SITZUNGSBERICHTE

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN

Die Energiewende 2.0
Im Fokus: Die Mobilität

Kolloqium und Expertendiskurs der
Leibniz-Sozietät der Wissenschaften
in Kooperation mit dem
Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler
am 07. Mai 2021 als digitale Veranstaltung

Herausgegeben von
Ernst-Peter Jeremias & Norbert Mertzsch

Mit Beiträgen von Mariya Agafonova,
Michael Bartnik, Jürgen Bönninger, Weert Canzler,
Dietmar Göhlich, Lutz-Günther Fleischer,
Kristian Höpping, Günter Hörmandinger,
Ernst-Peter Jeremias, Marcus Mai, Norbert Mertzsch,
Günther Prokop, Jens Gerd Wollenweber

BAND 147

JAHRGANG 2021

SITZUNGSBERICHTE
BAND 147 JAHRGANG 2021

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

Diese Publikation erfolgte mit freundlicher Unterstützung des Senats von Berlin.

Impressum

Herausgeberin: Gerda Haßler, Präsidentin der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
Briefanschrift: Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58/59, 10117 Berlin
Homepage http://www.leibnizsozietaet.de

Briefanschrift der Redaktion:
Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V., Redaktionskollegium,
Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58/59, 10117 Berlin

Im Auftrag der Leibniz-Sozietät e.V. erschienen im trafo Wissenschaftsverlag
Dr. Wolfgang Weist, Finkenstr. 8, 12621 Berlin
Telefon: 030/61 29 94 Fax: 030/61 29 94 21
e-mail: info@trafoberlin.de

Druck: Ortmaier Druck, Frontenhausen

Bezugsbedingungen: Die Reihe „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“ erscheint in unregelmäßigen Abständen etwa viermal jährlich.
Bestellungen sowie fortlaufender Bezug bitte über Ihre Buchhandlung oder direkt beim trafo Wissenschaftsverlag Dr. Wolfgang Weist

Redaktionelle Durchsicht dieses Bandes: Ernst-Peter Jeremias, Norbert Mertzsch

Redaktionsschluss: 30.8.2021
ISSN 0947-5850 ISBN 978-3-86464-224-1

Inhalt

Ernst-Peter Jeremias, Norbert Mertzsch 7
Einführung

Lutz-Günther Fleischer 17
Die Energiewende 2.0 und einige rezente Implikationen
Erweiterte Fassung der Eröffnung

Ernst-Peter Jeremias 39
Einführungsvortrag zu Aspekten der Mobilitäts- und Verkehrswende in Deutschland

Weert Canzler 45
Keine Energiewende ohne Verkehrswende

Michael Bartnik 67
Optimierung der individuellen Mobilität: Jelbi verbindet ÖPNV und Sharing-Mobilität

Marija Agafonova, Jens Wollenweber 81
Nachhaltige Mobilität und Verkehr im Vergleich der Länder Deutschland und Kasachstan

Günther Prokop, Jürgen Bönninger, Marcus Mai, Kristian Höpping 97
Sicherheit des automatisierten Fahrens
Wie macht das automatisierte Fahrzeug seinen Führerschein – „Die Dresdner Methode“

Günter Hörmandinger 111
Verkehr in der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2050“

Dietmar Göhlich 117
Dekarbonisierung des urbanen Verkehrs am Beispiel Berlin

Ernst-Peter Jeremias, Norbert Mertzsch 133
Zusammenfassung des Expertendiskurs „Die Energiewende 2.0: Im Fokus: die Mobilität.“

Norbert Mertzsch 135
Schlusswort und Ausblick

Autorin und Autoren 139

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 7–16*

Ernst-Peter Jeremias, Norbert Mertzsch

Einführung

In der Jahrtausende währenden Entwicklung der Menschheit konnte der Mensch seit dem Beginn des Gebrauchs des Feuers bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts im Wesentlichen nur auf Einkommensenergien zurückgreifen. Dabei spielte der nachwachsende Rohstoff Holz neben der Wasserkraft und der Windkraft die dominierende Rolle. Erst danach dominierte die Verwendung von Vermögensenergien, wie Kohle und Erdöl. Der sich dadurch offensichtlich ergebende Anstieg der Konzentration von Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre mit gravierenden Einflüssen auf das Klimasystem der Erde erzwingt nun wieder die Rückkehr zur vorrangigen Nutzung von Einkommensenergien mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen (z. B. Energieangebot und Energiebedarf stimmen nicht überein usw.). Diese Rückbesinnung auf die vorrangige Nutzung von Einkommensenergien wird in Deutschland mit dem Begriff Energiewende beschrieben.

Analoges gilt für die Fortbewegung der Menschen, die bis zur Erfindung der Dampfmaschine und nachfolgend der Eisenbahn zu Land neben dem Laufen auf die Nutzung von Pferd und Wagen beschränkt war. Erst mit der Verfügbarkeit der Eisenbahn und Jahrzehnte später des Autos nahm die Mobilität der Menschen deutlich zu, was mit einem deutlichen Anstieg des Energieverbrauchs für die Fortbewegung einherging und bis heute unvermindert anhält. Einen starken Schub erhielt die individuelle Mobilität durch die fragwürdige Umgestaltung der Städte zur autogerechten Stadt und die zunehmende Massenproduktion von Autos ab Mitte des 20. Jahrhunderts, was auch den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid nachhaltig erhöhte.

Um diesen wieder deutlich zu reduzieren muss sich im Rahmen einer effektiven Mobilitätswende das Mobilitätsverhalten jedes Einzelnen ändern. Der Umstieg von Fahrzeugen mit einem Antrieb auf Basis fossiler Kraftstoffe auf solche mit Elektroantrieb reicht da nicht aus. Damit verbunden ist dann auch ein gravierender Umbau im Bereich der Automobilindustrie mit entsprechenden Auswirkungen auf davon betroffene Arbeitsplätze. Es zeigt sich, dass Energiewende und Mobilitätswende wesentlich tiefer in die Gesellschaft eingreifen als man oberflächlich erwartet.

Ausgehend von der 5. Jahrestagung der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. im Jahre 2012 zum Thema „Energiewende – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag“ (Banse/Fleischer 2014) der bereits mehrere Veranstaltungen und Diskussionen vorausgingen, wurden in den letzten Jahren verschiedene Aspekte der Energiewende systematisch betrachtet (vgl. Banse/Fleischer 2018). Dafür stehen u. a.:

- Kolloquium zu Aspekten der Energiewende in Deutschland: Erneuerbare Energieträger – Eigenschaftsprofile, Probleme und realistische Perspektiven ihrer Nutzung unter den Bedingungen Deutschlands am 11. Oktober 2012;
- Kolloquium zum Thema „Energiespeichertechnologien: Notwendigkeiten, Problemspektren, wissenschaftlich-technische Entwicklungen und Perspektiven“ am 13. Dezember 2013;
- Kolloquium zum Thema: „Energiewende 2.0 – Die ambivalente ‚Wärme’ im Fokus der Wissenschaft und Wirtschaft, der Technik und Technologie“ am 19. Mai 2017;
- öffentliche Disputation zum Thema: „Die Energiewende 2.0: Essentielle wissenschaftlich-technische, soziale und politische Herausforderungen“ am 12. April 2018;
- öffentliche Disputation zum Thema: „Die Energiewende 2.0 – *Im Fokus: Die kardinale Effektivität und Effizienz*“ am 06. Dezember 2018.

Mit dem Kolloquium/der Disputation zum Thema: „Die Energiewende 2.0: Im Fokus die Mobilität“, welches am 07. Mai 2021 als Zoom-Konferenz stattfand und die bereits eine für April 2020 geplante Veranstaltung nachholte, wurde ein weiterer Aspekt der Energiewende betrachtet. Dabei konnten nur einzelne Aspekte der Mobilität betrachtet werden. Eine Vertiefung der Problematik bleibt weiteren Veranstaltungen vorbehalten.

***

Lutz-Günther Fleischer, Vizepräsident der Leibniz-Sozietät, geht in seinem Beitrag „Die Energiewende 2.0 und einige rezente Implikationen“, einer erweiterten Fassung seiner Eröffnung, an Hand der jüngsten kritischen Stellungnahme des Bundesrechnungshofes auf einige Probleme und Versäumnisse bei der bisherigen Umsetzung der Energiewende in Deutschland ein. Es sei festzustellen, dass die rezenten Ergebnisse hinsichtlich der qualitativen Umgestaltung der Energetik und des nachhaltigen Klimaschutzes über vereinbarte Maßnahmen selbst quantitativ deutlich hinter den objektiven Erfordernissen, Erwartungen, überdies zugleich aber auch hinter den sich bie-

tenden Möglichkeiten zurückbleiben. Der Verkehrsbereich sei in dem Sinn besonders auffällig. Die Energiewende 2.0 in Deutschland ist ein tiefgreifender, gesamtgesellschaftlich zu gestaltender und nur so zu bewältigender, weil für alle Bürger und Bereiche der Gesellschaft einschneidender, *hochkomplexer Transformationsprozess*. Dieser fordert innerhalb des kompliziert verflochtenen, teils sogar verschachtelten Problemgefüges mit klimarelevanten, ökonomisch-ökologischen, technologischen, sozio-technischen. Kulturellen und sozialen Komponenten die *konsequente und effektiv koordinierte Substitution von Vermögensenergieträgern* (fossilen und nuklearen Primärenergieträgern). Anzustreben sei – in den vom nationalen Gesetzgeber nunmehr verkürzten Fristen – ein dynamisch ausgewogener Mix aus Einkommensenergieträgern und eine $CO_{2,äquiv.}$-Nettoemission von Null bis 2045. Dafür fehlen bisher die Ziel-Mittel-Perspektiven, die Pfade und die angemessenen konkreten Maßnahmen. In Anbetracht dieser Herausforderungen sei ein grundsätzliches Umdenken auch in der Politik unverzichtbar.

Inter- und transdisziplinär müssen im gleichen Sinn die naturwissenschaftliche, technikwissenschaftliche, sozial-, geistes- sowie kulturwissenschaftliche *Expertise vollständiger erschlossen* und das prädikatenlogische *„Wenn-Dann-Konditional“* folgerichtig einbezogen werden.

In dem Kontext skizzierte *L.-G. Fleischer* eine themenrelevante *Kernthese*: Auf das *dynamische organische Ganze* komme es an. Es umfasse die, in einem solchen (im weitesten Wortsinn) *„Organismus“* obwaltenden polaren und kooperativen Wirkungsbeziehungen sowie die vielfältigen Wirkmechanismen, das interne und externe Gefüge dynamischer Einflüsse/Konditionen, die bedingte und unbedingte Steuerung und Regelung. Zu integrieren seien die variablen Wahrscheinlichkeiten der differenzierten Möglichkeiten, insbesondere jener sie wandelnden komplexen Prozesse. Dazu gehören typische Kausalitätsketten in ihren wesentlichen ontologischen und evolutionären Ursache-Wirkungs-Bezügen sowie die ebenfalls ambivalenten Ziele. Solche holistischen Systeme existieren – gleich den Energiesystemen – relativ stabil *funktionsdeterminiert organisiert*, aber prinzipiell stofflich, energetisch sowie informationell offen. In jedem ihrer (systemischen) funktionell-strukturellen Bereiche sind die Konstituenten, die sogenannten *Holons*, gleichermaßen autonome *Ganzheiten* als auch botmäßige *Teilheiten*. Solche Holons repräsentieren als Modelle Energieanteile, Energieformen, Energiesektoren, kognitive Strukturen, Glieder ontologischer und evolutionärer Zeitreihen, soziale Gruppen, ökonomische Entitäten etc. samt ihren Dichotomien und ‚Spielregeln‘.

Ernst-Peter Jeremias wies im Einführungsvortrag auf das bisher geltende Klimaschutzgesetz und das aktuell dazu erlassene Urteil des Bundesverfassungsgerichts hin, welches besagt, dass das Gesetz in der jetzigen Form versäumt hat, Regeln für die Zeit nach 2030 festzuschreiben. Dadurch besteht das Risiko, dass junge Menschen künftig beim Klimaschutz die Hauptlast zu tragen haben.

Im Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung werden, den Verkehr betreffend, folgende Maßnahmen festgelegt:

- Ausbau der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität,
- Förderung des Umstiegs auf Elektrofahrzeuge,
- Erhöhung der Attraktivität des öffentlichen Nahverkehrs,
- Investitionen in die Bahn,
- konsequente CO_2-bezogene Reform der KfZ-Steuer.

Da Mobilität ein Grundbedürfnis der Menschen und gleichzeitig Voraussetzung für eine moderne, arbeitsteilige Gesellschaft in einer globalisierten Welt ist, sieht der Referent folgenden Weg zu einer Mobilitätswende:

1. Eine 1:1-Transformation von derzeit rund 48.000.000 Verbrennungs-PKW in Deutschland durch batterieelektrische Kraftfahrzeuge (BEV) wird nicht zielführend im Sinne der notwendigen Mobilitätswende und nachhaltigen Wirtschaftens sein.
2. Die MiD-Studie 2018 (MiD: Mobilität in Deutschland) führt aus, dass die zurückgelegte tägliche durchschnittliche Tagesstrecke pro Person bei 39 Kilometern im Jahr 2017 beträgt. Die daraus abzuleitende Konsequenz: Ist es zukünftig notwendig, dass pro Haushalt durchschnittlich 1,1 PKW betrieben werden, die laut Statistik 23 Stunden pro Tag überwiegend zu Hause geparkt werden?
3. BEV sind auf der täglichen „Kurzstrecke“ bis ca.150 km aus Energieeffizienzgründen gegenüber Wasserstoff als Treibstoff zu bevorzugen.
4. Auf der Langstrecke sollte die elektrifizierte Bahn sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr Vorrang haben. „Grüner“ Wasserstoff muss nicht direkt elektrifizierbaren Transportaufgaben und Spezialtransporten vorbehalten sein, sondern nicht zuletzt auch dem Einsatz in der Luftfahrt und in der Schifffahrt.
5. Automatisiertes Fahren sollte vorrangig unsere Mobilitätsbedürfnisse auf der „ersten und letzten Meile“ befriedigen.
6. Wir müssen generell unsere bisherigen Mobilitätsgewohnheiten auf den Prüfstand stellen und unser diesbezügliches Verhalten ändern.

7. Die Herstellung der erforderlichen Akzeptanz zu einem klimakonformen Mobilitätsverhalten wird vermutlich nur als Generationenaufgabe zu lösen sein.

Weert Canzler zeigte in seinem Beitrag „Keine Energiewende ohne Verkehrswende" die große Bedeutung der Verkehrswende für die Energiewende auf. So wichtig der Umstieg auf elektrische Antriebe auf der Basis Erneuerbarer Energien auch ist: Die Klimaziele, die Beweglichkeit und die Lebensqualität in den Städten brauchen aus seiner Sicht insgesamt einen *anderen* Verkehr, *andere* Verkehrsangebote und auch einen Wandel des Verkehrsverhaltens. Ohne Veränderungen in der politischen Regulierung und ohne eine Veränderung des Rechtsrahmens wird das nicht möglich sein.

Die Geschichte des Verkehrs zeigt: Ein politisches Programm und übergeordnetes Ziel standen Pate für eine konsequente Implementierung von verkehrsrechtlichen, steuerlichen und infrastrukturellen Maßnahmen und dafür, dass der „Traum vom privaten Auto" wahr wurde. Auf dem gleichen Wege und mit der gleichen Konsequenz müsste nun auch die Verkehrswende mit ihren Elementen Elektrifizierung, Intermodalität, Stärkung des Öffentlichen Verkehrs und Renaissance von Zufußgehen und Radfahren verfolgt werden. Die technische Basis des elektrifizierten Verkehrs verändert sich radikal, da die bisher getrennten Sektoren des Verkehrs und der Energieversorgung konvergieren.

Einem Mobility-to-grid-Ansatz wird eine große Bedeutung in einem zukünftigen Stromsystem beigemessen, das auf fluktuierend einspeisenden Erneuerbaren Energien beruht und daher verschiedener Flexibilitätsoptionen bedarf. Dabei müssen nicht nur technische Herausforderungen gelöst werden. Es braucht auch eine konsequente Anpassung der regulativen Rahmenbedingungen und nicht zuletzt die Bereitschaft der Nutzerinnen und Nutzer, sich im Alltag darauf einzulassen. Die Sektorenkopplung bietet große Chancen, diese stehen allerdings erheblichen Anpassungsnotwendigkeiten gegenüber.

Michael Bartnik zeigte in seinem Beitrag „Optimierung der individuellen Mobilität: Jelbi verbindet ÖPNV und Sharing-Mobilität" wie mit Hilfe der Digitalisierung immer das Mobilitätsangebot zur Verfügung gestellt wird, welches im Moment gerade benötigt wird. Damit soll der Verzicht auf ein eigenes Auto möglich werden. Derzeit sind in die Jelbi-App 30.000 Fahrzeuge integriert, wodurch die App europaweit die größte Mobilitätsplattform aus ÖPNV und Sharing-Angeboten ist.

Der Referent führte aus, dass derzeit 20 Jelbi-Punkte und Jelbi-Stationen zwischen Spandau und Lichtenberg vorhanden sind. An diesen Jelbi-Statio-

nen sind Stellflächen für Carsharing, Scooter-, Moped- und Bikesharing vorhanden. Sie befinden sich an S+U-Bahnhöfen oder an zentralen Orten mit hoher Nachfrage – z. B. in Neubauquartieren. Jelbi-Punkte für „alles was zwei Räder hat" befinden sich an Haltestellen und Hotspots im Kiez.

Unter dem Dach der Jelbi-App sind neben Mobilitätspartnern auch Flächenpartner, wie Gewobag, Aral, Apcoa, Drivery oder Charité und der Softwarepartner Trafi vereint. So führen die Mobilitätsangebote dorthin, wo sie gebraucht werden: Vor die Haustür bzw. zum Arbeitsplatz.

Marija Agafonova und *Jens Wollenweber* weiteten mit ihrem Beitrag „Nachhaltige Mobilität und Verkehr im Vergleich der Länder Deutschland und Kasachstan" den Blick über die Landesgrenzen hinaus. Es wurde darauf hingewiesen, dass in Kasachstan eine effiziente Verkehrsinfrastruktur außerhalb der Ballungszentren noch nicht flächendeckend vorzufinden ist. Die Zielrichtung liegt dort vielmehr in der Partizipation der Vorteile der neuen Seidenstraße und der Verringerung der Abhängigkeit von den natürlichen Ressourcen des Landes wie Öl und Gas. Nachhaltigkeitsgesichtspunkte spielen aktuell eine eher untergeordnete Rolle.

Zum Vergleich der Entwicklungsstände von Industrienationen gegenüber Transformationsökonomien wurde ein Nachhaltigkeitskatalog entwickelt, welcher in den drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales einen detaillierten Vergleich ermöglicht.

Es zeigt sich, dass in allen drei Dimensionen ein klar messbarer Abstand zwischen Deutschland und Kasachstan vorhanden ist, wobei die soziale Dimension den größten und die ökonomische Dimension den geringsten Abstand aufweist.

Günther Prokop, Jürgen Bönninger, Marcus Mai und *Kristian Höpping* gingen in ihrem Beitrag „Sicherheit des automatisierten Fahrens (Wie macht das automatisierte Fahrzeug seinen Führerschein – ‚Die Dresdner Methode'") auf das Thema Sicherheit im Straßenverkehr ein.

Es wurde aufgezeigt, dass für die Wirksamkeitsbewertung aktiver Sicherheitsfunktionen und der Risikobewertung automatisierter Fahrfunktionen eine reine Resimulation von Unfalldaten unter Einbezug der Funktion längst nicht mehr ausreichend ist. Da diese Funktionen kritische Verkehrssituationen im Idealfall gar nicht erst entstehen lassen sollen, ist ein wesentlich umfangreicheres Verständnis des heutigen Verkehrs- und Unfallgeschehens notwendig geworden. Ebenso müssen die darauf aufbauenden Bewertungsmethoden die vielfältigen Wechselwirkungen der Verkehrsteilnehmer im Realverkehr abbilden können und eine statistische Aussage für das zukünftige Verkehrs- und Unfallgeschehen liefern. Der Lehrstuhl Kraftfahrzeugtechnik

(LKT) der TU Dresden und die *FSD – Zentrale Stelle* haben daher ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten darauf konzentriert, einen durchgängigen Methodenbaukasten für die ganzheitliche Wirksamkeits-/Risikobewertung aktiver Sicherheitsfunktionen und automatisierter Fahrfunktionen zu schaffen: „Die Dresdner Methode".

Realdaten aus verschiedenen Quellen (Natürliche Fahrdaten, Unfalldaten, Verkehrsbeobachtungen mit Drohnen) werden zunächst durch Fusionsalgorithmen zu einer gemeinsamen Datenbasis zusammengeführt, die mit Hilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz zudem die Ergänzung teils fehlender Informationen zulässt. Die Verkehrssituationen werden hierbei mit Hilfe eigens entwickelter Metriken, die auf der Beherrschbarkeit einer Situation für das menschliche Verkehrsteilnehmerverhalten basieren, aus den Normalverkehrsdaten extrahiert, um den zugrundeliegenden Datenbestand auf das relevante Verkehrsgeschehen zu reduzieren. Für eine nun zu bewertende Funktion werden aus dieser Datenbasis mit Hilfe eigens entwickelter Clusterverfahren repräsentative Testszenarien in einem Szenarienkatalog zusammengestellt, der das Wirkfeld der Funktion in einem abprüfbaren Umfang abdeckt. Dieser Katalog wird anschließend verschiedenen Bewertungsmethoden zugeführt. Die Sicherheitsbewertung auf makroskopischer Verkehrsebene wird mit Hilfe stochastischer Verkehrsflusssimulationen durchgeführt, die mit Hilfe physio-psychologischer Modelle der Verkehrsteilnehmer ein realistisches, virtuelles Verkehrs- und Unfallgeschehen erzeugen und eine statistische Aussage zur Funktionswirkung liefern. Die Sicherheitsbewertung auf mikroskopischer Verkehrsebene erfolgt hingegen in detaillierten Betrachtungen mit Hilfe von Fahrsimulatoren und Realfahrversuchen.

Dieser im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte aufgebaute Methodenbaukasten bildet ein Instrumentarium, das von der Funktionsentwicklung über die Begutachtung und Genehmigung bis hin zur periodisch-technischen Inspektion sowie Feldüberwachung eingesetzt werden kann. Es stellt die Entwicklungsgrundlage für den Beitrag des LKTs zur Initiative „Sicherheit des vernetzten und automatisierten Straßenverkehrs" (SivaS) dar, einem gemeinsamen Vorhaben mit der *FSD – Zentrale Stelle* und weiteren Partnern zur Schaffung und Bereitstellung von Bewertungsszenarien und -methoden für die Verkehrssicherheit von morgen.

