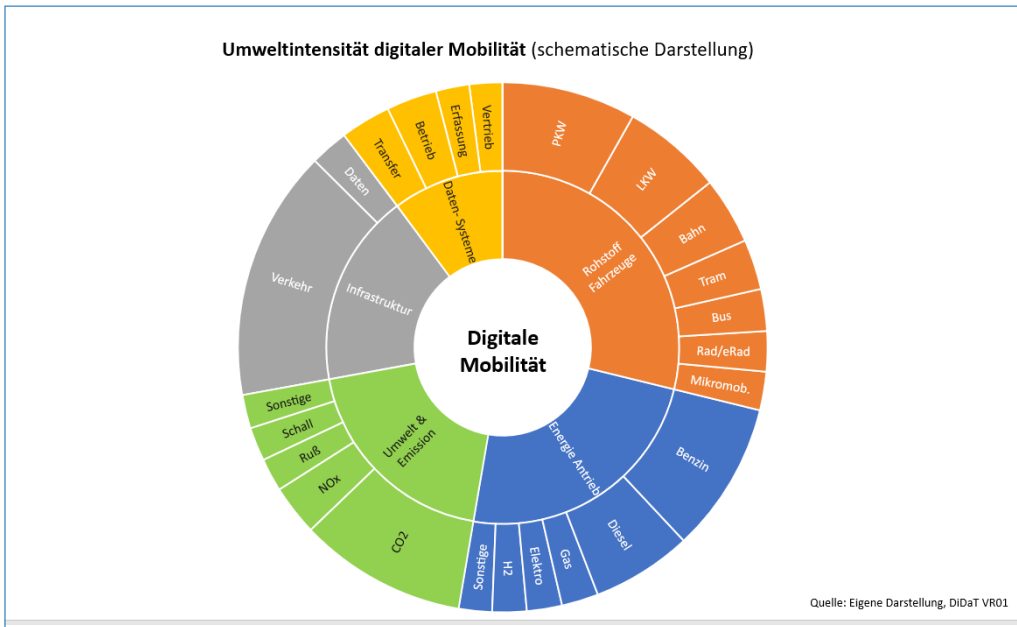
Als Auswirkung von digitaler Mobilität können Umwelt- und Rebound Effekte (umweltbezogene Unseens) auftreten. Diese basieren insbesondere auf Stoffkreisläufen in den folgenden Feldern:

1. Fahrzeuge (Lebenszyklus, Energie- und Schadstoffbilanz)
2. Antriebe & Energieverbrauch (Transportleistung)
3. Infrastruktur für Verkehr und mobilitätspezifische Datenverarbeitung (Vehicle2X, 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).

Aus dem Verbrauch natürlicher Ressourcen wie Rohstoffe und Energie resultieren Umweltwirkungen in den einzelnen Phasen des Lebenszyklus. Ein schematischer Überblick ermöglicht mithilfe einer Delta-Betrachtung eine grobe Quantifizierung der Umweltintensität verschiede-

ner Bereiche digitaler Mobilität (vgl. Abb. 3). Hauptfelder für die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen im Produktlebenszyklus digitaler Mobilität sind Rohstoffe für Infrastruktur und Fahrzeugherstellung, Energiebedarf für Antrieb und Daten und letztlich die daraus resultierenden Emissionen. Im Folgenden werden Unseens für digitale Mobilitätssysteme durch primäre Eingriffe in das Mobilitätssystem sowie Rebound-Effekte exemplarisch aufgezeigt.



**Abbildung 3:** Umweltwirkung und Ressourcenintensität digitaler Mobilität

Die Veränderungen hin zu elektrifiziertem und autonom vernetztem Fahren erfordern starke Digitalisierung und damit einhergehend zusätzliche Auswirkungen auf den Energieeinsatz für die Erfüllung des Mobilitätsbedürfnisses. Die rapide Ausbreitung von Mobilitätsservices fördert bisher vor allem eine additive Nutzung statt der Integration von vorhandenen Mobili-

tätsressourcen. Dadurch intensivieren sich Ressourcenverbrauch, Verkehrsemissionen und die Inanspruchnahme von begrenzten Verkehrs- und Parkflächen. Durch induzierte Verkehre, Verlagerung vom ÖPNV und Leerfahrten kann Digitalisierung die Umweltbilanz der Mobilität verschlechtern.

Der Mehraufwand an Rohstoffen und elektrischer Energie 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. Zusätzlich zu physischen Komponenten am Fahrzeug erfordert die Bereitstellung und Verwaltung des digitalen Zwillings erhebliche energetische Ressourcen. Fahrzeuginterne, autonome Computer verursachen einen stetigen Energieverbrauch. Die wachsenden Stromverbräuche resultieren auch aus der Nutzung von Datenzentren, die für die Durchführung der digitalen Services im Verkehrssektor benötigt werden. Zudem bedeutet der Einsatz der komplexen Berechnungsvorschriften (KI-Modelle) einen extrem hohen Rechenaufwand, der die Hardware sehr beansprucht und viel Strom verbraucht. Es ist davon auszugehen, dass automatisiertes Fahren in absehbarer Zukunft (> 5 -15 Jahre) nicht nur für Einparken und Überholen möglich sein wird, deswegen sind die Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch automatisierter Fahrzeuge und vernetzter digitaler Infrastrukturen bereits jetzt hinreichend zu berücksichtigen.

Ermöglicht die digitale Mobilität NutzerInnen Zeit und Geld einzusparen, ist zu erwarten, dass dies zu erhöhter Nachfrage und damit Mehrverkehr führt mit negativen Umweltbeeinträchtigungen (Emissionen, Lärm). Ebenso warnen Forscher davor, dass autonome Fahrzeugflotten im Dauerbetrieb zwar einerseits keine Parkplätze mehr beanspruchen, aber andererseits Leerfahrten und Mehrverkehr erzeugen können, mit Auswirkungen auf Kraftstoff- bzw. Energieverbrauch. Durch autonomes

Fahren entstehen zusätzliche passive Zeiten, die Menschen mittels digitaler Streaming-Medien oder Infotainment vermehrt energieintensiv kompensieren.