Günter Hörmandinger ging in seinem Vortrag „Verkehr in der Studie ‚Klimaneutrales Deutschland 2050'" auf die im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und der Stiftung Klimaneutralität 2020 erarbeitete Studie ein, wie Deutschland 2050, bzw. jetzt neu 2045, klimaneutral werden kann. Danach kann Deutschland in eine klimaneutrale Nation umge-

baut werden und weiter an Wohlstand und Wirtschaftskraft gewinnen. Hierzu bedarf es eines umfassenden Investitionsprogramms, das den Ausbau der Erneuerbaren Energien prioritär vorantreibt, die weitgehende Elektrifizierung von Verkehr, Wärme und Industrie umfasst, die energetische Sanierung fast aller Gebäude beinhaltet und den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur anstößt.

Gemäß der Studie findet im Verkehr eine Trendwende statt. Die persönliche Mobilität bleibt vollständig erhalten, aber sie verändert sich. Die Menschen fahren deutlich mehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln sowie dem Rad und gehen zu Fuß. Im Jahr 2030 werden bereits 14 Millionen Elektro-Pkw (inkl. Plug-in-Hybride) im Bestand sein. Güter werden verstärkt auf der Schiene transportiert und es wird fast ein Drittel der Fahrleistung im Straßengüterverkehr über elektrische Lkw mit Batterien, Oberleitungen und Brennstoffzellen erbracht.

Dietmar Göhlich betrachtete in seinem Vortrag die „Dekarbonisierung des urbanen Verkehrs am Beispiel Berlins“. Er wies darauf hin, dass die Elektrifizierung des Verkehrs eine einzigartige Chance ist, Energie- und Verkehrssysteme gemeinsam zu erforschen und Synergien zu nutzen. Das Ziel muss sein, mit Hilfe neuer technischer Optionen und unter Beteiligung der Zivilgesellschaft die Versorgung mit Strom, Wärme und Verkehr bezahlbar, sicher und vollständig auf Basis der Erneuerbaren Energien zu realisieren. Der Berliner EUREF-Campus dient dabei als Erprobungs- und Referenzquartier, um die Eckwerte einer dezentralen Versorgungswirtschaft für eine nachhaltige Stadtentwicklung zu beschreiben. In sechs Themenfeldern werden sowohl neue Technologiefelder und innovative Geschäftsmodelle eröffnet als auch Akzeptanzforschung und Nachwuchsförderung betrieben. Ein Querschnittsfeld widmet sich dem Betrieb sowie der Verwertung der Ergebnisse in einer gemeinsam getragenen Unternehmung. Der Vortragende ging dabei sowohl auf die Erforschung und Entwicklung neuer Technologie-Optionen als auch die Analyse und Bewertung sozialer Akzeptanz und politischer Rahmenbedingungen sowie die ökonomische Verwertbarkeit der gewonnen Forschungsergebnisse am Beispiel Berlin ein.

Die Disputation, an der *Weert Canzler, Dietmar Göhlich, Günter Hörmandinger, Ernst-Peter Jeremias* und *Günther Prokop* teilnahmen, wurde vom Vize-Präsidenten der Leibniz-Sozietät, *Lutz-Günther Fleischer* geleitet. Dieser gab den Teilnehmern zunächst die Gelegenheit, jeweils in bis zu zwei Schwerpunkten ihrer Wahl ihre Auffassungen zur Umsetzung der Klima- und Mobilitätsstrategie in Deutschland vorzutragen. Damit wurde eine selbstorganisierte Diskussion initiiert. Die dargestellten Themen waren dann erwartungsgemäß durch das Fach- und Arbeitsgebiet der jeweiligen Disputanten geprägt.

Während die Diskussion in der Notwendigkeit der Mobilitätswende grundsätzlich einheitliche Positionen aufgezeigt hat, entwickelte sich der Disput über das Vorgehen mit „systemischen Ansatz“ vermeintlich kontrovers. Dabei lagen aus der Sicht des interessierten Beobachters der Diskussion die Meinungen der Diskutanten im Grunde nicht weit auseinander. Die Frage, inwiefern Technologieoffenheit für die Umsetzung einer „neuen“ Mobilität hinderlich ist, beantwortete sich in der Feststellung, dass zukünftig zwangsläufig differenzierte technisch-technologische Lösungen für unterschiedliche Anforderungen im Mobilitäts- und Transportbereich umgesetzt werden müssen. Die Betrachtung der Wirkungen von konkreten Maßnahmen auf betroffene wirtschaftliche, ökologische und soziale Bereiche unter Einschluss der Akzeptanz der Menschen dafür ist notwendig und vertretbar, wenn sie wissenschaftlich determiniert und nicht durch Lobby-Interessen geprägt ist. In dem Punkt aber, dass für die Umsetzung wirksamer Lösungen nicht mehr viel Zeit verbleibt, waren sich die Disputanten im Grundsatz einig. Insofern ist der verbleibende zeitliche Rahmen für eine Mobilitätswende in Deutschland und wie dieser genutzt werden kann und muss wohl das eigentliche offene und diskussionswürdige Thema geblieben.

Im Schlusswort wies *Norbert Mertzsch* nochmals darauf hin, dass neben technischen Maßnahmen vor allem eine Änderung des Mobilitätsverhaltens der Menschen für eine effektive Mobilitätswende notwendig ist, mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen.

Im Weiteren ging er auf die bereits von *Lutz-Günther Fleischer* und *Ernst-Peter Jeremias* angekündigte Gründung des multidisziplinären Arbeitskreises „Energie, Mensch und Zivilisation“ innerhalb der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften ein. Dabei soll der Begriff „Zivilisation“ als Synonym für die Gesamtheit jener gesamtgesellschaftlich angestrebten, vom wissenschaftlichen und technischen Fortschritt geschaffenen und verbesserten materiellen und sozialen Lebensbedingungen verstanden werden. Ein wesentliches Ziel des Arbeitskreises ist es, alle Aspekte der Energiebereitstellung und -verwendung unter der Prämisse der Einhaltung der Klimaschutzziele bzw. der Klimafolgenanpassung zu erörtern. Es sollen neben den naturwissenschaftlichen Grundlagen und den technisch/technologischen Realisierungen die ökonomischen, sozialen und politischen Probleme und Wechselwirkungen gleichgewichtig einbezogen werden.

Eine exponierte Funktion des Arbeitskreises soll sein, die in Deutschland effektiv und gemeinnützig zu gestaltende Energiewende hinsichtlich ihrer Ziele, Methoden und Ergebnisse konstruktiv, aber kritisch zu begleiten.

Der Referent lud Vertreterinnen und Vertreter aller in der Leibniz-Sozietät vereinten Wissenschaftsgebiete ein, in dem – es sei noch einmal betont – multidisziplinären Arbeitskreis mitzuarbeiten. Auf Einladung werden auch externe Fachleute zur Mitarbeit im Arbeitskreis hinzugezogen.

***

Dieser „Protokollband“ wäre nicht zustande gekommen, wenn die Autoren nicht bereit gewesen wären, den zahlreichen Wünschen der Herausgeber – z. B. hinsichtlich Terminstellung, Manuskriptumfang, Präzisierungen – nachzukommen. Dafür herzlicher Dank. Unser Dank gilt auch Herrn *Georg B. Kaiser*, BMB – BuchManufacturBerlin, bei dem die „formale“ Vereinheitlichung und Gestaltung dieses Bandes wiederum in besten Händen lag. Last – but not least – sind die Herausgeber dem Berliner Senat, insbesondere der Abteilung Forschung der Senatskanzlei, zu Dank verpflichtet, denn ohne deren finanzielle Unterstützung hätte einerseits die Veranstaltung, aus der diese Publikation hervorgegangen ist, nicht durchgeführt werden können, andererseits wäre der Druck dieses „Protokollbandes“ so nicht möglich gewesen.

Literatur

Banse, G.; Fleischer, L.-G. (Hg.) (2014): Energiewende – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag. 5. Jahreskonferenz der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 2012. Berlin (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 31)

Banse, G.; Fleischer, L.-G. (Hg.) (2018): Energiewende 2.0 im Fokus – Bewährtes, Problematisches, Notwendiges, Kontroverses.. Berlin (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 47)

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 17–37*

Lutz-Günther Fleischer (MLS)

Die Energiewende 2.0 und einige rezente Implikationen

Erweiterte Fassung der Eröffnung

„Ideen können nur nützen, wenn sie in vielen Köpfen lebendig werden“[1]

A. v. Humboldt

„Die Energiewende 2.0: Essentielle wissenschaftlich-technische, soziale und politische Herausforderungen“ lautete das Thema der Plenarsitzung der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin im April 2018.

Sie wurde – ebenso wie die heutige mit ihrem Fokus „Mobilität“ – gemeinsam mit dem Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. (VBIW) realisiert.

Seien Sie zu der Zoom-Beratung herzlich willkommen; und wünschen wir uns produktive Anregungen. Ein besonderer Dank gebührt den Referenten, die Kollege *Ernst-Peter Jeremias* mit der Einführung in die Vortragsthemen näher vorstellen wird.

1. Anmerkungen zum adaptierten Ziel der Energiewende 2.0

Eine fundamentale Schlussfolgerung bestand schon 2018 darin, unter dem Diktum ***Energiewende 2.0*** die sozio-technische Systemstruktur mit allen objektiven Ansprüchen, Voraussetzungen und Ergebnissen zu exponieren.[2]

Die im *adaptiven komplexen sozio-technischen System* organisierten Menschen nutzen auf dem rezenten wissenschaftlich-technischen Niveau konstruierte und operierende Technologien, die dynamisch so strukturiert sind, dass nach dem spezifischen *polydimensionalen Kriterien-System* bestmögliche (eingeschlossen auch widersprüchliche) Ergebnisse für die Lebens-, Arbeit-, und Entwicklungsfähigkeiten der Gesellschaft erzielt werden können.

1 A. v. Humboldt Brief an Ludwig Bollmann, Cumand (Venezuela) 15. Oktober 1799.

2 Vgl. „Schwerpunkt: Energiewende 2.0 – vom technischen zum soziotechnischen System?“ In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Jg. 22/Nr. 2, S. 11–62. – URL: http://www.tatupjournal.de/downloads/2013/tatup132.pdf).

Der *gesellschaftliche Gesamtwille*, individuelle Wissbegier, kollektiver Forschungseifer, Verantwortungsbewusstsein und Intelligenz – inzwischen auch die ‚künstliche' Intelligenz (KI) – haben den Menschen in seiner Evolution und der der menschlichen Gesellschaften stets getrieben und geleitet. Dafür maßgebend sind u. a.: auf Lösungen drängende Widersprüche und Probleme, wahre und wahrheitsfähige Prinzipien, Inventionen, Innovation und alle Formen der Intelligenz, von der grundlegenden logisch-mathematischen bis zur zunehmend bedeutsamen *sozialen Intelligenz*: den individuellen Fähigkeiten, eigene Handlungsziele mit den Ansichten, Absichten, Einstellungen sowie Werten einer Gruppe zu koordinieren und deren Verhalten und Aktivitäten im angestrebten Sinn zu beeinflussen.

Das obligate soziale Engagement bewertet die leitmotivisch zitierte Einsicht: „Ideen können nur nützen, wenn sie in vielen Köpfen lebendig werden".

Mit der Energiewende in Deutschland setzt die Energiepolitik als essentieller Teil einer zumindest deklarierten „nachhaltigen Gesellschaftspolitik" basierend auf einem bisher unzureichend koordinierten Mix aus Primärenergieträgern – traditionellen Vermögens- und Einkommensenergieträgern[3] – verstärkt auf erneuerbare und sich erneuernde Energieträger sowie auf einen ordnungspolitisch ordinierten speziellen technisch-technologischen Fortschritt mit geringstmöglichen negativen Folgen für das gesamte Erdsystem – speziell für das komplizierte inhärente Klimasystem und die eng limitierten natürlichen Ressourcen.

Dafür fehlen bisher exaktere Ziel-*Mittel(!)*-Perspektiven, erfolgversprechende Pfade, hinreichend rechtsverbindliche Festlegungen, gesellschaftlich koordinierte politische Normen, mehrheitlich anerkannte ethische Leitlinien und wahrnehmbar an den beschlossenen Zielen ausgerichtete Maßnahmen.

In Anbetracht dieser Herausforderungen, die von einigen Protagonisten und Institutionen bewusst mit dem skizzierten *Qualitätssignum Energiewende 2.0* apostrophiert werden, ist ein grundsätzliches Umdenken auch in der Politik – insbesondere in der Energie-, Wirtschafts- und Sozialpolitik – national und international unverzichtbar.

---

3 Der Begriff *Einkommensenergieträger (EET, RET)* präzisiert unter dem Gesichtspunkt ihrer Genesis und originärer Merkmale die universelle Kategorie Energie. Er beschreibt jene, *Energie enthaltenden sowie übertragenden* Stoffe, Impulse, Strahlungen und Felder, die in einem bestimmten Zeitintervall einem Bilanzraum zufließen oder/und in ihm transformiert werden. Nur in diesem Sinn sind sie erneuerbare bzw. sich selbst erneuernde Energieträger. Dem stehen hinsichtlich ihres Ursprungs und Charakters die *Vermögensenergieträger* als wesentlich enger limitierte, prinzipiell erschöpfbare natürliche Ressourcen gegenüber.

2. Unsere problematische Situation

Die jüngste kritische Stellungnahme des Bundesrechnungshofes wies auf erhebliche Probleme und schwerwiegende Versäumnisse bei der Umsetzung der Energiewende in Deutschland hin. Es sei festzustellen, dass die rezenten Ergebnisse hinsichtlich der qualitativen Umgestaltung der Energetik und des nachhaltigen Klimaschutzes über die vereinbarten Maßnahmen selbst quantitativ deutlich hinter den objektiven Erfordernissen, den gesellschaftlichen Erwartungen, überdies zugleich aber auch hinter den sich bietenden Möglichkeiten zurückbleiben. Der Verkehrsbereich mit all seinen Substrukturen und Erfordernissen ist in dem Sinn besonders auffällig. Unbestritten ist, dass sowohl eine Mobilitätswende als auch die Heizungs-(Wärme)wende objektiv komplizierter sind als andere Transformationen.

Der Bundesrechnungshof stellte kurz vor Ende der Wahlperiode insbesondere dem BMWI sowie dem Wirtschafts- und Energieminister, Peter Altmaier, im Berichtsentwurf zur „Umsetzung der Energiewende“ ein aufschlussreiches Zeugnis aus.

Der Bundesrechnungshof konstatiert erneut:

> „Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWI) steuert die Energiewende im Hinblick auf die gesetzlichen Ziele einer sicheren und preisgünstigen Versorgung mit Elektrizität weiterhin unzureichend.“

Die Energiewende sei teuer und die „Blackout“-Gefahr unterschätzt. Die Versorgungssicherheit bleibt „unplausibel“, kritisieren die Prüfer. Während die Strom-Preise für Großverbraucher der Industrie moderat sind, liegen die für Privathaushalte und kleinere Betriebe teils um über 40 Prozent höher als im EU-Durchschnitt. Das Ministerium definiert nicht genau, was es mit „preisgünstiger Versorgung“ meine.

Angesichts der Entwicklung der Strompreise empfiehlt der Bundesrechnungshof „eine grundlegende Reform der staatlichen Abgaben. Anderenfalls besteht das Risiko, die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und die Akzeptanz großer Teile der Bevölkerung für die Energiewende (zu) verlieren.“

3. Objektive Erfordernisse und das zu koordinierende ‚Organon‘

Um den Zielen, Mitteln und Methoden der Energiewende 2.0 gerecht zu werden, muss das hochkomplexe Energiesystem in seinem Wesen, d. h. als sozio-technisches System verstanden und adäquat umgeformt werden. Den Verlauf der Transformation prägen in zentralen Teilen unserer Gesellschaft mit ihren Wechselwirkungen mannigfaltige technisch-materielle und nicht-

technische Entwicklungen. Sie betreffen vor allem die Infrastruktur, die Mobilität, einige Versorgungssysteme, die Lebensweise und die Wohnumgebung ebenso wie die Verhaltensmuster und Handlungsalgorithmen der Menschen.

Die Energiewende 2.0 in Deutschland ist ein tiefgreifender, gesamt-gesellschaftlich zu gestaltender und nur so zu bewältigender, weil für alle Bürger und Bereiche der Gesellschaft einschneidender, *hochkomplexer Transformationsprozess*. Dieser fordert innerhalb des kompliziert verflochtenen, teils sogar verschachtelten Problemgefüges mit klimarelevanten, ökonomisch-ökologischen, technologischen, sozio-technischen, kulturellen und sozialen Komponenten die *konsequente und effektiv koordinierte Substitution von Vermögensenergieträgern* (den fossilen und nuklearen Primärenergieträgern) mit *solaren Einkommensenergieträgern*.

Diese ressourcen- und klimaschonenden Substitute sind zwar nachhaltig, naturgemäß fluktuieren die primären und sekundären Solarenergien jedoch. Die Kompensation der Schwankungen erfordert „Regelenergie", aus regelbaren konventionellen Kraftwerken oder zunehmend aus Energiespeichern. Die Überkapazität an installierter Leistung im Verhältnis zur jahresmittleren, im Netz tatsächlich nachgefragten Leistung muss vom derzeitigen Faktor 1,8 mit den wachsenden Anteilen der Einkommensenergien (wegen deren geringerer zeitlicher Verfügbarkeit) um das Mehrfache gesteigert werden. Wenn die Energiewandlungs-Technologien allein auf solaren Einkommensenergieträgern basieren müsste die sechsfache Kapazität für die Sicherung der nutzergerechten Gebrauchsenergien (insb. elektrischer Strom) installiert werden.

Bereits heute sind weitere energietechnische und energiewirtschaftliche Probleme erkennbar. So ist evident, dass die für 2030 in Deutschland als Grundlast bereitzustellende Elektroenergiemenge um 20–25 % über den bisherigen Kalkulationen liegen wird. Für das Spitzenlast-Management müssen mit hoher Wahrscheinlichkeit überdies besonders intelligente Lösungen mit Gesamtlast-abhängigen Zeittarifen erprobt und technisch realisiert werden.

Im Mobilitätssektor betrifft das maßgeblich das Laden der Elektrofahrzeuge und den Aufbau der zugehörigen Infrastruktur.

Berechnungen des IPPC zeigen, dass das nach Forschungsergebnissen Emissions-begrenzende globale CO_2-Budget bereits weitgehend ausgeschöpft ist. Die Helmholtz Klima-Initiative bilanziert für Deutschland ab 2021 ein verbleibendes Budget von ca. 7,8 Gigatonnen CO_2. Das ist nur das zehnfache der momentanen jährlichen Emission.

Bisher fehlen zur Minderung des CO_2-Problems exaktere Ziel-*Mittel*(!)-Perspektiven, erfolgversprechende Pfade, hinreichend rechtsverbindliche

Festlegungen, gesellschaftlich koordinierte politische Normen, mehrheitlich anerkannte ethische Leitlinien sowie wahrnehmbar und prüfbar an den beschlossenen Zielen ausgerichtete Maßnahmen. Dringend notwendig sind verbindliche internationale Programme mit denen auch der derzeit weit unterdurchschnittliche Beitrag der Entwicklungs- und Schwellenländer zur Emissionsminderung erheblich gesteigert wird.

Zum Kanon der Herausforderungen, für die zumeist nur Lösungsansätze existieren, gehören leistungsfähige Speichertechnologien in großtechnischen Dimensionen, Fernleitungs- und intelligente Verteilungssysteme, revolutionierende Antriebstechniken und die – eminente Hoffnungen tragenden – (grünen) Wasserstoff-Technologien.

In Einem: Die zukunftstragenden *polyzentrischen Energiesysteme* müssen dynamisch, erneuerbar, digital, in allen relevanten Ebenen vernetzt, wettbewerbsfähig und bezahlbar sein.

In den vom nationalen Gesetzgeber nunmehr verkürzten Fristen wird in Deutschland bis 2045 eine $CO_{2,äquiv}$-Nettoemission von Null angestrebt. Ebenso wie Deutschland haben sich China, Südkorea, Kanada, Japan und die Europäische Union zur Klimaneutralität bekannt. In dem Sinn gilt es, die Einkommensenergieträger *effektiv in Gebrauchsenergien zu wandeln* und diese zuverlässig, d. h. *qualitäts-, mengen- und zeitgerecht zur Verfügung zu stellen.*

In der EU soll der Handel mit Emissionszertifikaten als ‚zentrales Klimaschutzinstrument' fungieren. Das Attribut ‚zentral' als Charakteristikum des Mittelpunktes (Kerns) dürfte die Funktion des Handels mit Emissionszertifikaten wohl stark überhöhen.

Als Säulen des nachhaltigen Klimaschutzes dienen vielmehr die effiziente und effektive Energiewandlung (insbesondere der Einkommensenergien) sowie ein, gleichfalls diesen beiden Kriterien folgender Energieeinsatz mit klaren Energiekostenstrukturen. Dafür ist vor allem die Entwicklung und Realisierung *klimaschonender innovativer Technologien*: energetischer, stofflicher und informationeller Sachsysteme sowie adäquater Theoriensysteme geboten.

Proportionen widerspiegeln das Verhältnis der Teile zum Ganzen. Die zu vergrößernden Quotienten *Effektivität* (Ergebnis:Ziel=*Realisierungsgrad*) sowie *Effizienz* (Ergebnis(Nutzen):Aufwand=*Wirkungsgrad*) sind wesentliche numerische Qualitätsindikatoren sowohl für die realen Beziehungen, die eine Basis in den Objekten haben: die fundamentalen *‚relationes reales'* (auch ‚relationes in natura') und die konstruierten Beziehungen: die ‚relationes secundum dici' (*‚relationes rationis'*).

In dieser Gedankenfolge sei an die fundamentalen Erkenntnisse A. v. Humboldts erinnert: „Das Wesen der Dinge kann als *Zahlenverhältnisse*, ihre Veränderungen und Umbildungen können als *Zahlen-Combinationen* erkannt werden“. (Humboldt 1845–1862, Bd. III, S. 12). Zahlen sind Mächte des Kosmos. (Humboldt 1845–1862, I, S. 82). Es wird eine „sinngebende Kraft der mathematischen Struktur“ postuliert.

Mit der Abkehr von Extremwerten hin zur „einzig entscheidenden Methode der Mittelwerte“ (vorwiegend dem arithmetischen Mittel, im Original als *Mittelzahlen* bezeichnet). (Humboldt 1845–1862, Bd. IV, S. 288) vollzieht A. v. H. – auf seiner Suche nach dem ‚Stetigen im Wechsel‘ – eine Transformation wirklicher Größen zu einer abstrakten Größe oder einem charakteristischen Satz abstrakter Größen.

Diese Sachverhalte und Modalitäten ermöglichen es, *Gesetzmäßiges zu erkennen*, das der Änderung variabler Größen zugrunde liegt und es nachvollziehbar *darzustellen*.

> „Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die *Naturgesetze nach Maß- und Zahlverhältnissen kennt*.“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 36)

Gründliches Erfassen der Ausmaße (mit Zählungen und anderen Mengenbestimmungen) sowie dem Problem angemessen genaue Messungen sollten daher die Grundlage für begründete Urteile und die Aufstellung einer Theorie sein.

Die naturwissenschaftlichen (primär physikalischen), die technisch-technologischen, ökonomischen, ökologischen, sozialen, gesellschaftlich-kulturellen, …, Bewertungskriterien sollen möglichst umfassend *quantifizieren: die Konstellationen und Prozedere mit Maß und Zahl ausweisen.* Für die Bestimmung von Präferenzen, Prioritäten beim Beurteilen und Begründen der Ziele und Mittel sowie beim Realisieren von Bedürfnissen, Interessen und emergenten Werten über Orientierungen, Normen und Handlungen sind dezidiert systemische Auswahlgesichtspunkte und ganzheitliche Methoden anzuwenden. Solche Charakteristiken bedürfen des rationellen Messens und der Mathematik sowie der ‚intelligenten‘ Steuerung und Regelung.

Die regelmäßig vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) auf der Basis weltweit erarbeiteter, interdisziplinär überprüfter und ehrenamtlich kollektiv begutachteter Forschungsergebnisse werden in bestimmten Zeitintervallen als *objektivierte Schlussfolgerungen* in einem gemeinsamen Sachstandsbericht zusammengefasst. Sie sollen als Empfehlungen dem international abgestimmten Handeln aller Beteiligten dienen.

Mehr als 6.000 internationale wissenschaftliche Referenzen führten zur sachlich begründeten Folgerung von der 1,5 Kelvin-Flanke für die unter verschiedenen Aspekten gerade noch beherrschbare, weil partiell kontrollierbare und regulierbare, globale Temperaturerhöhung in Bodennähe. Als Bezug gelten die weltumfassenden vorindustriellen Durchschnittstemperaturen. Im Pariser Abkommen ist international verbindlich vereinbart, dass die Temperaturerhöhung deutlich unter 2 Kelvin bleiben soll. Dafür müssen negative anthropogene Klimaeinflüssen, mit einem Ensemble kluger Maßnahmen gezielt minimiert, eingegrenzt, aber komplementär auch über präventive Anpassungen bewältigt werden.

Außerdem sind der, dem anthropogenen superponierte, langfristige natürliche Klimawandel und dessen Dynamik genauer zu erkunden. Um die überwiegend industriell verursachten Schäden spürbar zu verringern, einzugrenzen und sich den klimatischen Veränderungen gemeinschaftlich erfolgversprechender anzupassen, wird wahrheitsfähiges Wissen und fundiertes Können vonnöten. Wir beherrschen weder Wind noch Wetter. Deshalb sollten wir uns wenigsten bemühen, sie besser zu verstehen, ihre potentiellen Wirkungen zu prognostizieren und gezielt vorzusorgen.

Der etablierte *Begriff Klimawandel* ist leider wenig warnfähig. Wandel signalisiert im allgemeinen Verständnis einen allmählichen und moderaten Verlauf der Veränderungen. Er indiziert nicht, dass im erörterten Fall während des Prozessverlaufs an Kipp-Punkten jähe und gefährliche irreversible Änderungen eintreten können, was bei der Dimensionierung der 1,5 K-Flanke eine wesentliche Rolle spielte. Prinzipiell mögliche dramatische bis katastrophale Folgen des sogenannten Klimawandels werden sehr selten reflektiert. Die komplizierten Sachverhalte und deren physikalisch-mathematisch modellierten Prognosen sind zudem der Öffentlichkeit nur schwer zu vermitteln. Wissenschaftliche *Attributionsstudien* decken allerdings auf, dass die Wahrscheinlichkeit für das verhundertfachte und offenkundig weit intensivere Auftreten meteorologischer Extremereignisse, wie Hitzewellen, Hagel und Starkregen mit Überschwemmungen, offensichtliche Folgen des vom Menschen verursachten Klimawandels sind.

Obwohl der Mensch in seiner Doppelrolle ein Teil der Natur bleibt, ist diese ihm kaum wohlgesonnen; und sie wird von der Menschheit übernutzt, immer noch beinahe unbeschränkt exploitiert.

Aus der Fülle kritischer Tatbestände seien lediglich drei markante skizziert, um die Dimensionen der herausfordernden Mission erahnen und die sich bietenden Chancen wahrnehmen zu können.

Der *gegenwärtige Energiebedarf der Menschheit* für die Ernährung $\approx 8 \cdot 10^{12}$ W und für die sozio-ökonomischen Aktivitäten $\approx 18 \cdot 10^{12}$ W wird über die Photosynthese realisiert bzw. geologischen Lagerstätten entnommen. Während der Energiebedarf 1900 $4 \cdot 10^{12}$ W betrug, ist er derzeit in toto auf $26 \cdot 10^{12}$ W angestiegen. Die Solarstrahlung die den oberen Rand der Erdatmosphäre erreicht, beträgt $1.74 \cdot 10^{17}$ W. Der Weltenergiebedarf liegt also deutlich unter dem von der Sonne (rein quantitativ, d. h. ohne Berücksichtigung des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik) zur Verfügung gestellten Energiemengen. Die Menschheit agiert derzeit in einer *Typ-0,74-Zivilisation* (k= 0.741).

Die Berechnung von k folgt einem dekadisch logarithmisch skalierten Modell des russischen Astrophysikers *Nikolai Semjonowitsch Kardaschow* (1964), das der US-amerikanische Astrophysiker *Carl Sagan* modifizierte:

k := (lg((26 · 10^12 W)/W) – 6)/10

Das mengenmäßig quantifizierende Ergebnis ist ebenso ein Beweis für die Befähigung der Menschen, Energie nutzen zu können, wie auch für die wachsenden Herausforderungen und für die naturgegebenen *energetischen* (bei detaillierteren thermodynamischen Bewertungen zudem der Arbeitsfähigkeit, der *exergetischen*) Kapazitätsreserven.

Fast drei Viertel der *globalen Kontinentalflächen*[4] sind vom Menschen überformt. Circa 90 Prozent des *Pflanzenwachstums* generiert darin nicht mehr die ursprüngliche Natur. Es ist in Arealen ‚angesiedelt', die von Menschen ‚kultiviert' (hinsichtlich bestimmter Stoffe teils überlastet oder ausgemergelt, biotisch verarmt und ökologisch ohne positive Wirkungen) sind. 40 % des Festlands stehen unter einer derartigen Nutzung. National und global wird mit profitorientierten Bodenkäufen spekuliert. Das führt zu neuen ökonomischen sowie knebelnden politischen Abhängigkeiten und zu schwerwiegenden sozialen Polaritäten.

Aktuelle Debatten und wirkliche Konflikte zeigen, dass die eigentlichen Herausforderungen die mit der Energiewende 2.0 einhergehen, vor allem die veränderten Interaktionen und neue Schnittstellen zwischen den Energietechnologien und der Gesellschaft betreffen. Dazu gehören die *wirksame technisch-technologische, ökologische, ökonomische, (letztendlich soziale!) Marktintegration der erneuerbaren Energien*, eine längerfristig planbare Technologieförderung mit *verbürgten Ausbaukorridoren* (primär für die zu vervielfachende Nutzung der *Windenergie und die Photovoltaik*) bei mög-

4 Die Landfläche der Erde beträgt etwa 149,4 Millionen km^2 – also 29,3 % der Erdoberfläche.

lichst *geringen Kosten*, *die Kopplung von Energiesystemen und Energiesektoren als zielführende Integration (ESI)*[5] sowie eine *opportune Kostenverteilung* ohne die evidenten sozialen Schieflagen. In dem Kontext wird eine Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) gefordert. Ein analytischer Blick auf die Struktur und die numerischen Anteile in den Strompreisen Deutschlands ist aufschlussreich. Er verdeutlicht weitere Ansatzpunkte für dringende Korrekturen.

Inter- und transdisziplinär müssen zielorientiert die naturwissenschaftliche, technikwissenschaftliche, sozial-, geistes- sowie kulturwissenschaftliche Expertise vollständiger erschlossen und dabei folgerichtig das prädikatenlogische „Wenn-Dann-Konditional" einbezogen werden, um aus der tatsächlich existierenden *Lösungsvielfalt* bewusst optimale Varianten auswählen zu können. Die rhetorische Wendung, ein angepriesener Lösungsvorschlag sei alternativlos, erweist sich fast immer als Floskel.

Der avisierte gesellschaftliche Konsens, dass im Interesse einer nachhaltigen Zukunft im *Zieldreieck aus Versorgungssicherheit. Umweltschutz und Bezahlbarkeit* immer wieder ein dynamisches Optimum geschaffen werde und zu sichern sei, ist als politische Handlungsmaxime nahezu obsolet.

Die über ein ‚neues' Klimagesetz für Deutschland immerhin richtunggebend drastisch verkürzten CO_2-Emissionsminderungs-Fristen bis zur Nettonull im Jahr 2045 bergen sozialen Sprengstoff. Zumal Bürger mit Kosten belastet werden, die sie kaum beeinflussen können. Das jüngste Beispiel bietet die vollständige Umlage der CO_2-Kosten für die vom Vermieter zu verantwortenden installierten Heizungstechniken auf die Mieter.

In der Mitte des Jahres 2021 sind die Preise pro Tonne $CO_{2,äquiv}$ von 20 Euro auf 55 Euro gestiegen. Im Zusammenhang mit grünen Wasserstofftechnologien werden Preise in der Größenordnung von 180 Euro pro Tonne $CO_{2,äquiv}$ genannt. Ein Teil der Emissions-Zertifikate wird den Anlagenbetreibern kostenlos zugeteilt[6], die übrige vorzuhaltende Menge ersteigert. Ge-

5 ***Integrated energy systems (ESI):*** insbesondere Hybridnetze, Sektor-gekoppelte Energiesysteme; Smart energy-systems, komplett integrierte Systeme. ESI meint eine ganzheitliche Sicht auf alle Energiesysteme sowie deren gekoppelte Nutzung, es vernetzt die verschiedensten Energieformen – elektrische, thermische, stofflichen, mechanische – und Energiesektoren untereinander sowie mit anderen materiellen oder institutionellen Strukturen, die das Funktionieren einer arbeitsteiligen Volkswirtschaft begünstigen: Infrastrukturen wie Wasser, Transport.

6 Im Handelszeitraum 2013–2020 wurden in der EU 57 % der Gesamtmenge an Zertifikaten versteigert und noch 43 % der Zertifikate über die kostenlose Zuteilung zur Verfügung gestellt.
Laut Bundes-Umweltamt ist der Europäische Emissionshandel (EU-ETS) seit 2005 das *zentrale Klimaschutzinstrument* der EU. Mit ihm sollen die Treibhausgas-Emissionen der teil-

genwärtig werden die Zertifikate zwischen dem Mindestpreis von 55 Euro pro Tonne CO_2 und dem Höchstpreis von 65 Euro pro Tonne CO_2 auktioniert.

Der $CO_{2,äquiv}$-Preis ist in diesem Jahr so enorm gestiegen, weil glaubhafter wird, dass die ‚Politik' mit der verlautbarten Klimapolitik ernst machen will – sie eigentlich qualifiziert in die Tat umsetzen muss – und überdies Hedgefonds im CO_2-Handel mit den Zertifikaten spekulieren.

Der Vorschlag der Kanzlerin Merkel einer wettbewerbssichernden weltweiten CO_2-Bepreisung wird wohl angesichts diametraler Interessenlagen der dominierenden globalen Wirtschaftszentren kaum genügend Unterstützer finden.

4. Zum gestaltenden Verhältnis von Teil und Ganzem in der Realität und im Modell ORGA 2.0.

Im Kontext mit der Energiewende 2.0 wiederhole ich meine systemisch-methodologische Kernthese. „Auf das *dynamische organische Ganze* kommt es an". Das bedarf einer generelleren Darstellung und Erläuterung, die das Energiesystem in seiner sozio-technischen Struktur als einen Spezialfall einschließt.

Das zentrale Anliegen besteht im *Beherrschen der Komplexität*[7] *des Originals* (Fleischer 2016, S. 219ff.) über die auf seine wesentlichen System-

---

nehmenden Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie reduziert werden. Seit 2012 nimmt der innereuropäische Luftverkehr teil.
Neben CO_2 (Kohlendioxid) sind seit 2013 auch N_2O (Lachgas) und PFC (Perfluorcarbone, perfluorierte Kohlenwasserstoffe) einbezogen.

7 ***Komplexität*** versus ***Kompliziertheit:*** fundamentale Systemcharakteristika/Organisationsmerkmale.
Bedeutende Teile der Charakteristika sowohl der Komplexität als auch der Kompliziertheit sind adäquat. Unter anderem besitzen beide als Porträts der Wirklichkeit und Modelle der Möglichkeit prinzipiell die Eigenschaften der Aktualität und Potenzialität. Das Einende und Trennende kann leichter nachvollziehbar anhand der allgemeineren, aus der Sicht der *morphologischen Linguistik* weniger spezifischen, *merkmallosen Kompliziertheit* (dem Normalfall) im Vergleich mit dem Organisierten, dem *funktionell-strukturell angemessen Metromorphen (Maßgeschneidertem)*, der *merkmaltragenden Komplexität* (dem Sonderfall) dargestellt werden. Diese Beziehungen sind analog zu den Organisationsmerkmalen Elementarität (morphematisch merkmaltragend) versus *Einfachheit* (morphematisch merkmallos).
So betrachtet ist organisationstheoretisch – abgesehen vom Simplen – das *Elementare stets das Einfachste*.
Das Organisationsniveau *Komplexität* attestiert primär bedingungskonform gradierte Vollkommenheit, d. h. vor allem Strukturiertheit und Bestimmtheit, im gegebenen Maß (vgl. Fleischer 2016, S. 231f.). *Kompliziertheit* verweist auf partiell und/oder defizient Entwickeltes/Entfaltetes/Enthülltes/Erkanntes, auf Unvollkommenheit, Unvollständigkeit, Unzulänglichkeit, Unverständlichkeit, in toto auf bezeichnende Defizite, die sich auf einer oben offenen Skala bis zum gänzlich entfalteten Chaos, erstrecken können. Ihre Haupteigen-

elemente: Konstituenten, Relationen und Funktionalitäten fokussierte (und damit beschränkte) kognitiv-diskursive Abbildung. Als wesentlich gilt es zudem, die Komplexität als *Quelle und Attraktor der Evolution* zu integrieren, die weit über das Biotische hinausreicht.

4.1 Gedanken und Skizzen zum Weg vom Original zum Modell

Die Organismen (ORGA 1.0) mit ihrer inhärenten Koexistenz von Synergie und Autarkie bilden den Prototyp für das abstrakte Modell ORGA 2.0.

Die angestrebte Modellierung schließt die Notwendigkeit ein, Methoden zu finden, die substrukturierten, vielstufigen, geschichteten oder geschach-

---

schaften sind: poly-kontexturell, polymorph, reduzibel komplex (non-restricted), inkohärent, chaotisch, nichtlinear.

Die ***Komplexität*** (eigentlich: organisierte [restricted] Komplexität) eines dynamischen Systems/Objektes bzw. Prozesses (in Einem: *der Entität*) indiziert generell *die Anordnung, die Art und Menge der Konstituenten, die Vielfalt und die Wertigkeit der funktionellen/strukturellen Einflussfaktoren/Einflussgrößen*, der zwischen ihnen bestehenden *Dependenzen (Aktionen, Interaktionen, im Idealfall Kooperationen)*. Komplex steht also für eine *funktionell-strukturelle Einheit (holistisches System), für raum-zeitlich stochastisch organisierte dynamische Mannigfaltigkeiten/Vielheiten großer Mengen.* Ihre Haupteigenschaften sind: poly-kontexturell, bedingt kohärent, irreduzibel komplex: begrenzt geordnet metromorph (‚maßgeschneidert') Solche Systeme formieren sich in der Regel selbstorganisierend.

Die Komplexität eines (realen oder ideellen) Systems $\sum$ wird (vorrangig) von der *Vielfalt* und (nachrangig, dennoch wesentlich) von der *Vielzahl* – in toto von der *Multiplicity* – der charakteristischen *Elemente E* sowie der *Relationen R*, d. h. einem verknüpften und verzweigten Netz (~ cum pletere), verschiedenartiger dynamischer kooperativer *Interaktionen – Interaction* – im hierarchisch und heterarchisch oder rhizomorph organisierten komplexen Ganzen – in toto von der partiellen oder vollständigen *Integration* – bestimmt. Die herkömmliche formelle Notation $\sum = \{E\ R\}$ sollte folgerichtig (z. B. mit Multiplikationszeichen) modifiziert werden: $\sum = (E) \bullet (R)$.

Der Nobelpreisträger für Chemie 1987, *Jean-Marie Lehn*, dokumentierte seine ***Komplexitäts-Auffassung*** als Erster in einer in der Weise charakterisierenden, mathematisch formellen Beziehung:

Complexity = (Multiplicity)·(Interaction) • (Integration) (Lehn 1995, S. 202).

Diese Schreibweise versinnbildlicht, dass die in keinem der unmittelbaren Bestandteile präformierten oder vorprogrammierten, im emergenten Ganzen aber spontan wesensformenden Kollektiv-Eigenschaften prinzipiell über die Summe ihrer Teile hinausreichen. Erst die *Logarithmen der Funktionalitäten* verhalten sich additiv. So, wie das auch bei den verschiedenen Entropien typisch ist. Ein weitender Seitenblick auf die Sinnesphysiologie zeigt: Der Logarithmus leitet den Menschen auch überall, wo er hört, riecht (schmeckt), sieht – auf diese Weise mittels skalierbarer psycho-physischen Wechselwirkungen seine Umgebung wahrnimmt. Die empfindlichen Rezeptoren dieser organisiert komplexen Sinnesorgane sind logarithmisch determiniert.

Die *ontischen* und die *kognitiven Komplexitäten* sind (in der Literatur allerdings nicht unbestritten) ontologisch und mit hoher Wahrscheinlichkeit tautologisch.

Besonders strukturierte *organisatorische Komplexitäten* von weitreichender Bedeutung sind Hierarchien/Holarchien und Heterarchien aller Art sowie Netzwerkarchitekturen mit zahl- und formenreichen Verknüpfungen, Verzweigungen und Verschachtelungen.

telten, interagierenden, kooperierenden, dynamischen Originale mit Heterogenität *problemspezifisch* auf leistungsfähige Modelle abzubilden.

Das herausfordernde wissenschaftliche Grundanliegen beim Erkennen, Verstehen und Nutzen von Dingen, Sachverhalten, Prozessen, Entwicklungen etc. besteht prinzipiell darin, das *dynamische, hochkomplexe ontisch-ontologische Wirkgefüge* angemessen auf ein kreatives – zumindest zielgerechtes – *kognitiv-diskursives Flechtwerk aus wahrheitsfähigem Wissen* und verifizierten Erkenntnissen, abzubilden.

Der grundsätzliche Weg führt von intentionalen Spekulationen mit daraus rational entwickelten Hypothesen (den kognitiven Baugerüsten), ohne die die Wissenschaft nicht funktioniert, über die Empirie mit abgeleiteten empirischen Gesetzmäßigkeiten zu Abstraktionen – den Theorien und Theoriekomplexen.

Sir *Karl Raimund Popper* formulierte dazu in seinem (bis 1994 ständig erweiterten) Hauptwerk „Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft“:

> „*Unser Wissen* ist ein kritisches Raten, ein Netz von Hypothesen, ein Gewebe von Vermutungen.“ (Popper, Logik der Forschung, Vorwort zur 3. deutschen Auflage, S. XXV)

Und:

> „Die *Theorie* ist das Netz, das wir auswerfen, um ‚die Welt’ einzufangen, – sie zu rationalisieren, zu erklären und zu beherrschen. Wir arbeiten daran, die Maschen des Netzes immer enger zu machen.“ (Popper 1935, S. 26)

> „Die Erfahrungswissenschaften sind Theoriensysteme. Man könnte die Erkenntnislogik die Theorie der Theorien nennen.“ (Popper 1935, S. 26)

Eine leistungsstarke, variantenreich verbreitete und intensiv beforschte Organisationform ist der *biotische Organismus* (z. B. der menschliche Körper). Leben-tragende Systeme[8] jedweder (einfacher) und höherer (komplexerer)

8 ***System:*** *Art und Menge der relevanten Elemente sowie Relationen eines räumlich wohldefiniert abgrenzbaren, natürlichen oder künstlichen „Gefüges“, das als zweckbestimmtes Ganzes verstanden wird und als operative Einheit agiert.* Das System besitzt *strukturelle, funktionelle, statische und dynamische Eigenschaften*, verschiedene intrinsisch vernetzte und intragierende Systemebenen (Komplexität, Emergenz), die *fünf Attribute*: Stoffe, Energien, Information, Raum, Zeit und *drei Funktionen:* Übertragen, Speichern, Konvertieren. System ist ein grundlegender *Ordnungsbegriff*, der sich auf die strukturell-funktionelle Gliederung und Organisation, die Beschaffenheit und die Wirkungsweise bezieht. Da die einzelnen Teile in einem inneren Zusammenhang stehen, wechselseitige Abhängigkeiten aufweisen und infolge der Struktur der Systemgrenze ein eindeutig definiertes Verhältnis zur angrenzenden Umgebung haben, resultiert aus der Beobachter-Sicht eine bestimmte

Ordnung/Organisation/Art sind seit Jahrzehnten favorisierte Erkenntnisobjekte der „Allgemeinen Systemtheorie", der „Theorie offener Systeme", wie sie insbesondere *Ludwig von Bertalanffy* und *W. Ross Ashby* etablierten.