Aktuell tragen Informations- und Kommunikationstechnologien in Europa, je nach Quelle, rund 3% bis 4% der Treibhausgasemissionen bei (Dörr 2020). Durch den vermehrten Datenaustausch als Folge der Digitalisierung 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>-Äquivalent in naher Zukunft möglich werden könnte (SI1.4; Schebek, Hanesch, Fischer, Tiffe, Wust, Hofmann, 2021).

## 2.5 Herausforderungen für den Standort Deutschland und die europäische Fahrzeugindustrie

Die Autoindustrie ist in Deutschland ein systemrelevanter Wirtschaftsfaktor. Die Wertschöpfung verlagert sich durch die zunehmende Digitalisierung vom perfektionierten Maschinenbau zur softwaregesteuerten Orchestrierung von digitalen Netzwerken, in denen Kundenbeziehungen, Verkehrsströme und Mobilitätsleistungen effizient und nachhaltig gemanagt werden. Verliert die europäische Autoindustrie ihre führende Stellung, wird es nicht nur zu wirtschaftlichen Einbußen kommen, sondern auch zum Verlust der normativen Kraft bei der weltweiten Standardisierung.

Die aktuelle Marktsituation und der anhaltende Erfolg mit traditionellen Produkten verzögert den notwendigen Strukturwandel der Fahrzeugindustrie. Das Beispiel des autonom vernetzten Fahrens verdeutlicht, wie die Initiative für Innovationen verloren gehen kann, ebenso wie die institutionellen Abgasmanipulationen



die Glaubwürdigkeit einer industriellen Umweltorientierung in Frage gestellt haben. Durch den Mangel an qualifizierten Mitarbeitern mit IT-Kompetenz und Erfahrung mit digitalen Geschäftsmodellen wird die Problematik verschärft. Um international im softwaregetriebenen Wettbewerb zur Gestaltung digitaler Mobilität zu bestehen, sind ein Umdenken und agile Ansätze seitens der Unternehmen und der Exekutive erforderlich. Flugzeughersteller und Anbieter von Schienenverkehrssystemen haben die digitalen Potenziale erkannt, für digitale und erneuerbare straßengebundene Mobilität fehlen in Deutschland neben qualifiziertem Personal und unternehmerischer Venture-Mentalität auch die technischen Voraussetzungen wie 5G Infrastruktur und intelligente Stromnetze sowie der Gestaltungswille und geeignete politische Rahmenbedingungen, einschließlich der beschriebenen Good Governance in allen Bereichen. Durch technische und soziale Innovationen könnte eine nachhaltige Governance für digitale Mobilität im Gegensatz zu den Modellen autokratisch angelegter Systeme einen Standortvorteil liefern, da sie zugleich die unter 2.3 dargelegten Vulnerabilitäten reduzieren könnte.

Die Erwartungshaltung und Wertwahrnehmung der MobilitätsnutzerInnen gegenüber Fahrzeugen ändern sich ebenfalls. Mit den Möglichkeiten der Digitalisierung erwarten FahrzeugnutzerInnen digitale Komfort-Features (Eigenschaften). Der Wunsch nach vollautonomen Fahren steht im Raum. Die FahrzeugkundInnen erwarten Software-Features, „Plug-and-Play“ und mobile Updates (OTA) die Fahrzeugeigenschaften verändern, was der After-Sales Ebene Wertschöpfung entzieht.

Gelingt es der Automobilindustrie nicht diese Herausforderungen zu bewältigen und den KundInnen gleichwertige, software- und daten-

getriebene Lösungen anzubieten, droht beim deutschen Maschinenbau, Zulieferern aber auch der Wissenschaft ein Verlust von Wissen und Rechten an geistigem Eigentum. Die Folge wäre ein dauerhafter Rückgang von qualifizierter Beschäftigung und ein Wohlstandsverlust durch steigende Arbeitslosigkeit. Weitreichende soziale und ökologische Folgen einer dauerhaften Umstrukturierung wären unvermeidbar, können aber hier nicht im Detail ausgeführt werden (SI1.5; Wust, Teille, Hofmann, 2021).

### 3 Ziele, Maßnahmen und mögliche Interessenkonflikte

Die Unseens für digitale Mobilität haben zum Teil technische Ursachen, aber vor allem sind die möglichen Auswirkungen der Digitalisierung abhängig von reflexivem Verhalten, sowohl auf der Hersteller- und Anbieterseite als auch für NutzerInnen oder öffentliche Stakeholder. Die Ziele für Maßnahmen zur Vorbeugung bzw. Milderung der Unseens orientieren sich dabei normativ an nachhaltigen Prinzipien, wie dem Autonomie- und Selbstbestimmungsprinzip einer freien und offenen Gesellschaft (Popper 1980), dem Vorsorgeprinzip, nicht zu schaden, sondern verantwortlich zu handeln (Jonas 1979) und den Prinzipien der sozialen Gerechtigkeit (Rawls 1972).

#### 3.1 Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Datenkultur (SI 1.1)

Von Mobilität und den Möglichkeiten zur Steigerung von Effizienz, Sicherheit und Komfort durch digitale Mobilitätssysteme darf grundsätzlich niemand ausgeschlossen werden. Mobilität des Einzelnen muss ein Grundrecht bleiben (Ronellenfitsch 1995), die entsprechenden

digitalen Mobilitätssysteme müssen, wie andere Infrastrukturnetze, diskriminierungsfrei zugänglich und vernetzte Mobilitätsangebote erschwinglich bleiben. Schutz von Leib und Leben hat auch bei Automatisierung des Verkehrs uneingeschränkte Priorität, dafür ist betreiberübergreifend für durchgängige Datenkonsistenz und Funktionssicherheit Sorge zu tragen. Darüber hinaus sind Persönlichkeitsrechte und Datenschutz im Sinne der europäischen Vorgaben einschließlich DSGVO und PIMS<sup>7</sup> zu gewährleisten.