Wesentliche Beiträge zum Verständnis und zur Nutzanwendung offener Systeme, die per definitionem mit der Umgebung im stofflichen, energetischen (und demgemäß im informationellen) Kontakt sind, verdanken wir der *Synergetik*. Nach der Begriffsbestimmung ihres Urhebers *Haken* befasst sich die Synergetik (im Zusammenspiel von Theoretischer Physik und Biologie) genereller mit Systemen, die sich aus vielen interagierenden Subsystemen, wie Photonen, Atomen, Molekülen, Zellen (dem vermeintlichen Elementarorganismus) usw. konstituieren. Die Synergetik offenbart zudem, *wie generell in offenen Systemen* fern ab vom thermodynamischen Gleichgewicht die Kooperation der Subsysteme infolge der Selbstorganisation auf einer meso- bzw. makroskopischen Skala *räumliche oder/und zeitliche funktionale Strukturen* generiert. Biologie, Chemie, Medizin, Neurologie, Psychologie, die Soziologie und die Robotertechnologie partizipieren davon bei der Musterentstehung und Mustererkennung sowie ihrer qualitativen und quantitativen Behandlung.

In offenen *physikalischen Systemen* und fern ab vom thermodynamischen Gleichgewicht, bilden sich von außen angetrieben – wie beim prototypischen LASER – im Meso-/Makroskopischen *neuartige kooperative Prozesse und Funktionalitäten* heraus.

4.2 Vielheit und Verschiedenheit versus Einheit im Original und Modell

Die *Dialektik* der – Häufigkeiten (Mengen) erfassenden – *Vielheit* und der *Einheit* sowie der – Diversität (qualitative Unterschiedlichkeit) anzeigenden – *Verschiedenheiten/Mannigfaltigkeit* und der *Einheit* korrelieren mit der Dialektik von Struktur, Element und System. Sie sind Konstituenten der *universellen Dialektik von Teil und Ganzem*. Die Relationsbegriffe Teil und Ganzes erfassen die Zusammensetzung, die Struktur, die Ordnung und Organisation als Charakteristika objektiv-realer Systeme. Analog sind sie maßgebliche dialektische Kategorien der Modellbildung und Modellnutzung.

Ordnung. Die *ontisch-ontologischen Organisationsebenen* und die *kognitiv-diskursiven Betrachtungsweisen/Perspektiven* begründen spezielle ‚Konstruktionen', Verfahren, Logiken und Arithmetiken. Die in der Natur obligaten *‚offenen'* Systeme erlauben per definitionem uneingeschränkte Wechselwirkung mit der Systemumgebung. Systeme lassen sich mit den Mitteln und Methoden der phänomenologischen und der statistischen Thermodynamik, der Informationstheorie sowie mit kybernetischen Kategorien beschreiben und mit kybernetischen Konzepten analysieren. Somit ergibt sich (im Sinne des Allgemeinen, Besonderen und Einzelnen) ein erweitertes *Begriffsspektrum* mit zentralen Elementen sowie pragmatischen Spezifikationen und wissenschaftlichen Explikationen.

In der Natur dominieren die offenen Systeme die abgeschlossenen, also jene die stofflich und energetisch völlig isoliert sind.

Wesensgemäß sind die *Leben-tragende Systeme* offen und agieren interaktiv über Stoff- und Energieströme mit ihrer Mit-, Nah- und Umwelt.

Zu ihrem Erhalt müssen sie unter thermodynamischen Aspekten Negentropie[9] (≈ freie Energie, Exergie, Syntropie) importieren oder/und Entropie exportieren.

Verhalten sich diese offenen Systeme *stationär*, wirken sie *struktur- und funktionskonservierend*, erhalten somit etablierte Ordnungen/dynamische Fließgleichgewichte. Bei den *evolutionären* Reaktionen generieren sie über die ursprünglichen Strukturveränderungen letztendlich Funktionsverbesserungen. Solche Regulation und Adaptation unterliegt dem Modus der inneren Selbstorganisation[10] (Selbstverbesserung) infolge der weitab vom Gleichgewicht auftretenden systemimmanenten Triebkräften mit kooperativen, erheblich zufallsbedingten Beeinflussungen und in Verbindung mit dem nicht unmittelbar ordnenden Einschreiten von außen über Kontrollparameter, wie Temperaturfeldern sowie Stoff-, Energie- und Informationsflüssen.

Jeder *Organismus* ist eine *teleonomisch organisierte, operationale Ganzheit*, deren konstituierenden, funktionell aufeinander abgestimmten Glieder (die realen bzw.in der Konsequenz im zu entwickelnden Modell die *metaphorischen Organe*) verschiedene Zwecke erfüllen, die jedoch originär ausnahmslos der Existenzsicherung der Gesamtheit untergeordnet sind. In dem Sinn ist jedes Organ für das sichere Funktionieren der anderen und des Ganzen notwendig.

Der *Organismus* ist ein *organisiertes* und sich *selbst organisierendes* Wesen mit *Synergien* (*kooperativ* – für den Zusammenhalt und die gemein-

---

9 Der Physiker *E. Schrödinger* prägte 1944 in seinem Buch ‚Was ist Leben' den Begriff ***negative Entropie*** und meinte damit lebenserhaltende *freie Energie*.
Der Physiker *L. Brillouin* verkürzte 1956 den informationstheoretischen Begriff negative Entropie zu ***Negentropie*** und führte das *„negentropy principle of information"* ein.
Die Negentropie (auch *Syntropie – Albert Szent-Györgyi*) wird als strukturbildende Größe angesehen.
Generell formiert die Negentropie ein Maß für die *Abweichung der Zufallsvariablen* von einer *Gleichverteilung*. Für eine gleichverteilte Zufallsfolge wird die *Negentropie* – als zur Entropie inverses Element – *minimal, weil deren Entropie auf ein Maximum anwächst.*

10 Die ***Selbstorganisation*** *(SO)* ist die Fähigkeit eines kybernetischen Systems, seine Struktur so zu verbessern, dass seine Stabilität vergrößert bzw. sein inneres Milieu besser und zweckmäßiger gegen Störungen aus der Umwelt bzw. gegen Degradationserscheinungen geschützt wird (Klaus 1967, S. 556).
Die SO ist das grundlegende (basale) Merkmal der Information. SO dient als *Oberbegriff* für solche Prozesse wie Selbstreproduktion, Selbstreparatur, Lernen, *Selbstinstruktion,* funktionelle Differenzierung, Synchronisation usw.

same Erfüllung von Funktionen zur Verfügung stehend) und komplementären *Autorkien* (selbstständig, unabhängig – ausreichende eigene Potentiale besitzend, sich selbst genügend).

Ein *Organismus*, darunter jede Gesellschaft als exponierte Realisation, ist als eine hochkomplexe, mehrstufige, reich gegliederte, dynamische Ordnung/Hierarchie aus {*Teilen/Ganzen*} zu betrachten.

Die innere Organisation eines Organismus in der Ebene *Leben-tragende Systeme* ist eine Besonderheit. Die *Emergenz Leben* hat allerdings einen vielschichtigen analogen ‚Unterbau'. Jede der mit ihm verbundene, konstituierende Ebene ist *metromorph komplex* (systemtypisch maßgeschneidert). Beim Vergleich der metromorphen Komplexität des LASERS mit der eines ORGANISMUS lässt sich leicht nachvollziehen, dass die Komplexitätsgrade des Metromorphen und deren Emergenzen unterschieden sind.

4.3 Vom operationalen Original zum relationalen Modell eines Organismus – Werkzeuge und Denkzeuge

Organismus ist ein Kunstwort, das – ebenso wie Organ – auf dem Stammbegriff ‚organon' basiert. Bei Aristoteles bedeutete ‚organon' allein *Werkzeug*.

Der reale Organismus (ORGA 1.0) mit einem *Komplexitätsgrad bestimmter Ausprägung* (zumindest auf einer Ordinalskala-Rangordnung) bildet den Etalon, (fungiert als Tenor für die Metapher) für das ideelle *Modell ORGA 2.0*.

Mit dem dialektischem Modell *Organismus im weitesten Wortsinn* (ORGA 2.0) wird komplementär zur operationalen eine *relationale Sichtweise* etabliert, ein *‚Denkzeug'* konstruiert. Es soll als *kognitiv-strategisches Instrumentarium* zum Erkunden von Erkenntnissphären sowie zur Gestaltung und aktiven Nutzung von Wissensräumen für Analysen, Reflexionen, Repräsentationen externalisierter Gedanken, Kommunikationen und Synthesen dienen.

Als Grundprinzip des Modells Organismus (im weitesten Wortsinn) wird die besondere *Organisation* der Lebewesen (und damit der eigentlichen *Organismen*) emuliert.

Es bedarf einer rechtfertigenden philosophischen Verallgemeinerung, um den (tatsächlichen oder vermeintlichen) Widerspruch zwischen dem *Agieren natürlicher Organe* und dem *instrumentellen Handeln* (mit Werkzeugen) einerseits sowie dem *intuitiven* und *kognitiven Arbeiten* (mit Denkzeugen) andererseits dialektisch aufzuheben.

Ansätze dafür bietet Immanuel Kants „Kritik der Urteilskraft“ mit der Idee vom *‚organisierten Produkt der Natur‘*.

Das Augenmerk liegt auf den Beziehungen zwischen dem Ganzen und seinen Teilen.

> „Ein organisiertes Produkt der Natur ist das, in welchem alles Zweck und wechselseitig auch Mittel ist. Nichts in ihm ist umsonst, zwecklos, oder einem blinden Naturmechanism zuzuschreiben.“ (Kant, 1790/1793, S. 295f.)

Zu den Eigenschaften der nicht dinglichen Teile im Ganzen postuliert Kant: „daß die Teile desselben sich dadurch zur Einheit eines Ganzen verbinden, daß sie voneinander wechselseitig Ursache und Wirkung ihrer Form sind.“ (Kant, 1790/1793, S. 291). Eine solche Ganzheit resultiert als „organisiertes und sich selbst organisierendes Wesen“ (Kant, 1790/1793, S.292). Jedes Teil wird „um der anderen und des Ganzen willen existierend“ gedacht. Kant fasst die Teile eines Organismus als *Organe in einer verallgemeinerten Bedeutung von Werkzeugen* auf. (Kant, 1790/1793, S. 291) Er unterscheidet zwar zwischen dem mechanischen und dem organismischen Ganzen, setzt sie aber nicht einander entgegen. Das Differenzierende erläutert er am Wesen typischer Teile im Vergleich mit der Uhr. „In einer Uhr ist ein *Teil das Werkzeug der Bewegung der anderen* (Hervorhebung der Vf. – LGF), aber nicht ein Rad die wirkende Ursache der Hervorbringung des anderen“ (Kant, 1790/1793, S. 292). Die Uhr ist fremdorganisiert, konstruiert. Die wechselseitige ‚Hervorbringung‘ (das Generieren, Erschaffen – das Hervortreten neuer Qualitäten) der Teile ist eine wesentliche Eigenschaft der biotischen Organisationsebene. Dieses Merkmal ist aber, wie beim LASER erörtert, nicht auf sie beschränkt.

4.4 Grundzüge des Modells ORGA 2.0

Neben dem organisatorischen Merkmal hoher, aber begrenzter (restricted) Komplexität finden sich in dem verallgemeinerten Denkmuster ORGA 2.0 bzw. der korrespondierenden holistisch-organizistischen Gesamtheit (*Holarchie*) implizit die Modellvorstellungen vom *Holon*, von der *Selbstorganisation*, der *Emergenz* und der *Entwicklung*. Selbstorganisation ist ein Attribut des höchsten Organisationsniveaus:

Das Modell (genauer: die Modellvorstellung) umfasst die obwaltenden polaren und kooperativen Wirkungsbeziehungen sowie die vielfältigen Wirkmechanismen, das interne und externe Gefüge dynamischer Einflüsse/ Konditionen, die bedingte und unbedingte Steuerung und Regelung. Integriert sind die variablen Wahrscheinlichkeiten der differenzierten Möglich-

keiten, insbesondere jener sie wandelnden komplexen Prozesse. Dazu gehören typische Kausalitätsketten in ihren wesentlichen ontologischen und evolutionären Ursache-Wirkungs-Bezügen sowie die ebenfalls ambivalenten Ziele. Verästelungen, Netzwerkbildung und Verschachtelungen sind komplementäre Prinzipien in der Architektur solcher Systeme, die auch die *Rhizomorphizität*[11] nicht ausschließen.

4.4.1 Der kreative Doppelcharakter der Holons als Teilheiten und Ganzheiten

In jedem (systemischen) funktionell-strukturellen organismischen Bereich sind dessen Konstituenten, die *dualen Holons*, gleichermaßen autonome *Ganzheiten* als auch botmäßige *Teilheiten: Holon:={Teil/Ganzes}.* Mit diesen widersprüchlichen Merkmalsausprägungen können Holons als ‚selbstbewusster' Teil des Systems begriffen werden, der überdies ein Ganzes bildet, das in ein noch umfassenderes Ganzes integriert ist.

Nach *Arthur Koestler* – dem die Darstellung folgt – charakterisieren Holons alle „Organisationsebenen".

In Holarchien resultiert der Wert jedes Holons aus seiner *Individualität*, aus seiner *Einzigartigkeit* und gleichermaßen aus seiner *‚Ökosensitivität'*: der Fähigkeit, mit anderen zu interagieren, um diese Potenzen als Früchte im operativen Ganzen verfügbar zu machen.

Die funktionell-strukturelle konstruktive „hierarchische (genauer: holarchische) Beziehung" zwischen Holons besteht darin, dass die Holons einer Systemebene aus den Holons einer anderen Ebene bestehen bzw. diese in Prozessen bilden

---

11 ***Rhizomorphizität*** Von *Gilles Deleuze* und *Félix Guattari* entwickelte *Denkfigur*: metaphorische ‚diagrammatische Idee' und ‚dynamisches Schema'. In diesem *paradoxen Strukturmodell zur Weltbeschreibung und Wissensorganisation,* einem – analog zum biotischen Original Rhizom – nicht hierarchisch zentrierten *Raumbild*, rücken – anstelle der *Einheit* – differente, miteinander formenreich verbindbare *Vielheiten* (sog. Plateaus) in den Fokus der Beobachtung und Interpretation. Prinzipiell kann jeder Punkt beliebig mit jedem anderen Punkt des *polyzentrischen Systems* verbunden werden. Ausgezeichnete Punkte sind die Noden (originär sind das z. B. verdickte Ansatzstellen für Blätter als botanische Grundorgane); Konoden verbinden (wie in der Thermodynamik der Mischphasen) im Gleichgewicht stehende Punkte (Zustände) miteinander. Der Wert scheinbar chaotischer Verknüpfungen, wird überdies erst verständlich und beschreibbar, wenn diese als Rhizom modelliert werden.
Die *polyzentrische Rhizomorphizität* funktioniert nach den *Prinzipien (Theoremen)* der *Konnexion* und der *Heterogenität*. Der in allen Natur- und Geisteswissenschaften etablierte Begriff Heterogenität *besagt*, dass die Verbindungen – trotz des affinen Zusammenspiels – eigenständig und weitgehend unabhängig voneinander bleiben.

Aus der *analytischen Perspektive* organisiert sich ein Organismus auf jeder unteren Organisations-Ebene des Systems in weniger komplexer Ordnung immer weiter in *offene, halbautonome (selbstregulierende, selbsterhaltende) Teil-Ganzheiten* (Sub-Ganzheiten = *Holons*).

Infolge der *kooperativen Interaktionen* im logischen Beziehungsgefüge ‚erscheinen' Zustände mit neuen, emergenten Eigenschaften, die über die Eigenschaften ihrer konstitutiven Teile hinausreichen.

Das *System Organismus* ist im dynamischen Gleichgewicht, wenn sich die polaren Tendenzen der *Selbsterhaltung/Selbstbehauptung* und der *selbstorganisierenden Vereinigung* in und zwischen den Holons ständig gegenseitig ausgleichen. Diese faktische Polarität ist dem Konzept der hierarchischen bzw. rhizomorphen Ordnung inhärent und überdies ein universelles Merkmal des Lebens samt seiner wesensprägenden intelligenten Balance auf dem Rand des Chaos.

Nach dem *synthetisierenden Modus* wird ein bereits komplexes Ganzes zur *Teilheit* einer noch komplexeren *Ganzheit*. (Beispielsweise formieren im biotischen Original Zellen die Gewebe, Gewebe die Organe etc. Im soziotechnisch-technologischen Bereich konstituieren beispielsweise die Energiesektoren die Energetik.)

Das Holon (Koestler 1967) stellt generell ein Modell dar, das die *Dichotomie zwischen Teilen und Ganzem eines Organismus* (im weitesten Wortsinn): die abhängigen Eigenschaften integrierbarer Teile und die (relativ) autonomen Eigenschaften von Ganzen zu ‚harmonisieren' (äquilibrieren) sowie die gleichfalls Holon-internen *polaren Tendenzen* zwischen der disproportionierenden/separierenden *Selbsterhaltung-/Selbstbehauptung* (der Autonomie, AUT) und der *funktionssichernden, selbstorganisierenden Vereinigung* (der Integration, INT) zu erklären vermag.

Holons repräsentieren als ideelle Sub-Modelle realtypische Sub-Ganzheiten: *Zellen, Organe, Individuen, soziale Gruppen, ökonomische Entitäten, Glieder in ontogenetischen bzw. phylogenetischen Zeitreihen, kognitive Strukturen etc.* samt ihren Dichotomien und ‚Spielregeln.

Unmittelbar themenrelevant ‚vertreten' Holons vor allem die Energieanteile, Energieformen, Qualitätsstufen in Energiewandlungsketten und Energiesektoren, die mit anderen materiellen oder institutionellen Strukturen vernetzt sind (vgl. ESI – Fußnote 5).

Holistisch-organizistische Systeme existieren – gleich den erörterten Energiesystemen – relativ stabil *funktionsdeterminiert organisiert*, aber prinzipiell stofflich, energetisch sowie informationell offen.

Der Organismus ORGA 1.0 und das Modell ORGA 2.0 konstituieren analog ihre organisierte und (gegebenenfalls sich selbst organisierende) Ganzheit aus Teilen, deren Zweck/Funktion das operationale (1.0) bzw. relationale (2.0) Ganze ist. Der Zweck (die Funktion) bestimmt dabei in beiden Fällen die Zusammensetzung und die Form des Ganzen.

Ein *Organismus*, darunter jede Gesellschaft als überragendes Original dieses zugleich effektiven Modells, ist demgemäß als eine hochkomplexe, mehrstufige, reich gegliederte, dynamische Ordnung/Hierarchie/Holarchie aus *{Teilen/Ganzen}* zu betrachten.

Funktionell wird das Verhalten der Organismen /der holistisch-organizistischen dialektischen Organisationsformen (wie der Gesellschaftsformen) und des ORGA 2.0 von „Spielregeln" bestimmt, die für die Kohärenz, Stabilität und die spezifischen Muster verantwortlich sind.

Koestler bezeichnet diese Regeln als *Kanon des Systems*. Er bestimmt die invarianten Systemeigenschaften, die strukturelle Konfiguration und das funktionale Muster.

Kritische Herausforderungen oder gar *Überforderungen* an einen Organismus (als Original und Modell) können degenerative oder/und regenerative Effekte verursachen. Vergleichbares kann eintreten, falls die *koordinativen Kräfte* des Ganzen so geschwächt sind, dass es nicht mehr in der Lage ist, seine Teile effizient zu kontrollieren und sich gegebenenfalls Insuffizienzen etablieren.

Im Gegensatz dazu kann die ‚Wirkmächtigkeit' des Ganzen über seine Teile: deren Autonomie und die Individualität reduzieren oder sogar weitgehend absorbieren. Wobei infolge der regressiven Integrationstendenzen reifere Formen – beispielsweise der sozialen Einbindungen und der Gemeinschaftsarbeit, der Kooperativität in der Natur, der Technik und der Gesellschaft – zu primitiveren Formen der Identifikation und Kooperation führen.

Das *regenerative Potential* von Organismen/Gesellschaften manifestiert sich in Fluktuationen von der evolutionär höchsterrungenen Integrationsstufe zu früheren, primitiveren Stufen und abermals zu einem *neuen, modifizierten Muster aufsteigend*. Prozesse dieser Art spielen wahrscheinlich in der biotischen und mentalen Evolution eine wesentliche Rolle.

5. Fazit

Sehr wahrscheinlich lohnt es sich, das themenbezogene Potenzial des ausführlich vorgestellten Modells ORGA 2.0 en Detail zu ermitteln, seine Ef-

fektivität konsequent am *sozio-technischen System Energiewende 2.0* zu prüfen, zu demonstrieren und daraus praxisrelevante Schlüsse zu ziehen.

Daraus abzuleitende *Heuristiken* wären für einige gezielte Anwendungen förderlich. Das betrifft insbesondere die *Transitionen in der Energiewende 2.0*, die die bestmögliche Gestaltung der technisch-technologischen und sozialen Wandlungsprozesse sowie die erfolgreiche Bearbeitung von Diskontinuitäten auf mehreren Ebenen erfordern. Mit ihren spezifischen Prinzipien und Regeln ermöglichen – die freilich im Vergleich mit deterministischen Algorithmen fehleranfälligeren – *heuristischen Strategien* für lediglich in ihren Grundzügen verstandene Problemsituationen das häufig schnellere Eruieren größerer Lösungsmengen, zahlreicherer adäquater Entscheidungsoptionen und akzeptabler Urteile.

Auch für das Themenfeld *der Energiewende 2.0 und deren Implikationen* erweist es sich, dass die *Wissenschaft* die objektiv gebotene Weiterentwicklung des wissenschaftlich-technischen Niveaus, der gestalterischen Leistungen der Gesellschaft, des zivilisatorischen Fortschritts als auch der Alltagskultur gestattet, aber nicht automatisch implementiert. Mit diesen Herausforderungen ist die Wissenschaft vorrangig als fortschreitender komplexer Prozess hoher Dynamik, sodann als unerschöpfliches Reservoir von Erfahrungen, Wissen und Erkenntnissen notwendig. Zum exponierten Prozessualen gehören die interne und öffentliche Kommunikation, die transdisziplinäre Kooperation und die Forschung von der physisch-empirischen bis zur institutionalisierten Ebene.

Literatur

Deleuze, Gilles; Guattari, Félix: Rhizom. Aus dem Französischen übersetzt von Dagmar Berger. Berlin1977

Fleischer, Lutz-Günther: Relationale Klassifikation elementarer Organisationsmerkmale emergenter dynamischer Systeme – ein Essay. In: Hörz, H.; Krause, W.; Sommerfeld, E. (Hg.): Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip, (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät Bd. 125/126). Berlin 2016, S. 209–244

Humboldt, Alexander von: Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 5 Bände. J. G. Cotta'scher Verlag, 1845–1862. Stuttgart, Tübingen

In den ‚Kosmos-Zitaten' dieses Beitrags wird die nachfolgende von Ottmar Ette und Oliver Lubrich edierte und mit einem Nachwort versehene Ausgabe verwendet. Humboldt, Alexander von: Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Ette, Ottmar; Lubrich, Oliver (Hg.), Frankfurt/M. 2004

Kant, Immanuel: Kritik der Urteilskraft (1790/1793), 2. Auflage. In: Weischedel, W. (Hg.): Werksausgabe in 12 Bänden, Bd. 10. Frankfurt/M.

Koestler, Arthur: Einige allgemeine Eigenschaften der selbstregulierenden offenen hierarchischen Ordnung (SOHO). Ursprünglich als Anhang zur Intervention auf dem Alpbach-Symposium veröffentlicht: „The Ghost in the Machine", New York, 1967. Dessen Akte wurde von Arthur Koestler und John Raymond Smythies (Hg.) als Buch publiziert: „Beyond Reductionism. New Perspectives in the Life Sciences". London, 1969

Klaus, Georg: Wörterbuch der Kybernetik. Berlin 1967

Lehn, Jean-Marie: Supramolecular chemistry: Concepts and perspectives. Weinheim 1995

Popper, Karl Raimund: Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft. Wien 1935, 1. deutsche Auflage

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 39–43*

Ernst-Peter Jeremias

Einführungsvortrag zu Aspekten der Mobilitäts- und Verkehrswende in Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich gemeinsam mit 194 anderen Staaten im Pariser Klimaschutzabkommen völkerrechtlich bindend verpflichtet, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Kelvin zu begrenzen. Sie wird alle Anstrengungen unternehmen, diese unter 1,5 Kelvin zu halten. Bisher ist die Temperatur im globalen Durchschnitt gegenüber der vorindustriellen Zeit bereits um etwa 1,2 Kelvin angestiegen. Auf dem Klimagipfel der Vereinten Nationen am 23. September 2019 in New York, hat sich Deutschland weiterhin dazu bekannt, bis 2050 Treibhausneutralität als langfristiges Ziel zu verfolgen (Bundesklimaschutzgesetz 2019).

Die konkreten Umsetzungsmaßnahmen zum Klimaschutzplan 2050 und zum Gesetz sind bislang im Klimaschutzprogramm 2030 vom 08.10.2019 fixiert. Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 vom Oktober 2019 will Deutschland seine Treibhausgasemissionen bis 2030 um 51 Prozent gegenüber 1990 mindern. Das Klimaschutzprogramm 2030 verbindet sektorenbezogene und übergreifende Maßnahmen. Die Bundesregierung verfolgt mit dem Klimaschutzprogramm 2030 den Ansatz, mit einem breiten Maßnahmenbündel aus Innovationen, Förderung, gesetzlichen Standards und Anforderungen sowie mit einer Bepreisung von Treibhausgasen die vorgegebenen Klimaschutzziele zu erreichen.

Nun wissen wir seit Ende April 2021 durch ein bemerkenswertes Urteil des Bundesverfassungsgerichtes in Karlsruhe, dass diese Maßnahmen aber zumindest nach 2030 noch nicht ausreichend sind. Das oben genannte Klimaschutzgesetz muss entsprechend nachgebessert werden. Nach Auffassung des Bundesverfassungsgerichts beschneidet das Klimaschutzgesetz in der bisherigen Form die Freiheitsrechte der künftigen Generationen. Knackpunkt ist vor allem, dass es die Bundesregierung versäumt hat, entsprechende Regeln für die Jahre nach 2030 festzuschreiben. So bestünde das Risiko, dass junge Menschen künftig beim Klimaschutz die Hauptlast zu tragen hätten, begründeten die Verfassungsrichter ihre Entscheidung. Das oberste deutsche Gericht verpflichtet die Bundesregierung nun dazu, bis Ende kommenden

Jahres die Ziele für den Ausstoß von Treibhausgasen für die Zeit nach 2030 genauer zu regeln.

Anfang Mai 2021 gab es bereits eine erste Reaktion der Bundesregierung. Bis zum Jahr 2030 ist nunmehr eine CO_2-Reduktion von 65 Prozent angedacht. Das sind zehn Prozentpunkte mehr als bisher geplant. Das höhere Ziel soll innerhalb von sechs Monaten nach Inkrafttreten des neuen Gesetzes überprüft und gegebenenfalls noch einmal angepasst werden. Bis 2040 ist eine CO_2-Reduktion von 85 bis 90 Prozent vorgesehen, ein solches Zwischenziel fehlte bisher – was einer der Hauptkritikpunkte des Verfassungsgerichts am bisherigen Klimaschutzgesetz war. Bis 2045, fünf Jahre früher als bisher, soll Deutschland vollständige Treibhausgasneutralität erreichen. Sogenannte natürliche CO_2-Senken – also zum Beispiel Wälder und Moore, die das Treibhausgas binden – sollen angerechnet werden und drei bis fünf Prozentpunkte zur CO_2-Reduktion beisteuern. Es bleibt nun abzuwarten, welche neuen konkreten politischen Vorgaben gesetzt werden. Noch entscheidender wird aber sein, welche konkreten Strategien und Maßnahmen umgesetzt werden sollen und müssen, um die nun anspruchsvolleren Ziele zu erreichen.

> „Potenzielle Mobilität ist die Beweglichkeit von Personen, allgemein und als Möglichkeit. Realisierte Mobilität ist realisierte Beweglichkeit, ist die Befriedigung von Bedürfnissen durch Raumveränderung (kurz: Mobilität). Verkehr ist das Instrument, das man dann für die konkrete Umsetzung der Mobilität benötigt. Verkehr umfasst Fahrzeuge, Infrastrukturen und die Verkehrsregeln und ist auch sehr gut messbar." (Becker et al. 1999), so eine Definition.

Mobilität ist ein allgemeines Bedürfnis und Recht der Menschen. Deshalb ist ein Wachstum der Mobilität grundsätzlich erwünscht, erforderlich und auch ein gesellschaftliches Ziel. Daraus resultierendes Wachstum von Verkehr, insbesondere des motorisierten Individualverkehrs (MIV) ist jedoch ein sehr fragwürdiges Ergebnis. Deshalb wird die Ausübung unseres Rechtes auf Mobilität in der Zukunft eine Modifikation erfahren müssen. Heute wird das Bedürfnis nach Mobilität durch verschiedene Arten des Verkehrs gelebt, die nicht immer mit den aktuellen Erfordernissen des Klimaschutzes im Einklang stehen.

Die Treibhausgasemissionen des Verkehrs in Deutschland lagen 2019 mit 163,5 Millionen Tonnen CO_2 auf einem leicht höheren Niveau als im Vorjahr. Das entspricht einem Plus von 1,2 Millionen Tonnen beziehungsweise plus 0,7 Prozent. Zwar kamen in der Vergangenheit sparsamere Fahrzeuge mit verbesserten Verbrennungsmotoren auf den Markt, gleichzeitig nahm aber auch der Kfz-Bestand um 1,6 Prozent zu. In Summe ist damit

mehr Benzin und Diesel verbraucht worden. Im Sektor Verkehr sind seit 1990 keine nennenswerten Einsparungen an CO_2-Emissionen zu verzeichnen. Der Anteil des Verkehrs an den sektoralen Treibhausgasemissionen beträgt ca. 18 %. Der Verkehr hat in Deutschland also einen wesentlichen Anteil an der Freisetzung von Treibhausgasen, insbesondere von CO_2 aus der Verbrennung fossiler Treibstoffe.

Gemäß dem (bisherigen) Bundes-Klimaschutzgesetz der Bundesregierung (Anlage 2 [zu § 4]) sollen die CO_2-Emissionen bis 2030 um 42 % (2020: 150 Mio. t auf 2030: 95 Mio. t) sinken. Bis 2050 gehen Prognosen nochmals von einer notwendigen Senkung um ca. 90 Mio. t im Jahr aus. Laut UBA könnten die energiebedingten Emissionen des Verkehrs auf nahezu Null reduziert werden (Bundesumweltamt 2013).

Die zu ergreifenden Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen im Verkehr sind vielfältig. Möglicherweise ist dafür bereits viel Zeit verschenkt worden. Umso wichtiger ist ab sofort konsequentes Handeln.

Ein wichtiger Handlungsschwerpunkt ist *Verkehrsvermeidung*. Zielrichtung sind hier insbesondere „Städte und Gemeinden der kurzen Wege", in denen mit einer Verschmelzung von Arbeiten, Leben und Freizeit die Lebensqualität und die Gesundheit der Menschen erhöht werden und zur Vermeidung nicht notwendigen Verkehrs beigetragen wird.

Weiterhin kann *Verkehrsverlagerung* zum Klimaschutz beitragen, indem u. a. der Modalsplit wieder mehr zugunsten des Fuß- und Radverkehr verändert wird. Der Ausbau des Verkehrsverbunds im öffentlichen Verkehr (ÖV) ist dabei ein wichtiger Handlungsansatz. Hier sind jedoch die unterschiedlichen Bedingungen und Voraussetzungen in den Metropolen, Städten und im ländlichen Raum angemessen zu berücksichtigen.

Die Digitalisierung der Mobilitäts- und Verkehrsprozesse, eine schrittweise Elektrifizierung erforderlicher „vernünftiger" Kraftfahrzeuge, elektrischer öffentlicher Nahverkehr und elektrifizierter Güter- und Personen-Fernverkehr, Wasserstoff und stromerzeugte Kraftstoffe für spezielle Verkehrsmittel sind weitere Lösungsansätze, um durch *Steigerung der energetischen Effizienz* im Verkehr den Klimaschutz wirksam zu beeinflussen. Hier wird es auch darauf ankommen, den jeweils geeigneten Antrieb für die zu bewältigende Entfernung, zur Lösung einer konkreten Transportaufgabe und die dafür notwendige Geschwindigkeit auszuwählen.

Eine wesentliche Grundlage der Energiewende auch im Verkehr ist der Ausbau und die Nutzung von Einkommensenergien (vorrangig von Sonne und Wind) unter bilanzieller Berücksichtigung des Gesamtstrombedarfes bei der Transformation in den Sektoren Industrie, Haushalte und Gewerbe,

Handel und Dienstleistungen. Der zusätzliche Nettostrombedarf (einschließlich Netzverlusten) im Verkehrssektor im Jahr 2050 wird in verschiedenen Studien bisher differenziert beurteilt. Er hängt sehr von getroffenen Annahmen in den Szenarien ab. „In Summe variiert der direkte Stromverbrauch für Mobilität in den verglichenen Szenarien in einem Bereich von 52 bis 172 Terawattstunden pro Jahr“ (Fraunhofer IWES 2015). Der gesamte Nettostrombedarf in der deutschen Volkswirtschaft zuzüglich von Netzverlusten könnte im Jahr 2050 bis zu 800 Terawattstunden im Jahr betragen. Im Vergleich dazu betrug im Jahr 2020 die Nettostromerzeugung in Deutschland etwa 489 TWh mit ca. 50 % Anteil an Einkommensenergien (Fraunhofer ISE 2021).

Auch eine Verkehrswende ist unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zu vollziehen (Gütter et al. 2021):

- *Umweltgerechtigkeit* – Das Erreichen der Ziele des Klimaschutzes ist mit einer Erhöhung von Lebensqualität und Gesundheit der Menschen zu verbinden.
- *Wirtschaftlichkeit* – Langfristig, bezahlbare Finanzierung ohne verzerrende Subventionen und Berücksichtigung der Klimafolgekosten müssen die Grundlage der wirtschaftlichen Betrachtung sein.
- *Sozialverträglichkeit* – Mobilität ist als gesellschaftliche Daseinsvorsorge anzuerkennen und für alle sozialen Schichten der Gesellschaft erlebbar zu machen. Insbesondere ein attraktiver Verkehrs- und Umweltverbund muss die Grundlage für eine neuen, zukunftsfähige Mobilität werden. Ein Kulturwandel ist unausweichlich, der dem individuellen Auto eine kleinere Rolle als bislang zuweist. Die daraus resultierenden Folgen in der Volkswirtschaft (internationale Wettbewerbsfähigkeit) müssen durch einen sozialverträglichen Wandel von traditionellen zu zukunftsweisenden, „effizienten“ Produktionsweisen abgefedert werden. Dieser Kulturwandel wird maßgeblich für das Gelingen der Verkehrswende und auf Grund seiner Dimension eine Generationenaufgabe sein. Das impliziert einen aus Sicht des Autors längerfristigen Prozess.
- *Akzeptanz* – Die schrittweise Überwindung klimaschädlicher Verhaltens- und Handlungsweisen in unserer Mobilität muss für die Menschen durch eine neue Mobilitätskultur und -erfahrung überzeugend erlebbar gemacht werden. Der Transformationsprozess wird nicht erfolgreich sein, wenn die Menschen dabei nicht mitgenommen werden. Der dafür erforderliche Zeitfaktor ist also auch hier zu berücksichtigen.

Die Prinzipien der Nachhaltigkeit sind dabei nicht nur auf Deutschland und Europa, sondern im globalen Maßstab anzuwenden (Beispiel Elektromobilität versus Rohstoffe). Fairness und Gleichberechtigung bei der Umsetzung der Ziele der Verkehrswende sind wichtig, um internationale Konflikte jeglicher Art zu vermeiden.

Die Online-Veranstaltung Kolloquium und Expertendiskurs DIE ENERGIEWENDE 2.0 der Leibniz-Sozietät zu Berlin e. V. am 07.05.2021 wird sich mit verschiedensten Aspekten von Mobilität und Verkehr beschäftigen und soll dazu beitragen, neue, klimarelevante Auswirkungen kritisch zu betrachten. Damit wird sich dieses Kolloquium konstruktiv in die allgemeine gesellschaftliche Diskussion zum Beitrag von Mobilität und Verkehr für eine wirksamen Klimawandel einbringen.

Literatur

Becker, U.; Gericke, R.; Völlings, A. (1999): Gesellschaftliche Ziele von und für Verkehr. Heft 1 der Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Umwelt e. V. (DIVU)

Bundesklimaschutzgesetz (2019): Bundesklimaschutzgesetz. In: Bundesgesetzblatt I; S.2513. vom 12. Dezember 2019

Bundesumweltamt (2013): Treibhausneutrales Deutschland im Jahr 2050. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales_deutschland_im_jahr_2050_langfassung.pdf. abgerufen am 29.06.2021

Fraunhofer ISE (2021): Nettostromerzeugung in Deutschland 2020: erneuerbare Energien erstmals über 50 Prozent. URL: https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2020/nettostromerzeugung-in-deutschland-2021-erneuerbare-energien-erstmals-ueber-50-prozent.html. abgerufen am 29. Juni 2021

Fraunhofer IWES (Oktober 2015): Wie hoch ist der Stromverbrauch in der Energiewende? Energiepolitische Zielszenarien 2050 – Rückwirkungen auf den Ausbaubedarf von Windenergie und Photovoltaik. Studie im Auftrag von Agora Energiewende

Gütter, R.; Hilgenberg, J.; Kaas Elias, A.; Lembke, S.; Müller-Zetsche, F.; Nüsse, V.; Verspohl, I. (2021): Wie wir das Klima schützen und eine sozial gerechte Mobilitätswende umsetzen können. Stiftung Mercator. April 2021. URL: file:///C:/Users/Admin/AppData/Local/Temp/Buendnis-sozialvertraegliche-Mobilitaetswende_Broschuere_digital_Einzelseiten.pdf. abgerufen am 29. Juni 2021

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 45–65*

Weert Canzler

Keine Energiewende ohne Verkehrswende

1. Automobile Gesellschaft und neue Mobilitätstrends

Die Elektrifizierung des Antriebes ist ein aktuell hoch gehandeltes Thema. Die Klimaschutzziele von Bundesregierung und EU sind nur zu erreichen, wenn diese Antriebswende schnell umgesetzt wird und dabei der zusätzliche Strombedarf aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. Und doch ist die Verkehrswende mehr als „nur" eine Antriebswende.

Automobilität bedeutet Selbstbeweglichkeit. Sie ist damit wie geschaffen für moderne, sich dynamisch individualisierende Gesellschaften. Das Auto ist ein bedeutsames Wirtschaftsgut und ein praktisches Verkehrsmittel gleichermaßen. Die sozialwissenschaftliche Mobilitätsforschung nimmt über die funktionalen Eigenschaften des Automobils hinaus auch dessen kulturelle Bedeutung und gesellschaftliche Aneignung in den Blick (vgl. ausführlich Canzler/Knie 1998; Canzler 2016; Manderscheid 2020). In empirischen Forschungsvorhaben zur Nutzung und zur Rolle des Autos für die Alltagsbewältigung hat sich gezeigt: Das Auto erweitert individuelle Möglichkeitsräume und erhöht zugleich den sozialen Mobilitätsdruck. Durch seine hohe Nutzungsflexibilität bietet das Auto gegenüber allen anderen Verkehrsmitteln mehr und neue Optionen. Nicht nur, dass sich der Aktionsradius mit Hilfe des Autos in aller Regel deutlich erweitert. Auch Wegeketten lassen sich meistens einfach miteinander verknüpfen. Ist die Verfügbarkeit über ein Auto jedoch der Normalfall, steigt auch der Druck, das damit mögliche Maß an räumlicher und zeitlicher Flexibilität individuell auch zu erbringen. Das Automobil ist in den entwickelten modernen Gesellschaften in den Status der Zugehörigkeit zur ‚Zweiten Natur' eingerückt – und hat hierüber Exklusivität eingebüßt.

Das Automobil stiftet also vielfältigen Nutzen und erweitert den Möglichkeitsraum für seine Nutzer/innen. Die nicht-intendierten Folgen der Automobilisierung sind jedoch immens. Dazu gehören die externen Effekte, von den Umweltbelastungen über Zeitverluste durch Staus bis zu den Verkehrstoten und den verlärmten Stadtstraßen. Auch bei den Autofahrenden

selbst passiert etwas. Das Artefakt Automobil wirkt im Zuge seiner Aneignung durch die Nutzer auf das Alltagsverhalten zurück. Hinter dem Rücken der Autonutzer/innen schleifen sich Aktionsmuster und Handlungsroutinen ein, die ohne eine Autoverfügbarkeit gar nicht hätten entstehen können. Weil der Raumwiderstand sinkt, sind auf der einen Seite viele Ziele schneller und leichter zu erreichen und auf der anderen Seite geraten neue Ziele überhaupt erst in den Blick. Persönliche Handlungsspielräume werden oft auf diese Weise ausgeweitet, zugleich steigt, meistens gar nicht bewusst, die Abhängigkeit vom Auto.

Das Auto profitiert von modernen individuellen Bedürfnissen nach Eigenzeiten und Eigenräumen (Knie 1997). Durch Blech und Glas von der Umwelt getrennt und geschützt, beherrschen der Autofahrer und die Autofahrerin die eigene unmittelbare Umgebung. So sichern sie Intimität im offenen Verkehrsraum. Sie bestimmen im Übrigen selbst, wann sie sich ans Lenkrad setzen und losfahren. Hinzu kommt vor allem bei Pendler/inne/n das Phänomen des „third place“: das Auto ist ein oft entspannender Ort zwischen Arbeitsplatz und Wohnung. Ein dritter Ort, der Abstand im wahrsten Sinne des Wortes schafft und zugleich den Übergang von der beruflichen, zumindest teilöffentlichen in die private, von anderen Rollenerwartungen geprägte Welt erleichtert.

Die sozialwissenschaftliche Mobilitätsforschung zeigt aber auch: Eine ökonomisch-rationale Verkehrsmittelwahl ist die Ausnahme. Vielmehr bestimmen Routinen das Verkehrsverhalten (Heine et al. 2001; Canzler et al. 2019). Eine Individual- und Kollektivkosten abwägende Entscheidung, das Verkehrsmittel Automobil zu nutzen oder nicht – und stattdessen auf ein anderes Verkehrsmittel auszuweichen – ist die Ausnahme und nicht die Regel. Üblicherweise wird unterstellt, dass eine Kalkulation von Kosten und Zeitaufwand über die Wahl der Verkehrsmittel entscheidet. Die Alltagspraxis sieht anders aus. Oft wird das Auto benutzt, weil es einfach „da ist“. Diese routinemäßige Nutzung entlastet den Einzelnen von der Notwendigkeit, immer wieder auf's Neue über seine Wahl des Verkehrsmittels nachdenken und abwägen zu müssen. Kein Verkehrsmittel ist so gut geeignet wie das Automobil, die Transaktionskosten im Alltag zu reduzieren.

Kognitive Dissonanzen sind unter Autofahrenden weit verbreitet und zugleich werden die Kosten des Autofahrens verzerrt wahrgenommen. Was die Umweltpsychologie in mannigfaltiger Weise kennt, trifft auch beim Autofahren oft zu: Gerade weil die meisten Autonutzenden wissen, dass sie die Umwelt schädigen, finden sie gerne und fantasiereich Erklärungen, warum ausgerechnet in ihrem konkreten Fall entweder keine Alternative bestehe oder aber das Maß der Schädigung zu vernachlässigen sei. Alle Rechtferti-

gungen haben gemeinsam, dass sie im Sinne der Überwindung kognitiver Dissonanzen „funktionieren“ und entlastend wirken. Besonders deutlich ausgebildet ist die kognitive Dissonanz in Bezug auf die Wahrnehmung der Kosten des Autofahrens. Durchschnittlich werden nur etwa die Hälfte der Autokosten überhaupt wahrgenommen, meistens sind es allein die out-of-pocket-Kosten, also die Aufwendungen für das Tanken, Parkgebühren und Wagenpflege, die bei Befragungen erinnert werden. Unregelmäßige Kostenanteile des privaten Autofahrens wie Steuern und Versicherung sowie der große Posten des Wertverlustes werden in aller Regel in die Kostenaufstellung nicht einbezogen (vgl. Canzler 2016; Andor et al. 2019).

1.1 Gefährdete Selbstbeweglichkeit auf fossiler Basis

Diese die Verbreitung und alltägliche Nutzung des – privaten, bisher fossil betriebenen – Automobils stabilisierenden Faktoren dürfen nicht unterschätzt werden. Sie wurden in etlichen Prognosen vom nahenden Ende des automobilen Zeitalters ignoriert oder gar geleugnet. Allerdings ist das Auto, wie wir es kennen, in Turbulenzen geraten. Die Stichworte lauten: Begrenzung der Dynamik des Klimawandels und Raumkonkurrenzen in der verdichteten Stadt (ausführlich in: Agora Verkehrswende 2018; SRU 2017).