Mit zunehmender Einflussnahme von automatisierten Entscheidungen auf Kontroll- und Steuerungsaufgaben (z.B. Scoring-Mechanismen) entsteht eine wachsende Abhängigkeit der Gesellschaft von der Verlässlichkeit von algorithmischen Systemen und den Betreibern. Aufgrund der hohen Komplexität dieser Technologien (Black-Box-Charakter) müssen automatisierte Entscheidungen nicht nur transparent, sondern für die Betroffenen auch nachvollziehbar und rechtlich anfechtbar sein. Der willkürliche Ausschluss von einer Systemnutzung ist zu unterbinden.

Auch für Mobilitätsdaten gilt die Erfahrung, dass Menschen grundsätzlich das tun, was technisch machbar ist. Um den technisch unbegrenzten Missbrauchsmöglichkeiten präventiv Grenzen zu setzen, sind Rechte und Pflichten für Mobilitätsakteure an ethischen Grundsätzen auszurichten, verbindlich zu regeln und dynamisch an technische Entwicklungen und gesellschaftliche Erfordernisse anzupassen. 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, vernetzte Lösungen oder eine dezentrale, individualisierte Speicherung sind diskurspflichtige technische Speicherkonzepte. Im Sinne einer Good Governance sind dabei alle zivilgesellschaftlichen Akteure einzubeziehen und der Almende Charakter des Gutes Mobilität deutlich zu gewährleisten.

Der 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. 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). Demokratische Freiheitsrechte müssen auch in einem digital vernetzten Mobilitätssektor geschützt bleiben. Hierzu sind individuelle Rechte aus der analogen Welt in ihrem Wesenskern verbindlich für die digitale Mobilitätswelt mit multiplen Akteuren, KI-basierten Entscheidungen und international agierenden Konzernen zu adaptieren und übertragen (Prinzip *mutatis mutandis*). Unternehmen sind zu motivieren, bestehende Anstrengungen zur Einhaltung der DSGVO beizubehalten, zu

7 Personal Information Management System – Werkzeug zur Ausübung von Datensouveränität

verstärken und nachhaltig abzusichern. Dazu gehört auch die Entwicklung von verbindlichen Regeln, orientiert an europäischen Normen und Wertvorstellungen, und Maßnahmen zur nachhaltigen Qualitätssicherung von dezentralen und zentralen Datenquellen, -speichern, Daten und der damit in Zusammenhang stehenden Verfahren.

### 3.2 Ein Rahmen für Effizienzgewinne durch digitale Mobilitätsangebote (SI 1.2)

Zur Wahrung von gesellschaftlichen Interessen auf den verschiedenen Akteurs-Ebenen, bedarf es eines EU-weiten politischen Handlungsrahmens, interoperabler Standards sowie eines an Zielen ausgerichteten Regulierungsrahmens von Plattformen im Verkehrssektor. Sozial- und umweltpolitische Ziele sind relevant, transparent und digital messbar zu formulieren und mit den Akteuren zu kommunizieren.

Durch die Schaffung eines Frameworks für Generierung, Speicherung, Austausch und Nutzung von Mobilitätsdaten kann über vertrauenswürdige Datenräume ein breiter Zugang zu mobilitätsrelevantem Wissen und gesellschaftlichen Effizienzpotenzialen ermöglicht werden. 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 Anreize, Sanktionen und Konzessionsmodelle (analog ÖPNV) für Anbieter von digitalen Verkehrsdienstleistungen

lassen sich Dienstleistungsqualitäten und Verfügbarkeiten für ausgewählte Gebiete verbindlich festlegen und digital monitoren.

Viele Kommunen haben bereits die Bedeutung von Daten für die Gestaltung von nachhaltigen Verkehrslösungen erkannt. Sie bemühen sich um qualifiziertes Personal und arbeiten daran, die Hoheit über die eigenen Daten zu bewahren und Zugang zu weiteren mobilitätsrelevanten Datenquellen von kommerziellen Anbietern sicherzustellen.

Unbeabsichtigte Nebenfolgen (Unseens) aus der Nutzung von Daten, die von Verkehrsteilnehmenden und Objekten im öffentlichen Raum generiert werden, entstehen unter anderem:

- (1) wenn diese Daten für andere Zwecke genutzt oder von Dritten unautorisiert verwendet werden,
- (2) wenn Mobilitätsangebote zu Reaktanz oder unerwarteten Nutzungsmustern führen,
- (3) wenn räumliche Zusammenhänge im urbanen Umfeld oder im ländlichen Raum durch sozio-technische Barrieren gefährdet werden,
- (4) digital organisierte Mobilitätsformen Emissionen und Ressourcenverbrauch steigern,
- (5) wenn Wertschöpfung im Mobilitätssektor durch internationale Plattformbetreiber abgeschöpft wird und Arbeitsplätze verlagert werden.

Über digitale Mobilitätsplattformen flexibel organisiert, konvergieren motorisierter Individual- und öffentlicher Verkehr sukzessive. Reise- und Stauzeiten könnten mittels effizienter Vernetzung und zielführender Regulierung signifikant verringert werden. Automatisierte Fahrzeuge und Mobility-on-Demand-Angebote, ermöglichen die bedarfsgerechte Versorgung

von dünn besiedelten ländlichen Räumen. Deutlich mehr Menschen als heute könnten preiswerter mobil sein. Das Unfallrisiko würde durch Automatisierung nahe Null sinken. Darüber hinaus sind Rückfallszenarien zu berücksichtigen, die Mobilität im Falle einer großflächigen Beeinträchtigung der Infrastrukturen, beispielsweise dem Ausfall von Datennetze oder Störung der Elektrizitätsversorgung, sicherstellen.

### 3.3 Digitale Mobilität entsteht im Kontext sozialer Realität und Räume (SI 1.3)

Eine integrierte Raum- und Mobilitätsplanung auf der Ebene der Kommunen und Gebietskörperschaften sowie zwischen Bundesbehörden und Ländern unter Einbeziehung aller zivilgesellschaftlichen Akteure ist grundsätzlich eine Aufgabe der öffentlichen Hand. Während ökonomische Effizienzgewinne durch Digitalisierung primär den Unternehmen zugutekommen, werden räumliche Disparitäten durch hohe Transferleistungen subventioniert (Breitbandausbau, Mobilfunknetze, ÖPNV-Angebote). Der Einsatz digitalisierter Planungsprozesse unterstützt eine umfassende Beteiligung aller relevanten Planungsakteure, einschließlich der potentiellen Mobilitätsnutzer und liefern eine wesentliche Grundlage von Good Governance.

Neben geeigneten Programmen und Ausstattung fehlt es Kommunen an spezifischem Know-How und einer vernetzten Systemperspektive für Mobilität. Digitale Raum-, Infrastruktur- und Mobilitätsdaten werden in Planungsprozessen von der öffentlichen Hand und privatwirtschaftlichen Planungsbeteiligten bislang selten funktionsübergreifend bearbeitet. Eingeschwungene Planungsprozesse und -kulturen, rechtliche Regelungsdefizite im Zusam-

menwirken von individuellen Grundrechten, öffentlichen Aufgaben und digitalen Anwendungen sowie Interessen von InvestorInnen tragen zur geringen Innovations- und Umsetzungsgeschwindigkeit bei und werden inhaltlich einem integrierten Planungsanspruch von digitalen Mobilitätssystemen in sozial geprägten Raumstrukturen nicht gerecht. Eine völlige Liberalisierung und Handlungsfreiheit der Akteure in den einzelnen Mobilitätsteilsystemen wäre ebenso wenig zielführend, wie der Versuch einer durchgängigen Regulierung aller denkbaren Tatbestände durch die öffentliche Hand. Diese muss jedoch adäquate Rahmenbedingungen setzen, damit ein ausgewogenes Zusammenspiel aller Mobilitätsakteure möglich wird.

Digitalisierung verändert Mobilitätsmuster und in Folge davon auch Raumqualitäten, Raumstrukturen, Raumwiderstand und die möglichen Raumnutzungen. Das wiederum hat Folgen für das individuelle Mobilitätsverhalten. Deswegen ist Digitalisierung nicht primär als Technologie voranzutreiben, sondern in integrierten Planungs- und Umsetzungsprozessen ist auf individuell-soziale und gesellschaftliche Anforderungen einzugehen. Die Folgen digitaler Mobilität sind im systemischen Zusammenhang von Raum, Umwelt und Gesellschaft zu integrieren, um sozial-robuste Lösungen zu ermöglichen.

Im Kontext digitaler Mobilität stehen die technischen Innovationen für den urbanen Raum zumeist im Zentrum. PlanerInnen und PolitikerInnen neigen dazu, die Verletzlichkeit komplexer Verkehrs- bzw. Mobilitätssysteme zu unterschätzen. Mobilität und Raumstrukturen beeinflussen die jeweilige Digitalisierung in erheblichen Maße. Dabei wird regelmäßig die immanente Umsetzungslücke zwischen

Planung, digitalem Abbild und sozialer Realität übersehen, die durch die Vernachlässigung sozialer Dynamiken und der Veränderungsprozesse entstehen.

Soziale Räume wie Städte, Quartiere oder Gewerbegebiete stehen in engen Wechselwirkungen mit Mobilitätsmöglichkeiten. Insbesondere im Hinblick auf die Digitalisierung wird dieser Zusammenhang sowohl von Mobilitätsanbietern als auch der öffentlichen Hand häufig übersehen. Dabei gilt es zu verhindern, dass durch Digitalisierung von Verkehrsräumen und „Smart Cities“ in Modellen der öffentlich-privaten Partnerschaft (auch PPP) verdeckt eine Privatisierung von öffentlichem Raum stattfindet (Vgl. Potsdamer Platz, Daimler-Benz AG). Raumnutzungskonflikte, die durch digitale Mobilität gelöst oder verschärft werden, schaffen erhöhten transdisziplinären Forschungsbedarf, z.B. in Reallaboren, um robuste Umsetzungskonzepte im Sinne einer starken Nachhaltigkeit für zukünftige Mobilitätsangebote in ländlichen und urbanen Räumen zu entwickeln.

### 3.4 Ressourceneffizienz bestimmt Nachhaltigkeit digitaler Mobilität (SI 1.4)

Die Umweltauswirkungen digitaler Verkehrssysteme können im Rahmen eine Lebenszyklus-Betrachtung für Mobilitätsnutzer und Hersteller transparent gemacht werden. Um Klima- und Verkehrspolitische Ziele nicht zu gefährden sind neben der Aufklärung von NutzerInnen auch die Anreizsysteme so anzupassen, dass umweltschonendere Mobilitätsoptionen bevorzugt gewählt werden.

Zur Verbesserung der Nachhaltigkeit gehört auch die Erhöhung der Energie- und Dateneffizienz der digitalen Mobilitätssysteme, einschließlich der Netzarchitekturen und

Standorte bzw. die Energieversorgung und -verwendung in Rechenzentren (Abwärme) sowie eine systemische Prävention zur Vermeidung von Rebound-Effekten. Ressourcensparsamkeit muss ein Grundsatz digitaler Verkehrssysteme werden, der technische Möglichkeiten nutzt, um den Verbrauch natürlicher Ressourcen für Produktion und Betrieb zu minimieren. Die Internalisierung externer Kosten kann über Steuern, Anreize oder Privilegien, je nach Mobilitätsart und Nutzung, digital sehr differenziert gestaltet werden, so dass sowohl NutzerInnen von umweltschädlichen Mobilitätsformen als auch die Anbietenden dafür die wahren Kosten kennen und angemessen daran beteiligt werden.