Es sind vor allem die im Verhältnis zu anderen Verursachern von Emissionen von Treibhausgasen wie den Industrieunternehmen oder den privaten Haushalten seit Jahren steigenden Anteile des motorisierten Individualverkehrs an den CO_2-Emissionen, die den Druck erhöhen, zu geringeren Verbräuchen und strengeren Emissionsgrenzwerten zu gelangen (schon früh: Schwanen et al. 2011). Reboundeffekte sind zu beobachten: Beinahe alle Fortschritte in der Motoreneffizienz und überhaupt im spezifischen Energieverbrauch der Fahrzeuge wurden durch zusätzliches Gewicht und höhere Antriebsleistungen wettgemacht. In der Folge sind Durchschnittsverbräuche nur geringfügig gesunken, die CO_2-Emissionen entsprechend kaum weniger geworden. Im Übrigen hat das ungebrochene Wachstum des Fahrzeugbestandes alle Einsparungen absolut sowieso wieder zunichtegemacht.

Ein weiterer begrenzender Faktor ist der Raumverbrauch des motorisierten Individualverkehrs. Wohin mit den vielen – und zudem nach wie vor größer und breiter werdenden – Autos? Mehr Straßen und Tunnel, Tiefgaragen, Autobahnkreuze im bebauten Stadtraum und Parkplätze in engen Stadtwegen erfordern oft einen enormen Aufwand und stehen zunehmend in Konkurrenz zu anderen Nutzungsansprüchen. Global betrachtet betrifft das insbesondere die Mega-Cities. Das Auto für Jede und Jeden passt dort oft einfach nicht hinein. So unterliegt seine Anschaffung rigiden Regeln, etwa eines

Nachweises eines privaten Parkplatzes wie in Tokio oder einer Besetzungspflicht bei Innenstadtfahrten von mindestens drei Insassen wie in Singapur.

Ökonomisch gesprochen steigen die externen Kosten des Autoverkehrs und auch der Druck, diese zu internalisieren. Insgesamt ist vor diesem Hintergrund damit zu rechnen, dass Mobilität im Zeichen der Dekarbonisierung teurer und damit zu einer sozialen Frage wird (Loske 2018). Optionen dürften an Bedeutung gewinnen, die eine bessere Auslastung von Autos versprechen. Das sind nicht zuletzt private Fahrgemeinschaften, gewerbliche Mitfahrzentralen, geteilte Fahrten, also Ridehailing etc. Auch das Carsharing und der öffentliche Nahverkehr können profitieren, sobald der private Individualverkehr seine externen Kosten stärker tragen muss.

Neben der sozialen Dimension gerät auch das Stadt-Land-Verhältnis in den Brennpunkt (Agora Verkehrswende 2020). Belastet werden vor allem die entfernungsintensiven Siedlungsweisen. Die Kosten der Haushalte für Verkehrsleistungen werden auf dem Land signifikant stärker steigen als in verdichteten Städten. Ob und in welchem Maße der Nahraum an Attraktivität gewinnen wird, ist jedoch ebenso offen wie die Frage, ob sich Gemeinschaftsverkehre verstärken und auf Dauer etablieren werden. Widersprüchliche Trends treffen aufeinander. Die Individualisierung bleibt ein Basistrend moderner und sich modernisierender Gesellschaften. Sie verliert allerdings einen wichtigen Unterstützer der letzten Jahrzehnte, nämlich einen sukzessiv sinkenden Raumwiderstand. Wenn umgekehrt die Raumüberwindung durch höhere Kosten schwerer wird, ist es auch möglich, dass es zu einer vermehrten Virtualisierung physischen Verkehr kommt. Dies setzt allerdings die Versorgung auch ländlicher Regionen mit leistungsfähigen Datenverbindungen sowie die Fähigkeit und Bereitschaft ihrer Bewohner/innen voraus, diese auch für Teleinteraktion und -services zu nutzen.

Rückwirkungen des Endes des „billigen Verkehrs“ und des sich erhöhenden Raumwiderstandes sind darüber hinaus auch auf die soziale Mobilität zu erwarten. Historisch waren physische und soziale Mobilität eng miteinander verbunden. Sozialer Aufstieg hat mit Bildung und Wissen, aber auch mit der Bereitschaft und der Möglichkeit zu tun, den Ort zu wechseln und somit den „eigenen Horizont zu erweitern“. Der Arbeitsmarkt ist längst ein überregionaler, Berufschancen und Ausbildungsstätten sind im nationalen und zunehmend im internationalen Raum verteilt. Umgekehrt sind die Arbeitsmarktsektoren am meisten gefährdet, deren potenzielle Beschäftigte am unflexibelsten, d. h. am wenigsten mobil sind. Es ist daher eine Frage mit hoher empirischer und politischer Dringlichkeit, welche Folgen eine Einschränkung physischer Mobilität für die soziale Mobilität hat. Letztlich

ist es von zentraler gesellschaftspolitischer Relevanz, wie eine hohe soziale Mobilität unter Bedingungen restriktiver physischer Mobilität gesichert sein kann (Canzler et al. 2018; Ruhrort 2019).

Die Nebenfolgen dominieren

Die Nebenfolgen der Massenmotorisierung werden zunehmend thematisiert. Der Beitrag des auf der Verbrennung von fossilen Kraftstoffen beruhenden Straßenverkehrs zur Klimakrise steigt relativ, weil die anderen Sektoren Fortschritte bei der Dekarbonisierung machen. Daneben sind trotz aller Filter- und Katalysatoreinbauten die lokalen Emissionsbelastungen von Schadstoffen wie Stickoxide oder Feinstaub weiterhin auf einem hohen Niveau, vielerorts drohen Fahrverbote. Schließlich ist es auch der Lärm, der gerade den Anwohner/inne/n an großen Straßen zusetzt. Die Hälfte der Bevölkerung fühlt sich durch Straßenverkehrslärm belästigt (vgl. SRU 2020, S. 266). Die Lärmbelastung ist im Übrigen höchst ungleich verteilt, sozial weniger privilegierte Gruppen sind wesentlich stärker von Straßenverkehrslärm betroffen als die Wohlhabenderen. Gleichzeitig sind sie gesundheitlich gleich mehrfach beeinträchtigt, da sie sowohl höheren Luftschadstoffkonzentrationen als auch mehr Lärm ausgesetzt sind.

Ständig gewachsen ist auch eine weitere Nebenfolge, nämlich Staus und Parksuchverkehr. Empirisch vielfach belegt ist, dass zusätzliche Straßen und geweitete Flaschenhälse nur kurzfristig helfen. Staus entstehen neu, sobald neue Fahrspuren bisher verstopfte Strecken attraktiv oder behobene Engpässe den Fahrzeugstrom flüssiger machen. Dieses Phänomen wird in der Verkehrsplanung seit Ende 1960er Jahre als Braess-Paradoxon bezeichnet (vgl. Braess 1968). Staus und dadurch bedingte Lebenszeitverluste und Kraftstoffverschwendung nehmen permanent zu. Nach Berechnungen der EU-Kommission betragen allein die Staukosten des Straßenverkehrs mehr als 250 Milliarden Euro (EU-Kommission 2019). Hohe volkswirtschaftliche Kosten sind aber nur die eine Seite, auch individuell sind die durch Staus und Parksuchverkehr verursachten Zeitverluste oft beträchtlich. So verbrachten im Jahr 2019 Münchner Autofahrer/innen durchschnittlich mehr als dreieinhalb Tage im Stau. Subjektiv mindestens so belastend wie der Stillstand ist oft auch ein stockender Verkehrsfluss. Stop-and-go-Zeiten lassen sich schwer messen, sie machen aber zu den Hauptverkehrszeiten einen erheblichen Teil der Fahrzeit in Ballungsgebieten aus.

Zwangsmobilität und Optionsvielfalt

Besonders belastend sind die Nebenfolgen der Übermotorisierung wie Staus oder stockender Verkehrsfluss auf Wegen, für die es keine Alternative gibt, weil weder andere Strecken noch der Umstieg auf das Rad oder den öffentlichen Verkehr (ÖV) infrage kommen. Das gilt nicht zuletzt für viele Pendelwege zur und von der Arbeit. Mit fortschreitender Industrialisierung wurde Arbeit und Wohnen funktional getrennt, eine Trennung, die auch in den Siedlungsstrukturen ihren Niederschlag fand. Auf kurzen Wegen sind wichtige Ziele oft kaum mehr zu erreichen. Die zentralen Lebensbereiche wurden gemäß dem Planungsideal der „Charta von Athen" räumlich separiert. Seit den 1960er Jahren erhielt diese Trennung von Wohn- und Arbeitsstätten durch die zunehmende Motorisierung und den Ausbau der Verkehrssysteme in der Bundesrepublik einen kräftigen Schub beziehungsweise wurde sie erst ermöglicht (vgl. Klenke 1995). Seither hat der Pendelverkehr insgesamt ständig zugenommen – auf der Straße jedoch viel stärker als auf der Schiene. Nicht nur das, auch als Teil der Arbeit selbst und während der Arbeitszeit wurden Ortsveränderungen häufiger. Immer mehr Beschäftigte in unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen und auf den verschiedenen Qualifikationsebenen sind beruflich mobil. Die Zeiten, in denen berufliches Unterwegs-Sein nur Managern und Führungskräften vorbehalten war, sind längst vorbei.

Das Arbeiten im Home-Office ist gleichsam eine Gegenbewegung zur Überhand genommenen täglichen Berufspendelei und zum Dienstreisewesen. Im Home-Office wird wieder zusammengeführt, was historisch getrennt worden ist: Wohnen und Arbeiten an einem Ort. Schon vor der Corona-Krise war das Home-Office auf dem Vormarsch, 13 Prozent der Beschäftigten – fast 5 Millionen Menschen – haben nach den Ergebnissen der letzten Mobilität-in-Deutschland-Befragung 2017 zumindest ab und an die Möglichkeit genutzt, im Home-Office zu arbeiten (Nobis/Kuhnimhof 2018, S. 111). Während des Lockdowns infolge der Corona-Pandemie wurde die Büroarbeit nicht nur tageweise, sondern soweit möglich ganz ins Home-Office verlegt: im April 2020 arbeitete annähernd jede/r fünfte Beschäftigte fast ausschließlich zuhause (Universität Mannheim 2020). Bei den Höherqualifizierten war der Anteil doppelt so hoch. Der Berufsverkehr kam zu Beginn der Corona-Pandemie nahezu zum Erliegen, auch weil gleichzeitig die Kurzarbeit massiv anstieg. Dienstreisen waren in den meisten Unternehmen und Verwaltungen ebenso untersagt.

In der Pandemiekrise wurde erstmals – zumindest zeitweilig – ein Trend gestoppt, nämlich die beständige Zunahme arbeitsbedingter Mobilität, sei es

der Weg zur Arbeit, oder die Mobilität in der Arbeit auf Dienstreisen und Kundenbesuchen. In welchem Umfang und von wem das Home-Office nach dem Ende der Lockdown-bedingten Einschränkungen der Bewegungsfreiheit und nach dem Ende von Kurzarbeit und Dienstreiseverbot weiter genutzt wird, ist zwar noch nicht ausgemacht. In der Krise wurde allerdings deutlich, was alles technisch und kommunikativ geht. Die Arbeit im Home-Office wurde von vielen Beschäftigten positiv erlebt. Es ist daher zu vermuten, dass nach der Überwindung der Pandemie Unternehmen mit der Forderung von Beschäftigten konfrontiert werden, auch weiterhin zumindest teilweise von zu Hause aus arbeiten zu wollen. Dies könnte nicht nur die Zufriedenheit der Beschäftigten erhöhen, sondern gleichzeitig auch einen Beitrag zur Verkehrswende liefern.

In Anbetracht der skizzierten Gefährdungen der Selbstbeweglichkeit moderner Gesellschaften interessiert nicht zuletzt die Frage, ob und wie die Verkehrsnachfrage sich verändert. Zumindest in den früh industrialisierten und seit langem motorisierten westlichen Gesellschaften dürfte der demografische Wandel in den nächsten Jahrzehnten einen starken Einfluss ausüben. Neben diesen dämpfenden Effekten auf die Verkehrsleistung insgesamt, unter denen voraussichtlich auch der ÖV stark leiden wird, sind auch qualitative Änderungen in der Verkehrsnachfrage zu erwarten. Zu diesen qualitativen Veränderungen gehören der symbolische Bedeutungsverlust des Autos und damit eine Entemotionalisierung des Verhältnisses zum Auto. Es spricht viel für eine zunehmende „Versachlichung" des Verhältnisses zum Auto (ausführlich in Canzler et al. 2020).

Eine offene Autofeindschaft ist zwar ein reines Randphänomen. Doch gibt es Anzeichen für eine breite gesellschaftliche Neubewertung des Autos. Schleichend vollzieht sich in den schon weitgehend motorisierten Ländern eine „Entzauberung" des Automobils. Das Auto hat als Statussymbol und als Instrument des demonstrativen Konsums ernst zu nehmende Konkurrenz erhalten. Mobiltelefone und Computer eignen sich ebenso als soziale Distinktionsmerkmale. Die Formel „Je größer das Auto, desto größer der Prestigegewinn" gilt bereits seit längerem nur noch eingeschränkt. Vor allem die Jüngeren entwickeln ein offenbar „selbstverständliches Verhältnis" zum Auto: für sie ist das Auto zwar ein alltägliches Verkehrsmittel mit hoher Verfügbarkeit, jedoch weniger ein Status- und Prestigeobjekt als in den Vorgängergenerationen (Schönduwe/Lanzendorf 2014). Hier ist offenbar ein Generationeneffekt zu beobachten, der zugleich in Stadt und Land unterschiedlich stark ausfällt. Während im ländlichen Raum das Auto nach wie vor *das* „Mobilitätsversprechen" ist und oft keinerlei Alternativen bestehen,

ist die Situation in der verdichteten Stadt eine gänzlich andere. Insgesamt hat sich in den jüngeren Generationen, die in aller Regel mit dem Auto aufgewachsen sind, ein oft pragmatisches Verhältnis zum Auto entwickelt.

2. Mobilitätskonzepte der Zukunft

Zwar dominiert auch in den Städten das Auto nach wie vor den Verkehrsalltag, jedoch findet sich dort auch eine multimodale Verkehrspraxis. Die Fahrradnutzung ist davon ein wichtiger Bestandteil (siehe Beiträge in: Gerike/Parkin 2015). Zusätzliche Angebote wie öffentliche Fahrradvermietsysteme und eine Kurzzeitvermietung von Autos im Carsharing stellen weitere Optionen dar. Multimodale Zielgruppen sind für Verkehrsunternehmen schon deshalb besonders interessant, weil sie über eine überdurchschnittliche Kaufkraft verfügen.

Konzepte intermodaler Mobilitätsdienstleistungen könnten davon profitieren, dass die Verknüpfung verschiedener Verkehrsmittel bereits längst verbreitete Praxis ist. Allerdings ist zu bedenken, dass kombinierte Verkehrsangebote einfach, routinefähig und zuverlässig sein müssen. Nur transaktionskostenarme Mobilitätsdienstleistungen können so attraktiv sein, dass sie gegenüber dem privaten Auto als Alternative eine Chance haben.

Reichweite kein Vetoargument (mehr) gegen alternative Antriebe

Die ausführlich beschriebenen Trends in der Nutzung und Bewertung des Autos unter dem Vorzeichen der Vollmotorisierung bilden den Kontext, in dem die derzeit stattfindende Antriebswende einzuordnen ist. Neben den intermodalen Mobilitätsdienstleistungen ist die Antriebswende vom Verbrennungsmotor zum Elektroantrieb Teil und zugleich Voraussetzung der Verkehrswende. Ohne Elektrifizierung der Antriebe keine Verkehrswende. Lange Zeit lautete bei Autobauern und Fachjournalisten das Argument, dass eine Reichweite von 500 Kilometern und mehr für die Akzeptanz von Autos unerlässlich sei. Dieses „Reichweitenargument“ hatte gleichsam einen Vetostatus. Es wurde gerne und oft gegen alle Alternativen zum Verbrennungsmotor ins Feld geführt. Doch ist der Alltagsverkehr durch eine hohe Nahraumorientierung geprägt. In allen Verkehrserhebungen finden sich die empirischen Hinweise, die zeigen: 100 Kilometer Reichweite sind eigentlich ausreichend für eine alltägliche Autonutzung. Wir wissen schon länger aus Verkehrsdatenerhebungen, dass mehr als 95 % aller Wege unter 50 Kilometer liegen (vgl. Infas 2018).

Schon aus den Befragungen der ersten Nutzer/innen von E-Autos wurde deutlich: die eingeschränkte Reichweite ist kein Problem, wichtiger ist vielmehr die Verlässlichkeit, dass die erwartete bzw. angezeigte Reichweite auch tatsächlich erreicht wird. Hilfreich ist dafür eine exakte „Restenergieanzeige". In frühen Versuchen mit E-Mobil-Testflotten wurde immer wieder die Beobachtung gemacht, dass Nutzer/innen von Elektroautos sich schnell auf die Leistungseinschränkungen der Fahrzeuge einstellen (vgl. Knie et al. 1999). Dahinter steht die empirische Erkenntnis aus vielen techniksoziologischen Studien, dass sich der Umgang mit Techniken während des Gebrauchs ändert. Nicht die erfahrungslosen Erwartungen an eine Technik dominieren deren Nutzung, vielmehr bestimmen deren faktische Möglichkeiten und Grenzen den Umgang mit der Technik. In Befragungen und mithilfe von teilnehmender Beobachtung konnte bei vielen Nutzer/inne/n von Elektrofahrzeugen eine Lernkurve rekonstruiert werden. Man hat sich oft auf die Beschränkungen des batteriebetriebenen Elektrofahrzeugs eingestellt und im Alltag lebbare und „passende" Nutzungsweisen ausgebildet. Dies war in der Vergangenheit meistens umso schwieriger, weil außer privaten Lademöglichkeiten nur sehr selten öffentlich zugängliche Ladestationen vorhanden waren.

Die Veränderung im Verhältnis zum – im Vergleich mit der Rennreiselimousine mit Verbrennungsmotor eingeschränkt nutzbaren – Elektroauto lässt sich an seinem Bedeutungswechsel über die Zeit ablesen: Viele Fahrerinnen und Fahrer eines Elektroautos haben dieses zunächst als Zweitwagen betrachtet. Im Laufe der fortdauernden Nutzung wurde es jedoch zum faktischen Erstwagen. Seine angenehmen Fahreigenschaften, die Vorteile der Geräuschlosigkeit, die wohlwollende Aufmerksamkeit der Umwelt: all das hat viele Elektroautonutzer/innen dazu gebracht, sukzessive öfter zu fahren, das E-Mobil in Alltagsroutinen einzubauen und es damit zum Erstwagen zu machen (ebenda).

Seit Jahrzehnten ist das Auto *das* private Individualverkehrsmittel, geeignet sowohl um Brötchen um die Ecke zu holen als auch um mit der Kleinfamilie ans Mittelmeer zu fahren. Sein Lasten- und Pflichtenheft ist an Schnelligkeit und an der Überwindung auch langer Distanzen orientiert, eben am Leitbild der Rennreiselimousine. An den Anforderungen dieses Pflichtenheftes wurden alle potenziellen Antriebsvarianten gemessen. Viele alternative Antriebe, bisher auch alle Elektroaggregate, scheiterten daran, weil die vom Verbrennungsmotor gewohnte Reichweite nicht zu schaffen war. Wenn man aber das Leitbild der Rennreiselimousine einmal zurückstellt und sich ein Auto als Teil einer integrierten Verkehrslandschaft vor-

stellt, dann ergeben sich ungeahnte Einsatzmöglichkeiten für ein Elektrofahrzeug. Die Idee ist nicht neu (Canzler/Knie 1998): Eine zwischen 50 und 100 Kilometer liegende Reichweite ist für die allermeisten Fahrten völlig ausreichend. Die Leistung der Batterietechnik muss dafür nicht in künstliche, kostenträchtige Höhen getrieben werden. Denn das vermeintlich technische Handikap ist, umgekehrt betrachtet, vielmehr ein Integrationsbaustein: das Elektroauto wird zum vernetzen Auto, es ergänzt vortrefflich den öffentlichen Verkehr. Wo Busse und Bahnen nicht fahren, kann ein Elektrofahrzeug gute Dienste leisten. Mit regenerativem Strom betrieben, fahren diese Fahrzeuge leise, bequem und schadstofffrei in die Ecken und Winkel, in die kein takt- und spurgeführter Verkehr mehr kommt.

In der Vision des mit den öffentlichen Verkehrsangeboten vernetzten Elektroautos gibt es die Chance für die Lösung gravierender Probleme des ÖVs. Es ermöglicht ein Zusatzangebot für den klassischen ÖV. Denn der Bus- und Bahnbetrieb hat selbst dort Lücken und wenig attraktive „Schwachlastzeiten", wo er gut ausgebaut ist. Allerdings muss eine kritische Menge an Fahrzeugen vorhanden sein und zudem müssen weitere Innovationen hinzukommen. Die überkommene Trennung von Nah- und Fernverkehr und das oft überdifferenzierte Tarifsystem des ÖVs sind ebenso zu überwinden wie der für Gelegenheitsnutzer oft so abschreckende Zugang zu Bussen und Bahnen. Mit einem smarten Mobiltelefon oder einer Karte lassen sich in einem entfalteten intermodalen E-Mobility-Szenario alle mit Strom betriebenen Verkehrsmittel gleichberechtigt zugänglich machen, nutzen und abrechnen. Gleichzeitig kann der Wunsch nach einem modernen und leistungsfähigen Individualfahrzeug befriedigt werden. Ein Elektroauto ist so gesehen die domestizierte Ausgabe von Automobilität – eine attraktive Ergänzung und keine Konkurrenz oder gar Kannibale gegenüber den anderen Verkehrsmitteln. Es ist vielmehr Element einer „modernen Beweglichkeit".

Neue Wertschöpfung

Aus dieser Perspektive sieht die Verkehrswelt ganz anders aus als wir sie kennen – und es werden neue Akteure aktiv: Wenn sich Stromkonzerne und öffentliche Verkehrsunternehmen mit Autoherstellern zusammentun, dann eröffnen sich vollkommen neue Optionen. Verkehrsdienstleistungen unter Einschluss des Elektro-Autos werden möglich, die bislang noch nicht einmal in Nischen vorhanden waren. Doch setzt dies einen Paradigmenwechsel voraus: Nicht allein der innovative Antrieb, sondern umfassende Mobilitäts-

konzepte für urbane Regionen stehen im Vordergrund. Technisch und produktseitig sind eine Fülle von Innovationen denkbar, neben technischen Neuerungen auch lukrative zusätzliche Dienstleistungen und wirkliche Nutzungsinnovationen. Die Wertschöpfung der intermodalen urbanen E-Mobility umfasst die Hardware der Fahrzeuge und Infrastruktur mit entsprechender Integration in die Stadtlandschaft ebenso wie Verkehrsdienstleistungen und die Energielieferung und -speicherung. Letztlich ist die vernetzte E-Mobility – vom elektrisch betriebenen Bus und der bereits traditionell elektrisch betriebenen U-, S- oder Straßenbahn über das Elektroauto bis zu Pedelecs und Elektro-Rollern – Bestandteil eines smarten und zugleich Ressourcen schonenden urbanen Lebensstils. Damit ist sie Ergebnis und Ausdruck eines umfassenden wirtschaftlichen Strukturwandels mit hohen Dienstleistungsanteilen in der Wertschöpfung.