Bewertungen von Umweltwirkungen orientieren sich ganzheitlich am Lebenszyklus der Subsysteme. Sensoren und eingesetzte Computer im Fahrzeug sowie Geräte zur Datenübertragung werden aus seltenen Rohstoffe hergestellt. Durch kurze Produktzyklen der Computerindustrie ist abzusehen, dass gegebene zentrale Systeme eine wesentlich kürzere Nutzungsdauer haben als die Fahrzeuge, in denen sie verwendet werden. Zusätzlich zu veraltenden Systemen entsteht durch „Embedded Systems“ eine weitere Abhängigkeit hinsichtlich technischer Redundanz (Obsoleszenz). Eine marginale Änderung der Programmierung von Komponenten in einem Teilsystem kann zu Inkompatibilität von relevanten Prozessen und gefährlichen Fehlfunktionen bei Systempartnern führen, wodurch ressourcenintensive Ersatzinvestitionen erforderlich würden. Ein einfaches Software-Update kann im komplexen Hardware-System eines Fahrzeuges oder einer Plattform erhöhten Ressourcenverbrauch und Kosten verursachen. Hersteller und Betreibende sind deshalb für die Kompatibilität

und Langlebigkeit von Systemfunktionen und den induzierten Ressourcenverbrauch zu sensibilisieren. Allein durch den Einsatz ressourceneffizienter Software könnte beispielsweise der Energieeinsatz erheblich reduziert werden. Die politischen Akteure müssen die Ressourcensparsamkeit digitaler Verkehrssysteme, für die öffentliche Mittel eingesetzt werden, einfordern und in besonderer Weise honorieren.

Im Rahmen einer sozial-ökologischen Betrachtung des Lebenszyklus sollten auch Arbeitsbedingungen von digitalen Mobilitätsangeboten und deren Subsystemen betrachtet werden. Hinter virtuellen Interfaces von Plattformen verbergen sich oft Arbeitskräfte (Gig-Workers, Off-Shoring), wie Community-Managers, Content-Moderators oder Datenpfleger, die hohe Zuverlässigkeitsverantwortung tragen, aber unter fragwürdigen Bedingungen tätig sind. Die hohe Angebotsflexibilität von Fahr- und Lieferdiensten wird von Asset-Light Anbietern durch niedrige Fixkosten und prekäre Beschäftigungsverhältnisse gewährleistet. In diesem Sinne bestimmen nicht nur Ressourceneffizienz, sondern auch soziale Gerechtigkeitsaspekte die Nachhaltigkeit von digitalen Mobilitätsangeboten.

### 3.5 Mit Qualifizierung und Innovation auf Wertschöpfungswandel reagieren (SI 1.5)

Fahrzeughersteller, die mittelständische Zulieferindustrie und Mobilitätsanbieter sind volkswirtschaftlich von zentraler Bedeutung. Der Automobilsektor stellt einen der größten Arbeitgeber in Deutschland dar, der einerseits als technischer Innovationsmotor andererseits als Speerspitze der Exportindustrie, für Wirtschaft und Gesellschaft von hoher Bedeutung ist. HändlerInnen, Zulieferbetriebe aber auch

Forschungseinrichtungen tragen zur technischen Exzellenz bei und partizipieren an deren Früchten. Nur durch umfassenden Aufbau innovativer, digitaler Wertschöpfungsnetzwerke können Hersteller im digitalen Zeitalter ihre Beschäftigungsfunktion weiterhin erfüllen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Anpassung sind ein Grundverständnis softwarebasierter Wertschöpfungsketten und der Ausbau digitaler Kompetenzen für Produktentwicklung und Betrieb. Mit Gaia X wurde 2019 eine vernetzte Dateninfrastruktur für ein digitales Ökosystem in Europa lanciert, das über 300 Partner zusammenbringt und zum Nukleus einer nachhaltigen Entwicklung für datengetriebene Dienste im Mobilitätssektor werden kann.

Investitionsbedarf und laufende Kosten für digitale Mobilitätssysteme sind hoch. Internationale Konzerne der Digitalindustrie drängen verstärkt in die Märkte klassischer Mobilitätsanbieter. Da infrastrukturelle Unterhaltsaufwendungen und Investitionen im Verkehrssektor sowohl öffentliche Finanzmittel als auch Umweltressourcen im Vergleich zur Digitalisierung deutlich höher beanspruchen, sind neue Mobilitätsanbieter grundsätzlich angemessen an Basiskosten der Systeme zur Daseinsvorsorge zu beteiligen. Sie ergänzen die Angebotspalette durch innovative Fahrzeugtypen und Dienstleistungen, (Waymo, Tesla, Uber, Google Transit). Dabei werden sich neuartige Businessmodelle entwickeln, z.B. preiswerte Versicherungstarife mit digitaler Black Box im Fahrzeug, und neue Zielgruppen für Multi-User Angebote (Sharing-Plattformen) erschlossen.

Die hohen Investitionen beschleunigen einerseits eine Marktkonzentration und ermöglichen andererseits institutionellen Investoren sowie der Automobilindustrie die digitale Systementwicklung vorteilhaft zu ge-

stalten. Allerdings ist hier anzumerken, dass die Volumenmärkte für die Fahrzeugbauer und IT-Unternehmen, die maßgeblich über die Zukunft digitaler Mobilität entscheiden werden, nicht mehr in Europa liegen und die Anbieter in Ländern mit anderen Rahmenbedingungen derzeit einen deutlichen Innovationsvorsprung besitzen. Anders als in anderen Branchen ändert sich in der Fahrzeugindustrie gleichzeitig sowohl die Wertschöpfung als auch die Wertwahrnehmung des Produkts Automobil hin zu der wertvollen Dienstleistung Mobilität.

Während die globale Klimakrise die Nutzung von Elektro- und Wasserstoffmobilität beschleunigt, erfordern gesellschaftliche Veränderungen, getrieben durch Globalisierung, Automatisierung und digitale Vernetzung zusätzliche Anpassungen von traditionell geprägten Industrieunternehmen. Zugleich verlagert sich die Wertschöpfung vom Primärprodukt und Maschinenbau zunehmend in datengetriebene Prozesse. Die europäische Auto- und IT-Industrie liegt im Digitalisierungs-Wettbewerb der Mobilität deutlich hinter den globalen Marktführern für digitale Mobilität.

Die öffentliche Hand sollte geeignete Experimentierräume für Mobilität ermöglichen, in denen digitale Innovationen mit NutzerInnen, Industrie und Wissenschaft in partizipativen Prozessen zur Marktreife gebracht werden können. Insbesondere im Rahmen der Um- und Neugestaltung von Siedlungsstrukturen in Städten, Gemeinden und Regionen könnten in Reallaboren nicht nur die technischen, sondern auch die praktischen Formen von Good Governance entsprechend der demokratischen Ideen und Werten der europäischen Kultur erprobt werden.

#### 4 Sozial Robuste Orientierungen für Digitale Mobilität (SoRo)

Daten und deren Entstehung sind vor allem ein soziales Phänomen und nicht primär ein physikalisch-technisches Ereignis. Für die Bewertung und Verwendung von Daten gelten keine natürlichen Gesetzmäßigkeiten, während die Erfassung, Übertragung und Speicherung auch eine physikalische Dimension besitzt. Um einen schädlichen Umgang mit Daten, die im Zusammenhang mit Mobilität anfallen, zu verhindern sind Institutionen zu entwickeln, die auf der Umsetzung von sozial robusten Orientierungen beruhen. Dies gilt insbesondere für den Umgang mit diesen Daten im Sinne einer starken Nachhaltigkeit und sicheren Datenkultur für alle Akteure als Rahmen zur Erhebung, Speicherung und Verwendung vom mobilitäts-spezifischen Daten.

Im Zuge der globalen Digitalisierung wächst die Gefahr, dass grundlegende Rechte zum Schutz von Informationen über Individuen zunehmend erodieren. Für Gesetzgeber und Anbieter von Mobilitätsdiensten gilt es daher sicher zu stellen, dass die vorhandenen Rechte und Pflichten auch für die Akteure in der digitalen Mobilitätswelt ihre Gültigkeit behalten und gesetzliche Grundlagen auch international den neuen Möglichkeiten angepasst werden.

Dem gegenüber sind erhebliche Anstrengungen von Nöten, um den Datenschutz entsprechend der heutigen Gesetzeslage auch für Betriebsdaten zu realisieren. Das sich hieraus ergebende Ungleichgewicht durch unterschiedliche Nutzung und den Mangel an Sensibilisierung für Belange des Datenschutzes wird dramatisch zunehmen. Im internationalen Vergleich wird deutlich, dass in verschiedenen Ländern nicht nur unterschiedliche Standards

gelten, sondern oft auch ein grundlegend anderes gesamtgesellschaftliches Verständnis von Datensouveränität und Schutzwürdigkeit von

Daten und individuellen Rechten herrscht (SI1.1; Teille et al., 2021).

### SI1.1 Nachhaltige Datenkultur

Der Umgang mit Mobilitätsdaten erfordert sozial robuste Institutionen im Sinne einer nachhaltigen Datenkultur, die die Erhebung, Speicherung und Verwendung von mobilitätsbezogenen Daten zwischen öffentlichen und privaten Akteuren regelt. Zur sicheren Datenkultur gehören der diskriminierungsfreie Zugang zu Mobilitäts-Plattformen und relevanten Daten<sup>8</sup>, die Einhaltung der europäischen Regelungen zum Datenschutz sowie netzunabhängige Rückfallebenen zur Gewährleistung von Mobilität. Nachhaltige Datenkultur kann zum Spitzenprodukt europäischer Kultur werden.

Ausgehend von dem gesellschaftlichen Konsens (Paris-Vereinbarung 2015), die verkehrsbedingten ökologischen und sozialen Beeinträchtigungen zu minimieren und gleichzeitig ausreichende und angemessene Mobilität für die Menschen sicherstellen zu können (Suffizienzziel), sollen digitale Verkehrssysteme dazu beitragen, die Auslastung von öffentlichen und privaten Fahrzeugen und damit die Effizienz gezielt zu steigern. Privater Autobesitz könnte

sukzessive durch individualisierte Mobilitäts-Services ergänzt und gegebenenfalls abgelöst werden. NutzerInnen abonnieren Mobilitätsleistungen, die digital auf ihre Mobilitätsbedarfe und Präferenzen abgestimmt sind, fallweise genutzt und je nach Antriebsart und Auslastung in einer individuellen Umweltbilanz erfasst und bargeldlos abgerechnet werden können (SI1.2; Tiffe et al., 2021).

### SI1.2 Digitale Mobilitätsangebote

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

8 Passauer Erklärung der Verkehrsminister (BMWi, 2020)



Siedlungs- als auch Mobilitätsflächen konkurrieren mit Flächenansprüchen der Landwirtschaft, der Industrie und Produktion oder Grün- und Freiflächen sowie Naturflächen zu Bewahrung der biologischen Diversität oder notwendiger Resilienz, wie z.B. Retentionsflächen im Hochwasserschutz. Neben dieser direkten Flächenkonkurrenz muss bei der Digitalisierung von Mobilitätskonzepten beachtet werden, dass die entstehenden Kosten der Produktion und des Betriebs in diesen Bereichen externalisiert und zu Lasten der Umwelt (Klimafolgen) oder der Verteilungsgerechtigkeit (Exklusion und Segregation) als Senken genutzt werden können.