Ein neues Modell der Wertschöpfung im urbanen Verkehr, in dem vor allem die Integrationsleistungen und die Dienstleistungsqualitäten am wertvollsten sind, ist jedoch sehr voraussetzungsreich. Eine wesentliche Voraussetzung besteht darin, dass die erforderliche Energie vollständig aus regenerativen Quellen stammt. Zertifiziert, also glaubwürdig nachweisbar erneuerbar, muss die energetische Basis für die hier skizzierte intermodale E-Mobilität sein. Nur so kann eine umfassende E-Mobility wirklich nachhaltig sein. Das gilt für alle Elemente des integrierten Angebotes.

3. Elektromobilität: Kontexte und Rahmenbedingungen

Die Elemente einer künftigen E-Mobilität auf Basis Erneuerbarer Energien sind eigentlich vorhanden. Ihre Integration in das Stromnetzsystem sowie eine Verbreitung der Technik in adäquaten Nutzungskontexten bei konsequenter Einspeisung regenerativer Energien steht aber noch aus. Beide Ziele hängen eng zusammen, beide brauchen Produkt- und Nutzungsinnovationen, kreative Ideen und eine Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen. Der Ausbau der Erneuerbaren Energien verlangt nicht nur ein neues intelligentes Netzmanagement, sondern auch zusätzliche und flexible Speicher. Da bieten sich Batterien von E-Mobilen geradezu an. Sie können beispielsweise nachts, wenn der Wind die Windgeneratoren kräftig antreibt, aber weder in den Privathaushalten noch in den Betrieben viel Strom benötigt wird, überschüssige Energie aufnehmen – „vehicle to grid“ heißt die Zauberformel. Wachsen smarte Stromnetze und IuK-gestützte Steuerung zusammen, lassen sich eine Fülle neuer Geschäftsmodelle denken. Dabei sind integrierte Versorgungsunternehmen wie viele Stadtwerke im Vorteil: Sie verfügen so-

wohl über Quellen der erneuerbaren Stromproduktion als auch über Busse und Bahnen, sie brauchen Anreize und Hilfen zur Umstellung ihrer Fahrzeugflotte sowie das Know-how zur effizienten Verknüpfung.

Insgesamt ist die Umsetzung eines intermodalen E-Mobility-Angebotes höchst voraussetzungsvoll und bedarf einer komplexen Trägerkonstellation. Ein solcher ambitionierter Innovationspfad ist alles andere als ein Selbstläufer, es reicht nicht, die technischen Herausforderungen zu bewältigen. Denn sehr unterschiedliche Kulturen müssen eng zusammenarbeiten. Kooperationen sind nötig, für die es keine Vorbilder gibt. Die involvierten Branchen und ihre Unternehmen müssen sich auf neue und eben noch nicht eingespielte Kooperationen einlassen – das gilt auch – und vor allem – für die Autoindustrie.

3.1 Vor enormen Umbrüchen

Die Autohersteller müssen Abschied nehmen vom Konzept des Universalautomobils („Beyond Rennreiselimousine“) und ihre Wertschöpfung wird sich von der Produktion von Automobilen und ihrer Finanzierung für Kunden hin zu umfassenden Mobilitätsdienstleistungen verlagern (Canzler/Knie 2018; Canzler 2019; Daum 2019). Das ist alles andere als trivial. Es bedeutet nicht zuletzt enorme Umbrüche in der Wertschöpfung einer jahrzehntelang erfolgreichen Branche und in der internen Hierarchie ihrer Unternehmen. Der klassische Fahrzeugbau wird nicht nur an Bedeutung verlieren, sondern zugleich muss er auch einen neuen technischen Pfad einschlagen. Leichtbauweise und effiziente Antriebstechniken sind zwar nach wie vor anspruchsvolle Hochtechnologiebereiche, doch kommen vor allem Servicefunktionen hinzu bzw. werden massiv ausgeweitet. Diese Transformation betrifft letztlich den Identitätskern der Branche. Denn der Verbrennungsmotor war jahrzehntelang – und ist für viele klassisch sozialisierten Ingenieure nach wie vor – der Dreh- und Angelpunkt der Automobilentwicklung.

Vor einer ähnlich tiefgreifenden Transformation stehen auch die Energieversorgungsunternehmen. Der Grund ist vor allem das beschleunigte Wachstum der regenerativen Energien. Sie müssen nicht nur von zentralen Großtechniken als dem prägenden Element der fossilen Stromversorgung Abschied nehmen. Sie sind gezwungen, ihr Netzmanagement radikal umzubauen. Aus einem zentralen Energiesystem wird ein dezentrales, aus einem unidirektionalen Netzmanagement ein bidirektionales. Konkret geht es darum, nicht in erster Linie Strom für elektrische Verkehrsmittel zu verkaufen, sondern das Geschäft einer intelligenten Netzbewirtschaftung aufzubauen und zu lernen. „Vehicle to grid“ bedeutet für die Netzbetreiber, ein effizientes Netz-

management zu betreiben und dazu wirksame Anreize für die Nutzer von Elektrofahrzeugen zu platzieren, die dazu führen, dass sie diese als temporäre Speicher einsetzen.

Auch im öffentlichen Verkehr werden die Umstellungen erheblich sein (Deffner et al. 2014): ÖV-Unternehmen müssen ihre klassischen Verkehrsleistungen um neue Angebotsbausteine ergänzen. Sie betreiben neben Bahnen und Bussen dann künftig ebenso Autoflotten und Fahrradverleihsysteme. Gleichzeitig bedeutet das notwendigerweise mehr Orientierung an den Kunden und an ihren sich weiter ausdifferenzierenden Ansprüchen. Ein solcher Wandel im Angebot und in der Kundenorientierung im ÖV ist nicht ohne eine enge Zusammenarbeit mit dem langjährigen Konkurrenten Autoindustrie sowie mit Energieversorgern und IT-Unternehmen möglich. Damit verlässt der ÖV den Sektor der öffentlichen Daseinsvorsorge und wird zu einer an der privaten Nachfrage orientierten Branche.

Und schließlich müssen auch die Städte und Kommunen lernen, ihre neue – und gleichzeitig gegenüber der jüngeren Vergangenheit wichtigere – Rolle auszufüllen. Sie brauchen ein erweitertes inhaltliches Know-how und sie können sich dabei nicht nur auf formale Kompetenzen zurückziehen (vgl. Gehl 2015; Sadik-Khan/Solomonow 2017). Vor allem brauchen sie Kreativität und Mut, günstige Bedingungen für den neuen Markt für intermodale Verkehrsangebote zu schaffen. Hilfreich wäre es daher, wenn die staatliche Förderpolitik auf der einen Seite und die Anpassung der verkehrsrechtlichen und steuerlichen Rahmenbedingungen auf der anderen Seite sich am Ziel der Entwicklung intermodaler Verkehrskonzepte orientierte und sich nicht allein auf die Forschungsförderung in der Batterietechnik konzentrierte.

Die höchsten Hürden für die Realisierung intermodaler Mobilitätskonzepte sind angesichts der notwendigen und tiefgreifenden Transformationen weniger technischer als vielmehr organisations- und innovationskultureller Art.

4. Aussichten für die Verkehrswende

Die Anforderungen an eine umfassende Transformation des Verkehrs- und des Energiesektors sind schon seit einiger Zeit auf der Agenda. Lange lief diese Transformation nur schleppend. Hat die Corona-Pandemie daran etwas geändert? Zumindest in Bezug auf den über Jahrzehnte permanent zunehmenden Verkehrsaufwand und insbesondere für den berufsbedingten Verkehr war sie eine Zäsur. Das Mobilitätsniveau sank infolge von Kurzarbeit

und massenhaftem Home-Office erstmals und es blieb über mehrere Monate niedrig, der beruflich bedingte Verkehr brach massiv ein (infas et al. 2020).

Wichtiger als der pandemiebedingte Einbruch des Mobilitätsniveaus insbesondere bei denjenigen, deren sozialer Status und individuelles Tätigkeitsprofil die Option des Home-Office überhaupt eröffnet hat, sind grundlegende sozialräumliche Verschiebungen, die bereits länger wirken, aber in der Pandemie bisweilen nur klarer zu erkennen waren. Die Gleichung „Individualisierung gleich Automotorisierung" beispielsweise scheint zwar weiter gültig zu sein. Ein genauerer Blick zeigt aber ein differenzierteres Bild. Die Autobesitzquoten in den Innenstädten großer Städte, vor allem in den Gründerzeitquartieren, stagniert und in einigen Fällen geht sie sogar zurück, während in denselben Städten in weniger dicht bebauten Ortsteilen, in erster Linie in den Stadtrandbezirken mit lockerer Bebauung und ausgeprägten Eigenheimanteilen und auch in den Großsiedlungen die Autobesitzquote kontinuierlich hochgeht. Überhaupt sind die Unterschiede des Autobesatzes in den unterschiedlichen Siedlungsräumen beträchtlich. In der jüngsten „Mobilität-in-Deutschland"-Erhebung wurden die Unterschiede zwischen den Raumtypen deutlich: Während in den Metropolen 372 Pkw auf 1.000 Einwohner kommen, sind es im kleinstädtischen, dörflichen Raum 607 (Nobis et al. 2019, S. 36).

Auf dem Land ist die Welt eine andere

Es ist nicht allein der ländliche Raum, wo alles so ganz anders ist als in den urbanen Zentren. Auch in größeren Kleinstädten und kleineren Großstädten ist die Verkehrswelt eine vollkommen andere als in den Metropolen. Das macht sich beispielsweise in der Quote der Haushalte ohne Autos bemerkbar. So liegt diese Quote 2017 in Fulda bei 17 % und in Cottbus bei 18 %, während es in Berlin über 43 Prozent und in Leipzig 37 Prozent sind (vgl. Gerike et al. 2020). Beachtlich sind nicht nur diese großen Unterschiede, sondern auch die Dynamik der Autobesitzquote in den Befragungsrunden in einem erhobenen Zeitraum von 2002 bis 2017. Da hat es nämlich in den Metropolen kaum eine Veränderung gegeben: im Jahr 2002 waren es 373 Pkw und im Jahr 2008 zwischenzeitlich 380. In den ländlichen Regionen hingegen stieg der Fahrzeugbesatz von 498 Pkw im Jahr 2002 auf 537 im Jahr 2008 (Nobis et al. 2019, S. 36).

Es hat sich also eine Schere aufgetan, die neben den fehlenden Alternativen zum privaten Auto auf dem Land auch mit den sehr unterschiedlichen Raumkonkurrenzen zu tun hat. Bei den Alternativen zum eigenen Auto sieht

es in den kleineren Städten und auf dem Land ganz anders aus als in den großen Städten mit einem regelmäßigen öffentlichen Nahverkehr. Hier ist das Auto meistens das einzige Verkehrsmittel, mit dem die unterschiedlichen Alltagserfordernisse überhaupt zu erfüllen sind. Hier sind nicht nur die Entfernungen zwischen Wohnort, Arbeitsplatz, Einkaufsmöglichkeiten und Freizeitstätten üblicherweise länger. Hier gibt es kaum Angebote des öffentlichen Verkehrs und die aktive Mobilität wird eher als Wochenendvergnügen gesehen als eine Alltagspraxis.

Entscheidend ist der Platzmangel. Der Kampf um den knappen Raum ist in den großen Städten in vollem Gange. Dieser Kampf wird unter dem Motto der Flächengerechtigkeit geführt und es geht dabei um den Abbau der Privilegien des privaten Autos. Auf dem Land war bisher Platz aber kein Problem. Das Parken unter dem eigenen Carport ist der Regelfall, auch im öffentlichen Raum ist meistens so viel Platz zum Abstellen des Autos, dass man sich da keine Gedanken machen muss. In Metropolen müssen sich 60 Prozent der Autobesitzer um einen Stellplatz im öffentlichen Straßenraum oder in einem Parkhaus bemühen, während es in ländlichen und dörflichen Raum nur zehn Prozent sind (Nobis/Kuhnimhof 2018, S. 77). Und dort sind die öffentlichen Straßen in Wohngebieten nicht wirklich voll gestellt.

Platzprobleme wie in der Stadt kannte man auf dem Land bislang eigentlich nicht. Doch ändert sich das. Denn selbst in kleinen Städten und in vielen Dörfern ist bei bestimmten Anlässen mittlerweile die Belastungsgrenze erreicht. Zum Wochenendeinkauf oder zur Rushhour gibt es stockenden Verkehr in den Ortsein- und Ortsausfallstraßen und Parkplatzmangel. Bisher kaum gekannte Konflikte brechen auf, beispielsweise zwischen den meistens Älteren, die sich in für das innerörtliche Wohnen entschieden haben, um näher an der Versorgung für den täglichen Bedarf und schneller bei den Arztpraxen sein zu können, und denen, die mit ihren meistens großen und hochmotorisierten Autos zum Wochenendeinkauf oder nur zum Eisessen in den Ort fahren und dort für zugestellte Straßen und Lärm sorgen. Blechlawinen und Falschparker werden so zu Aufregerthemen auch in kleinen Städten. Eine abnehmende Lebensqualität wird beklagt, was durch die demografische Teilung und die überdurchschnittliche Alterung gerade in ländlichen Gebieten verstärkt wird.

Die demografische Schere und die Chancen für das Automatisierte Fahren

Die hohen Zulassungszahlen in den kleinstädtischen und dörflichen Regionen verdecken im Übrigen ein wachsendes Problem, dass nämlich eine signi-

fikante Zahl an Bewohner/inne/n nur begrenzte oder gar keine Mobilitätsoptionen haben. Der Anteil der Menschen mit gesundheitsbedingten Mobilitätseinschränkungen nimmt mit dem Alter zu, das ist eine Binsenweisheit. Jeder fünfte Mann über 70 Jahre gehört beispielsweise dazu, bei den über 80-Jährigen sind es bereits 45 Prozent (Nobis et al. 2019, S. 99). Bei den Frauen liegt der Anteil etwas niedriger, aber bei ihnen sind wiederum die Führerscheinquote und die Autoverfügbarkeit nach wie vor geringer als bei den Männern. Autofahren als Garant für gesellschaftliche Teilhabe fällt für einen erheblichen – und tendenziell noch zunehmenden – Anteil der Alten weg. Radfahren ist oft auch nicht möglich, das Zufußgehen ist, wenn überhaupt, auf einen überschaubaren Radius beschränkt. Der klassische ÖV ist da meistens auch keine Alternative. Viele ältere Menschen wollen und können oft auch nicht mehr mit dem Bus oder dem Zug fahren. Selbst wenn sie es wollten, gibt es die oft gar nicht oder die Haltestellen sind zu weit weg. Im Alter wächst also für Frauen und für Männer die Abhängigkeit, von anderen mitgenommen zu werden, sei es von Angehörigen, Freunden oder Nachbarn, sei es von gewerblichen Chauffeurdiensten. In vielen ländlichen Regionen wächst übrigens die Gruppe der über 80-Jährigen stark, während der Anteil der Jüngeren, die sie mitnehmen könnten, sinkt.

Diese demografisch bedingte Schere in den Mobilitätschancen erklärt auch, warum die wenigen automatisierten Shuttles, die mancherorts probeweise im Einsatz sind, bei den Älteren auf große Neugier und echtes Interesse stoßen. Zunächst ist ein solches neues Fahrzeugformat gewöhnungsbedürftig. Es handelt um einen elektrisch angetriebenen Kleinbus mit zehn bis zwölf Sitz- und Stehplätzen, der mithilfe von Radartechnik seine Umgebung erfasst, automatisiert den festlegten Kurs abfährt und bei Störungen oder drohenden Hindernisse eigenständig anhält. Das Fahrzeug ist automatisch unterwegs, bislang fährt aus Sicherheitsgründen immer noch eine Begleitperson mit, die im Notfall einen Stoppknopf drückt und ansonsten auch Auskunft geben kann. Mittelfristig soll das Fahrzeug nicht nur fahrerlos, sondern ganz ohne Personal auf Anforderung – on demand – zum Einsatz kommen und dabei vor allem die „erste und letzte Meile“ in einer individuellen Wegekette gewährleisten. Derzeit ist der automatisierte Shuttle noch ein Exot auf dem Verkehrsmarkt und auch nur für einen Probebetrieb sind enorme zulassungsrechtliche Hürden zu überwinden (ausführlich: Canzler et al. 2019).

Einige Modellversuche zum automatisierten Fahren mit diesem neuen Fahrzeugtyp laufen seit wenigen Jahren auf privaten Arealen wie dem EUREF-Campus in Berlin-Schöneberg oder auf dem Gelände des Charité-

Krankenhauses, andere beginnen gerade auf öffentlichen Straßen. Die Shuttles sind zwar langsam unterwegs und überbrücken auch nur kurze Distanzen, beispielsweise zwei Ortsteile wie im westfälischen Drolshagen oder vom Bahnhof zu einem Krankenhaus wie in Bad Birnbach. Sie sind jedoch viel flexibler als der übliche Linienbus, denn sie kommen nach Bedarf und sind nicht an fixe Haltestellen gebunden. Neben diesem demografisch bedingten Grundinteresse an flexiblen Shuttleangeboten spricht einiges dafür, sie im ländlichen oder suburbanen Kontext und nicht im komplexen städtischen Mischverkehr einzusetzen. Denn weil der Shuttle extrem defensiv eingestellt ist, reagiert er bei jeder auch noch so unwahrscheinlichen potenziellen Störung mit Bremsmanövern. Der automatisierte Shuttle braucht einen eigenen virtuellen Fahrkorridor. In diesem Korridor müssen alle möglichen Störungen ausgeschlossen sein, weil sonst das Fahrzeug zum Halten kommt, um Kollisionen zu vermeiden. Er ist für einen Mischverkehr nicht geeignet, auch parkende Fahrzeugen oder nur eine falsch abgestellte Mülltonne innerhalb des Korridors führen zum Stillstand. Daher ist es viel einfacher, einen störungsarmen Shuttlebetrieb auf wenig befahrenen Straßen im ländlichen Raum zu organisieren.

Antriebswende plus Neuverteilung des Verkehrsraumes

Angesichts der genannten Veränderungen der verkehrspolitischen Großwetterlage ist also festzuhalten, dass die Elektrifizierung der Antriebe, also die Antriebswende, allein nicht der Ausweg auch der Misere einer offensichtlichen Übermotorisierung mit riesigem Platzbedarf ist. Zwar ist die schnelle und umfassende Antriebswende selbst bereits mit einem tiefgreifenden Strukturwandel der Autoindustrie, aber auch der Stromwirtschaft verbunden. Hier zeichnet sich eine konvergente Entwicklung bislang getrennter Branchen ab. Noch herausfordernder ist jedoch der Abbau der Dominanz des Autos im öffentlichen Raum. Dafür braucht es eine Umverteilung des begrenzten Verkehrsraumes zugunsten der Alternativen zum privaten Auto – mehr Platz für das Radfahren und Zufußgehen, aber auch für den Bus und die Bahn. Platz hergeben muss der motorisierte Individualverkehr. Das war lange Zeit ein Tabu, mittlerweile werden die Konflikte um die Nutzung dieses Platzes jedoch zunehmend virulent.

In einer Befragung im Jahr 2019 im Rahmen eines gemeinsamen, von der Stiftung Mercator geförderten Forschungsprojekts von RWI und WZB zum Verkehrsverhalten und zu verkehrspolitischen Einstellungen in Deutschland wurde erkennbar, dass die Mehrheit der Bevölkerung auch einschnei-

dende Maßnahmen unterstützt. Dazu gehören der Ausbau von Fahrradwegen auf Kosten von Autoparkplätzen, die Bevorrechtigung von Bus und Bahn auf staubelasteten Straßen oder die Ausweisung von Fahrverboten für solche PKW, die Schadstoffgrenzwerte überschreiten. Fast 70 Prozent der Befragten sprechen sich in der groß angelegten Befragung von mehr als 6.000 Haushalten für die Ausweisung reservierter Fahrstreifen für Busse und Bahnen auf staubelasteten Straßen aus. Umgekehrt sprechen sich in dieser Befragung nur etwas mehr als 27 Prozent gegen den „Ausbau von Fahrradwegen, wenn nötig auch auf Kosten von Autoparkplätzen" aus. Sogar bei der radikalen Forderung nach der „Sperrung der Innenstädte für Pkw" gaben nur knapp 43 Prozent an, „stark oder eher dagegen" zu sein (siehe Andor et al. 2019).

Nun sind Meinungsumfragen nicht unendlich belastbar und die Antworten auf Fragen zur Akzeptanz höherer Kosten für das Parken und für Straßenbenutzungsabgaben sehen auch deutlich ablehnender aus. So sind in der RWI-WZB-Umfrage über 57 Prozent gegen höhere Kosten für das Parken in Innenstädten und nur gut 20 Prozent ausdrücklich dafür. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass es ein breites Verständnis dafür gibt, dass es mehr Anstrengungen und auch restriktiver Maßnahmen bedarf, um den überbordenden Straßenverkehr einzudämmen und die negativen Folgen der Übermotorisierung zu minimieren. Sie geben überdies Anlass zu einer gewissen Gelassenheit in den öffentlichen Diskussionen zur lokalen Verkehrspolitik, in der oft diejenigen den Ton angeben, die nicht unbedingt Mehrheiten hinter sich haben, aber am lautesten sind. Aggressive Reaktionen auf verkehrspolitische Initiativen, nicht selten durch populistische Gruppen unterstützt oder initiiert, finden zwar gerne Widerhall in den (sozialen) Medien, haben aber meistens wenig breite Unterstützung. Das ist vor allem dann der Fall, wenn diejenigen, die z. B. von sicheren Geh- und Radwegen profitieren, Gelegenheit erhalten, in der öffentlichen Diskussion gehört zu werden. Das sind vor allem die Alten und die Kinder, ihre Beteiligung an lokalen Verkehrswendevorhaben sollte organisiert werden.

Insgesamt hat sich der Wind gedreht. Es gibt ein verbreitetes Unbehagen gegen die Dominanz des Autos und die Nebenfolgen der autogerechten Stadt- und Siedlungsplanung der letzten Jahrzehnte. Mit einer ambitionierten Verkehrspolitik mit dem Ziel, mehr Platz für das Zufußgehen und das Radfahren zulasten des privaten Autos zu schaffen und die Aufenthaltsqualität zu verbessern, muss man nicht unbedingt Wahlen verlieren.