Das Ziel einer starken nachhaltigen Entwicklung erfordert eine sozialökologisch robuste Orientierung der digitalen Mobilität, die nur erreichbar ist, wenn es gelingt, die verschiedenen Perspektiven und Visionen der beteiligten Akteure und die Erfordernisse des Umweltschutzes in ein produktives Zusammenspiel guter Governance zu bringen, um nicht zuletzt schon im Prozess der Entwicklung neuer Technologien, wie der Digitalisierung der Mobilitätsformen, die Unseens oder Rebound-effekte rechtzeitig aufzudecken und zu verhindern (SI1.3; Serbser et al., 2021).

### SI1.3 Mobilität und Raum

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.

Digitalisierung im Verkehrssektor kann verkehrssteigernd für Menschen und Güter wirken, deshalb muss Ressourcenschonung als ein zentrales Kernanliegen der digitalen Entwicklung im Mobilitätssektor konsequent von Mobilitätsanbietern gefordert und die entsprechende Forschung auch staatlich gefördert werden. Um den Strombedarf und die Hardwarebeanspruchung so gering wie möglich zu

halten, ist eine sinnvolle Datenverwaltung und -prozessierung durch Systemhersteller und Mobilitätsdienstbetreiber notwendig. Zudem wird der Einsatz ressourcenschonender Software und von selbstlernenden Algorithmen (inkl. KNNs<sup>9</sup>) zur Optimierung des Ressourcenverbrauchs über den Lebenszyklus aller Produkte in der Mobilitätskette befürwortet. Eine zentrale Maßnahme besteht darin, Nutzergrup-

9 KNN Künstliche neuronale Netzwerke (engl. ANN); die künstliche Intelligenz

pen und Dienstbetreiber für die beschriebenen Zusammenhänge und verhaltensbedingte Rebound-Effekte zu sensibilisieren. Ein erhöhter Ressourcenbedarf durch Rebound-Effekte, steht Effizienzpotenzialen digitaler Mobilität gegenüber, könnte aber durch das gezielte Abschöpfen von Effizienzgewinnen verringert

werden. Für die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen zur Erreichung der gesellschaftlichen Ziele bedarf es eines breiten Diskurses und eines Gesetzesrahmens für Europa, da mit der Mobilität auch deren Umweltauswirkungen grenzüberschreitend sind (SI1.4; Schebek et al., 2021).

### SI1.4 Ressourcenverbrauch

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.

Digitalisierung des Mobilitätssektors muss Akteure befähigen Geschäftsmodelle für nachhaltige Mobilität nutzergerecht umzusetzen, wie die Autoindustrie es für Finanzdienstleistungen schon einmal geleistet hat. Zur Erreichung der verkehrs- und energiepolitischen Wende sind nachhaltige Produkte und geeignetes Mobilitätsverhalten zu fördern und die digitalen Infrastrukturen in Deutschland anzupassen. Bei der Entwicklung von Standards könnte Deutschland eine marktgestaltende Rolle einnehmen z.B. für umweltgerechte Mobilitätsleistungen, nachhaltige Datenkultur, europäische Infrastruktursysteme und gesicherte Mobilitäts-Datenräume. Automobil- und Mobilitätsunternehmen stellen einen wesentlichen Wirtschaftsfaktor dar, deshalb muss der unaufhaltsamen Verlagerung von Wertschöp-

fung durch Digitalisierung durch Aufbau von Kompetenzen für digitale Geschäftsmodelle, Qualifizierung der Mitarbeiter und Etablierung von globalen Wertschöpfungspartnerschaften entgegengewirkt werden. Nur, wenn es der europäischen Autoindustrie gelingt ihre führende Stellung als Systemlieferant im Mobilitätssektor ins digitale Zeitalter zu transferieren, kann die wirtschaftliche Stärke der Heimatmärkte ihre weltweit führende Rolle bei Standardisierung von Technologien behaupten, die Nachhaltigkeit von digitalen Verkehrssystemen positiv beeinflusst werden und auch zukünftig ein substantieller Teil der Wertschöpfung und Beschäftigung durch digitale Mobilität in der europäischen und deutschen Automobilindustrie gesichert werden (SI1.5; Wust et al., 2021).

## S11.5 Wandel der 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, Software und digitale Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu betreiben. Mobilitätsinfrastrukturen in Deutschland sind entsprechend verkehrs- und energiepolitischen Zielen auf EU-Ebene anzupassen, Geschäftsprozesse digital kompatibel nachhaltig zu gestalten, Veränderungen und Innovation durch Unternehmen agil zu managen und vorhandene wie neue Mitarbeiter entsprechend zu qualifizieren.

Trotz der aufgezeigten Unseens stellt Digitalisierung eine wirtschaftliche und gesellschaftliche Chance für Deutschland dar, wenn es gelingt den Herausforderungen, nicht nur der digitalen Mobilität, mit einer Weiterentwicklung der demokratischen Institutionen zu begegnen. Mit Hilfe der digitalisieren Infrastruktursysteme als moderne Commons sind Voraussetzungen geschaffen, mit denen sich zwischen Wirtschaft und öffentlicher Hand eine dritte demokratische Institution herausbilden könnte, die nicht den Versuchen kommerzieller oder

autokratischer Datenbesessenheit erliegt, sondern eine nachhaltige Datenkultur entwickelt, die intelligent subsidiär organisiert, Aufgaben, die dezentral zu lösen möglich sind auch dezentral abwickelt und nur solche Funktionen zentralisiert, die zwingend zentral notwendig sind, sei es für die öffentliche Hand oder Wirtschaft. Eine vorausschauende europäische Politik könnte exemplarisch einen entsprechenden regulatorischen Rahmen für die digitale Mobilität schaffen, zu dessen Entwicklung dieses Weißbuch beitragen soll.

## Literatur

- BMWi 2020 Passauer Erklärung  
[https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/passauer-erklarung-de.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/passauer-erklarung-de.pdf?__blob=publicationFile)
- Canzler, Weert, Knie, Andreas, Ruhrort, Lisa 2019 Autonome Flotten, Oekom Verlag München
- Daum Timo, 2018 Das Auto im digitalen Kapitalismus, <https://www.rosalux.de/publikation/id/38652/das-auto-im-digitalen-kapitalismus/>
- Dörr, Saskia [2020]. Praxisleitfaden Corporate Digital Responsibility: Unternehmerische Verantwortung und Nachhaltigkeitsmanagement Im Digitalzeitalter. Springer Gabler. in Springer Fachmedien Wies-baden GmbH.
- 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
- Herrmann, Andreas; Brenner, Walter: Die autonome Revolution; Frankfurter Allgemeine Buch; Frankfurt am Main; 2018; Seite 196-201 Hilty, Lorenz, 2012, Research Collection, Report: Lokalisiert und identifiziert wie Ortungstechnologien unser Leben verändern, Permanent Link: <https://doi.org/10.3929/ethz-a-007249946>
- Herger, D.Mario Der letzte Führerscheinneuling ist bereits geboren, 3. Hrsg., Plassen, 2019.
- Hilty, Lorenz et al. 2003, Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft. Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt. Studie des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung, TA Swiss
- 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>
- Hofmann, Klaus Markus, 2018, Eine Theorie der Modern Commons – Vernetzte Infrastrukturentwicklung für nachhaltige Mobilität Strukturfunktionale Systemanalyse zur Rolle

- und Transformation von Infrastrukturnetzen, 10/2018 Universität Leipzig
- Jonas, Hans, 1979, Das Prinzip Verantwortung, Suhrkamp Verlag, Berlin
- Lange, Steffen & Santarius, Tillmann 2018. Smarte grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit. oekom-Verlag München
- 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.
- Popper, Karl, 1980, Die offene Gesellschaft und ihre Feinde, München, Francke Verlag
- Rammler, Stephan: Schubumkehr – Die Zukunft der Mobilität; Fischer Taschenbuch; Frankfurt am Main; 2. Auflage, Juli 2015
- Rawls, John, 1971 A Theory of Justice, Belknap Press, Cambridge USA
- Ronellenfisch, Michael 1995. „Menschenrecht“ auf Mobilität – kann, darf gegengesteuert werden? Juristische Perspektiven. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 66(3), 207–213.
- Serbser, W.H., Levin-Keitel, M., Prytula, M., Waschke, T., Zebuhr, Y., Hofmann, K. M. (2021). Wechselwirkungen digitaler Mobilität mit Raum- und Sozialstrukturen In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch: Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 25–33). Baden-Baden: Nomos.
- Schebeke, L., Hanesch, S., Fischer, E., Tiffe, J., Wust, C., Hofmann, K. M. (2021). Erhöhter Ressourcenverbrauch durch Digitalisierung im Kontext der Mobilität im Individualverkehr. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch: Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 34–44). Baden-Baden: Nomos
- Scholz, R. W., Albrecht, E., Marx, D., Mißler-Behr, M., & Renn, O. (Eds.). (2021). *Supplementarische Informationen zum Weißbuch Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten: Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses*. Baden Baden: Nomos.
- 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>
- Scholz, R.W.; Kley, M.; Parycek, M., 2020, Reframing Global and European Digital Infrastructure as a Public Good? unpublished work
- Scholz, R. W. (2017). Digital Threat and Vulnerability Management: The SVIDT Method. Sustainability, 9(4), 554. doi:ARTN 55410.3390/su9040554
- Scholz, R. W., Blumer, Y. B., & Brand, F. S. (2012). Risk, vulnerability, robustness, and resilience from a decision-theoretic perspective. Journal of Risk Research, 15(3), 313–330. doi: DOI:10.1080/13669877.2011.634522
- Shi-Kupfer, Kristin; Chen, George G.: Massenhafter Nutzer – mangelhafter Datenschutz; Zeit – Online; 20. August 2017; [<https://www.zeit.de/politik/ausland/2017-08/china-datenschutz-digitalisierung-gesetze>]
- Teille, K., Baidinger, D., Jahn, K., Jahn, K., Waschek, T., Wust, C., Zebuhr, Y., Hofmann, K. M. (2021). Digitale Mobilität braucht eine sichere Datenkultur. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch: Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 2–12). Baden-Baden: Nomos.
- Tiffe, J., Krummheuer, F., Hofmann, K. M. unter Mitarbeit von Weert, C. (2021). Digitale Mobilitätsangebote Schlüssel oder Hemmschuhe für eine Verkehrswende. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch: Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 13–24). Baden-Baden: Nomos
- Weizenbaum, Joseph: Kurs auf den Eisberg - Die Verantwortung des Einzelnen in der Diktatur der Technik; Serie Piper; 3. Auflage, 19. Tsd.; 1987
- Wust, C., Teille, K., & Hofmann, K. M. (2021). Wandel der Wertschöpfung im Mobilitätsmarkt - Vom Fahrzeugbauer zum digitalen Plattformmanager. In R. W. Scholz, E. Albrecht, D. Marx, M. Mißler-Behr, O. Renn, & V. van Zyl-Bulitta (Eds.), *Supplementarische Informationen zum Weißbuch: Verantwortungsvoller Umgang mit digitalen Daten – Orientierungen eines transdisziplinären Prozesses* (S. 45–59). Baden-Baden: Nomos