Eine entscheidende Voraussetzung für die Verkehrswende vor Ort ist die Neuverteilung des Verkehrsraumes zulasten des Autos, das im Laufe der

funktionalistischen Stadt- und Raumplanung das Privileg zur Raumverschwendung erhalten hat. Ein Hebel für die Neuverteilung besteht darin, für die Nutzung des öffentlichen Raumes einen angemessenen Preis zu erheben. Parkraumbewirtschaftung ist ein lange bekanntes Instrument. Eine City-Maut – besser eine „Klimaschutzabgabe im Verkehr" – ist neuer, aber auch umfassender und richtig ausgestaltet auch gerechter als nur eine Parkgebühr (vgl. ausführlich Canzler et al. 2020). Aber eine solche nutzungsabhängige Abgabe für etwas, was vorher vermeintlich umsonst war, hat ihre Fallstricke. Um die zu erwartende Skepsis gegenüber einem zusätzlichen Kostenfaktor für die wie wir gesehen haben so wichtige Mobilität in einem modernen Alltagsleben zu entkräften, reicht es nicht, dass die Erhebung der Abgabe technisch funktioniert und der Datenschutz eingehalten wird. Es muss auch gerecht zugehen und es muss Alternativen für den Ausstieg aus dem motorisierten Gefährt geben. Die Alternativen dürfen nicht weniger, sondern sie müssen mehr Individualität ermöglichen. Das klingt plausibel, ist aber nicht so einfach zu realisieren.

Literatur

Agora Verkehrswende (2018): Öffentlicher Raum ist mehr wert. Ein Rechtsgutachten zu den Handlungsmöglichkeiten der Kommunen, Berlin. Online: www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/oeffentlicher-raum-ist-mehr-wert-2/

Agora Verkehrswende (2020): Baustellen der Mobilitätswende. Wie sich die Menschen in Deutschland fortbewegen und was das für die Verkehrspolitik bedeutet. Online: https://static.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2019/Mobilitaet_in_Deutschland/Agora-Verkehrswende_Baustellen-der-Mobilitaetswende.pdf

Andor, M.; Frondel, M.; Horvath, M.; Larysch, T.; Ruhrort, L. (2019): Präferenzen und Einstellungen zu vieldiskutierten verkehrspolitischen Maßnahmen: Ergebnisse einer Erhebung aus dem Jahr 2018, RWI-Materialien. Essen. Online: http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-materialien/rwi-materialien_131.pdf

Braess, D. (1968): Über ein Paradoxon in der Verkehrsplanung. In: Unternehmensforschung, 12, S. 258–268

Canzler, W. (2016): Automobil und moderne Gesellschaft. Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Mobilitätsforschung. Berlin

Canzler, W. (2019): Market and Technology Trends of Automotive Future in Germany. In: Mez, L.; Okumara, L.; Weidner, H. (Hg.): The Ecological Modernization Capacity of Japan and Germany. Wiesbaden. S. 155–169

Canzler, W.; Knie, A. (1998): Möglichkeitsräume. Grundrisse einer modernen Mobilitäts- und Verkehrspolitik. Wien u. a. O.

Canzler, W.; Knie, A. (2018): Taumelnde Giganten. Gelingt der Autoindustrie die Neuerfindung? München

Canzler, W.; Knie, A.; Ruhrort, L. (2020): Die City-Maut: Neuer Freiraum für die Verkehrspolitik in Zeiten des Wandels. München

Canzler, W.; Knie, A.; Ruhrort, L.; Scherf, Ch. (2018): Erloschene Liebe? Das Auto in der Verkehrswende. Soziologische Deutungen. Bielefeld

Daum, T. (2019): Das Auto in digitalen Kapitalismus. München

Deffner, J.; Hefter, T.; Götz, K. (2014): Multioptionalität auf dem Vormarsch? Veränderte Mobilitätswünsche und technische Innovationen als neue Potenziale für einen multimodalen Öffentlichen Verkehr. In: Schwedes, O. (Hg.): Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung. Wiesbaden, S. 201–227

EU-Kommission (2019): EU-COM: Handbook on the External Costs of Transport. Online: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/studies/internalisation-handbook-isbn-978-92-79-96917-1.pdf

Gehl, J. (2015): Städte für Menschen. Berlin

Gerike, R.; Parkin, J. (Hg.) (2015): Cycling Futures – From Research into Practice. Farnham

Gerike, R.; Hubrich, St.; Ließke, F.; Wittig, S.; Wittwer. R. (2020): Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018: Städtevergleich“. Online: https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Staedtevergleich.pdf?lang=de

Heine, H.; Mautz, R.; Rosenbaum, W. (2001): Warum wir nicht vom Auto lassen. Frankfurt/M.

infas – Institut für angewandte Sozialwissenschaft (2018): Mobilität in Deutschland – Kurzreport. Eine Studie für das BMVI. Bonn, online: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_Mobilitaet_in_Deutschland_2017_Kurzreport.pdf

infas, MOTIONTAG, WZB (2020): Mobilitätsreport 01. Bonn, Berlin. Online: http://www.mobicor.de/fileadmin/user_upload/infas_Mobilitätsreport_20200807.pdf

Klenke, D. (1995): „Freier Stau für freie Bürger“. Die Geschichte der bundesdeutschen Verkehrspolitik. Darmstadt

Knie, A. (2017): Eigenzeit und Eigenraum. Zur Dialektik von Mobilität und Verkehr. In: Soziale Welt, Jg. 47/Heft 1, S. 39–55

Knie, A.; Berthold, O.; Harms, S.; Truffer, B. (1999): Die Neuerfindung urbaner Mobilität. Elektroautos und ihr Gebrauch in den USA und Europa. Berlin

Loske, R. (2018): Klimafreundliche Mobilität für alle. Wo bleibt die Verkehrswende? In: Neue Gesellschaft/Frankfurter Hefte, Heft 4/2018

Manderscheid, K. (2020): Antriebs-, Verkehrs- und Mobilitätswende? Zur Elektrifizierung des Automobilitätsdispositivs. In: Brunnengräber, A.; Haas, T. (Hg.): Baustelle Elektromobilität. Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf die Transformation der (Auto-)Mobilität. Bielefeld

Nobis, C.; Kuhnimhof, T. (2018): Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70)

Nobis, C.; Kuhnimhof, T.; Follmer, R.; Blumer, M. (2019): Mobilität in Deutschland – MiD, Zeitreihenbericht 2002 – 2008 – 2017. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auf-

trag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin (Online: www.mobilitaet-in-deutschland.de)

Ruhrort, L. (2019): Transformation im Verkehr. Erfolgsbedingungen verkehrspolitischer Maßnahmen. Wiesbaden

Sadik-Khan, J.; Solomonow, S. (2017): Street Fight. Handbook for an Urban Revolution. New York

Schönduwe, R.; Lanzendorf, M. (2014): Mobilitätsverhalten von Heranwachsenden und Möglichkeiten zur Bindung an den ÖPNV: eine Synthese des Forschungsstandes von deutschsprachiger und internationaler Forschungsliteratur (Arbeitspapiere zur Mobilitätsforschung Nr. 1). Frankfurt/M.

Schwanen, T.; Banister, D.; Anable, J. (2011): Scientific research about climate change mitigation on transport: a critical review. In: Transportation Research Part A, 45 Jg., S. 993–1006

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2017): Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor. Sondergutachten. Berlin. online: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2016_2020/2017_11_SG_Klimaschutz_im_Verkehrssektor.pdf;jsessionid=00424EF9E8A7233FFF03F350155B1B0D.2_cid321?__blob=publicationFile&v=26

Universität Mannheim (2020): Mannheimer Corona-Studie. Online: https://www.uni-mannheim.de/gip/corona-studie/

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 67–79*

Michael Bartnik

Optimierung der individuellen Mobilität: Jelbi verbindet ÖPNV und Sharing-Mobilität

1 Verkehrspolitische Zielsetzung in Berlin

Die Digitalisierung hat (als vierte industrielle Revolution, mit dem Smartphone in der Hand und seinen geodatenbasierten Diensten) die Mobilität deutlich verändert, völlig neue Mobilitätsangebote hervorgebracht und massentauglich gemacht. Jelbi hilft als innovatives Mobilitätskonzept, die neuen, smarten Sharing-Angebote mit dem etablierten, leistungsfähigen ÖPNV zu verbinden.

> „Das Land Berlin verfolgt das Ziel, sich weiter als Innovations- und Entwicklungsraum zu etablieren und innovative Mobilitätskonzepte und Verkehrsangebote zu erproben und zu nutzen." (MobG § 1, Absatz 3)

Dabei gewinnt Jelbi Kenntnisse zu den Auswirkungen der Sharing-Angebote auf das Mobilitätsverhalten, indem parallel zum Jelbi-Angebot Daten erhoben, Marktforschungen und Befragungen durchgeführt und (im Sinne des ständigen Lernens) Ableitungen für die erfolgreiche Ausgestaltung von Jelbi gezogen werden. Dadurch trägt Jelbi zur Lösung des folgenden, im Nahverkehrsplan beschriebenen Problems bei:

> „Ohne Kenntnis der Auswirkungen auf den Verkehrsmarkt in Bezug auf die Änderungen des Verkehrsmittelwahlverhaltens der (potenziellen) Nutzerinnen und Nutzer kann auch die öffentliche Hand nicht einschätzen, ob und welche Regulierung in Bezug auf eine Innovation dauerhaft geboten ist." (NVP 2019, S. 345)

Die BVG hat sich 2017/18 mit der #BerlinSteigtUm-Strategie neben dem „Umstieg von Diesel und Benzin auf Elektro" auch den „Umstieg vom eigenen Auto auf Gemeinschaftsverkehre" zum Ziel gesetzt. Gemeinschaftsverkehre meint hier die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln und von Sharing-Angeboten. Das bedeutet: mehr Fahrten im Umweltverbund, weniger Privat-Pkw-Fahrten, mehr regelmäßige ÖPNV-Nutzende und somit sauberere Luft, weniger Lärm und weniger Treibhausgase.

Abb. 1: Die Ziele der Smart-City-Strategie #BerlinSteigtUm
Eigene Darstellung, BVG

Bei Jelbi haben wir diese Strategie auf die Vision „Mehr Menschen ein Leben ohne eigenes Auto ermöglichen – durch den gebündelten Zugang zu einer breiten Mobilitätsvielfalt“ kondensiert. Damit stehen wir im Einklang mit dem Nahverkehrsplan, Luftreinhalteplan, Stadtentwicklungsplan Mobilität

Abb. 2: Die Handlungsfelder der Smart-City-Strategie #BerlinSteigtUm
Eigene Darstellung, BVG

und Verkehr (StEP MoVe) (StEP MoVe 2021) und allem voran dem Berliner Mobilitätsgesetz (MobG), dessen Inhalte bereits in die Strategiebildung eingeflossen waren.

In der untenstehenden Tabelle ist aufgeführt, welchen Beitrag Jelbi zu den in o. g. Plänen definierten, sogenannten „verkehrsmittelübergreifenden Zielen“ leistet.

Das „Grundlagenpapier für Mobilitätsstationen auf Quartiersebene in städtischen Randlagen“ zählt neun wesentliche Ziele von Mobilitätsstationen in Deutschland auf (IGES 2021, S. 12ff.): Stärkung der multimodalen Mobilität, Stärkung des Umweltverbunds, Unterstützung des Trends „Nutzen statt Besitzen“, Förderung einer neuen Mobilitätskultur, Förderung der Nahmobilität, Entlastung im ruhenden Verkehr, bezahlbare Mobilität für alle, Einsatz CO_2-neutraler Antriebe und Entlastung bei Schadstoffemissionen durch Verkehrsreduktion.

2 Unsere Vision: Mehr Berliner/inne/n ein Leben ohne eigenes Auto ermöglichen

Berlin wächst – und damit auch der Verkehr. Wir haben eine Vision: Mit Jelbi wollen wir eine breite Mobilitätsvielfalt bereitstellen, sodass sich immer mehr Menschen für ein „Leben ohne eigenes Auto“ entscheiden können. Dafür ergänzen wir das ÖPNV-Angebot mit den Sharing-Angeboten möglichst aller Anbieter in Berlin. Insgesamt entsteht so ein noch größeres Mobilitätsangebot, indem Fahrzeuge geteilt werden. Wir geben das gute Gefühl, dass der „Verzicht“ auf den vermeintlichen „Alleskönner“ Auto keine Einschränkung bedeutet. Jelbi bietet komfortabel und gebündelt für jeden Mobilitätsbedarf das passende Verkehrsmittel.

Der Senat von Berlin hat sich zum Ziel gesetzt, den CO_2-Ausstoß bis 2030 zu reduzieren. Jelbi leistet einen wichtigen Beitrag zum Klimaziel, zum Umwelt- und Gesundheitsschutz, zur Verkehrssicherheit, zu einer lebenswerteren Stadt, zu mehr Flächeneffizienz und gerechterer Verteilung des öffentlichen Raums, für einen Zugang zur Mobilität für alle Menschen – und damit zu den wesentlichen Zielen des Berliner Mobilitätsgesetztes (MobG BE 2018).

Abb. 3: Mission von Jelbi
Eigene Darstellung, BVG

3 Unser Produkt Jelbi

Jelbi besteht aus vier Ebenen: Öffentlich sichtbar sind die Jelbi-Standorte, digital gebündelt sind alle Angebote in der Jelbi-App, abrechenbar ist alles mit einem Mobilitätsbudget, das wir mit ersten Arbeitgebern und Wohnungsbaugesellschaften erproben. Vertraglich verbunden sind die Angebote über das Partnerbündnis, für das inzwischen fast alle Sharing-Anbieter formal Interesse bekundet haben.

Abb. 4: Vier Ebenen: App, Standorte, Mobilitätsbudget und Partnerbündnis
Eigene Darstellung, BVG

Durch die komplette Integration der ÖPNV- und Sharing-Angebote in die Jelbi-App wird das ganz einfach und komfortabel buchbar. Dazu kann – sofern vorhanden – der bestehende BVG-Login genutzt werden (Single-Sign-On) oder man muss sich erstmals registrieren. Durch die Tiefenintegration der Sharing-Angebote (Level 4) können die verfügbaren Fahrzeuge direkt gebucht und bezahlt werden – ohne Absprung in die native App des Sharing-Anbieters.

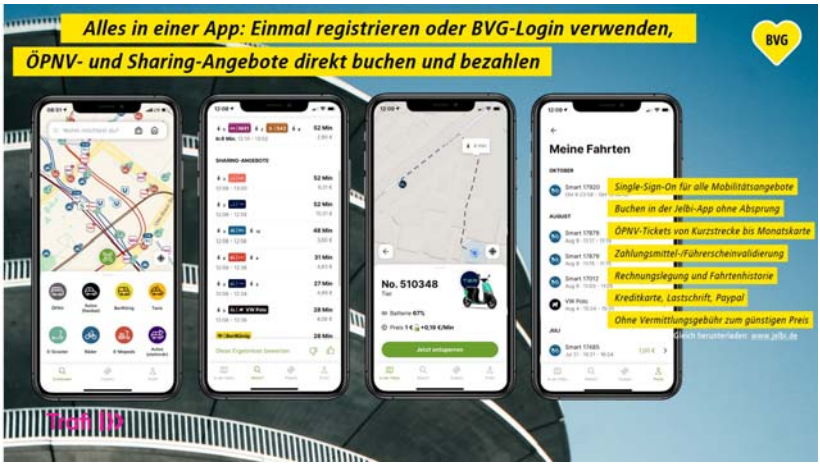


Abb. 5: Screenshots zur Funktionalität der Jelbi-App

Eigene Darstellung, BVG

Mit dieser Angebotsvielfalt bietet Jelbi so viel Mobilität wie nie zuvor: Obwohl wir erst am Anfang stehen, sind aktuell schon über 30.000 Fahrzeuge integriert. Damit sind wir die vermutlich größte Mobilitäts-App europaweit mit dieser tiefen Integration.

Dabei haben wir von Anfang an auf Kooperationen gesetzt: Unter diesem Dach haben wir nicht nur über 25 Mobilitätspartner vereint, sondern auch über 15 Flächenpartner und natürlich unseren Softwarepartner Trafi. In dieser Partnerschaft stellen wir als BVG die Plattform Jelbi zur Verfügung, auf der sich die Mobilitätspartner integrieren.

Hierbei arbeiten wir anbieteroffen, um den Kund/inn/en die größtmögliche Auswahl zu bieten. Integrierte Partner können unsere Jelbi-Stationen als Umschlagepunkte nutzen. Diese errichten wir mit Flächenpartnern wie der Gewobag, Aral, Apcoa, Drivery oder der Charité. So kommen die Mobili-

tätsangebote direkt zu den Mieter/inne/n und Mitarbeitenden vor die Haustür bzw. zum Arbeitsplatz. Gemeinsam schaffen wir es, mehr Menschen ein „Leben ohne eigenes Auto zu ermöglichen“ – auch außerhalb des S-Bahnrings.

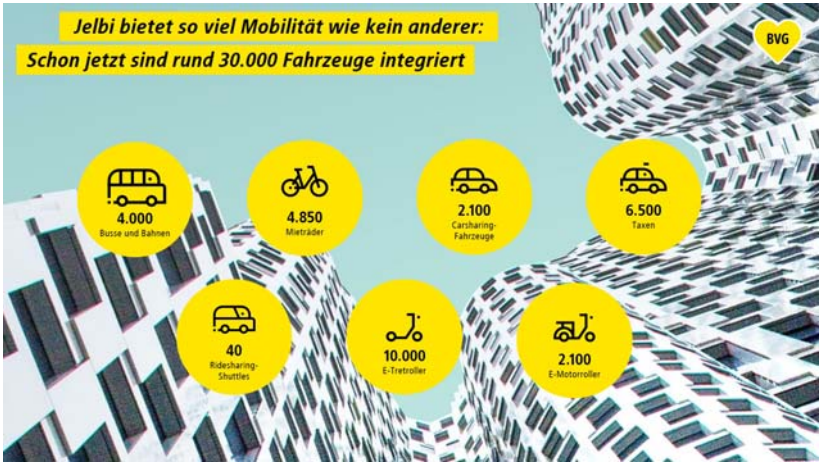


Abb. 6: Anzahl verfügbarer Fahrzeuge und Anbieter bei Jelbi

Eigene Darstellung, BVG

4 Jelbi-Stationen bündeln Sharing-Angebote an Bahnhöfen und Haltestellen

Zur besseren Vernetzung der Mobilitätsangebote errichtet die BVG Jelbi-Stationen und -Punkte (Mobilitätsstationen) mit Stellflächen für Sharing-Fahrzeuge. Jelbi-Stationen und -Punkte unterscheiden sich auf Basis ihrer Größe, Ausstattung und Lage (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Sharing-Angebote auf Jelbi-Station und Jelbi- Punkte im Vergleich

Jelbi-Station	Jelbi-Punkt
Stellplätze für Bikesharing, E-Scooter-Sharing und E-Moped-Sharing (Mikromobilität)	Stellplätze für Bikesharing, E-Scooter-Sharing und E-Moped-Sharing (Mikromobilität)
Stellplätze für stationäres und flexibles Carsharing	-------

Eigene Darstellung, BVG

Aus einer Hand buchbar sind vorgenannte Mobilitätsangebote über die Jelbi-App (Mobility-as-a-Service-Lösung). Diese Plattform ermöglicht es den Kunden, verkehrsträgerübergreifend den für sie situationsbezogenen, optimalen Mobilitätsmix für Wege innerhalb der Stadt Berlin zu ermitteln, zu buchen und zu bezahlen. Die BVG ist Plattformbetreiberin und versteht sich als die Vermittlerin von Mobilitätsangeboten über die Plattform.

Die Planung von Jelbi-Stationen und -Punkten erfolgt anhand der im Folgenden beschriebenen Ziele und des Standortkonzeptes. Je nach den identifizierten Nachfrageschwerpunkten (z.B. Nachfrage-Hotspots wie Bahnhöfe, Einkaufszentren, Oberschulen, Freizeiteinrichtungen) oder Ergänzungspotenzial im lokalen Mobilitätsangebot (z.B. Lücken im ÖPNV-Angebot) wird die Entscheidung über die Anzahl und die Ausstattung (Jelbi-Station oder -Punkt) getroffen. Im Sinne einer Verstärkung der positiven Netzwirkung sind Jelbi-Punkte – insbesondere innerhalb von Jelbi-Clustern – eine sinnvolle Ergänzung.

Abb. 7: Prinzipskizze einer Jelbi-Station

Eigene Darstellung, BVG

5 Jelbi-Erprobung 2020 bis 2025

Jelbi-Stationen werden gemeinsam mit der Senatsverwaltung Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK) über den BVG-Verkehrsvertrag 2020–2025 erprobt und ihre Wirksamkeit zum Mobilitätswende evaluiert. Dafür

werden mehrere Jelbi-Netze vor allem in neuen Stadtquartieren (gemäß Stadtentwicklungsplan Wohnen) und Zukunftsorten (gemäß Senatsverwaltung Wirtschaft, Energie und Betriebe [SenWEB]) gesucht, um dort Cluster aus Jelbi-Stationen und Jelbi-Punkten zu errichten: An S + U-Bahnhöfen, an größeren Neubauten und Arbeitsplätzen, und an Nachfrage-Hotspots wie Einkaufs-, Kultur- oder Freizeiteinrichtungen etc. So, wie das erste Jelbi-Netz Waerkant/Haselhorst Ende 2020 in Spandau startete.

Die Sharing-Anbieter aus dem Jelbi-Bündnis sorgen für ein vielfältiges Mobilitätsangebot. Gemeinsam mit den Standortpartnern vor Ort (vor allem Wohnungsbaugesellschaften, Projektentwickler, Einzelhandel, große Arbeitgeber oder Einrichtungen etc.) laufen Kommunikationskampagnen, um ihren Beschäftigten, Mieter/inne/n und Kund/inn/en diese Mobilitätsvielfalt aus ÖPNV, Sharing und Taxi nahezubringen – als Alternative zum eigenen Auto. Parallel laufen ein Monitoring und eine Marktforschung, die das Mobilitätsverhalten und den Beitrag zu den Zielen des Mobilitätsgesetzes (siehe unten) überprüfen. In 2025 wird über die Fortsetzung entschieden.

6 Identifizierte Erfolgsfaktoren

Die erste Jelbi-Station – und damit die erste Mobilitätsstation Berlins – wurde im April 2019 am U-Bahnhof Prinzenstraße eröffnet. Die konzeptuelle *Bündelung von Jelbi-Standorten mit der tiefenintegrierten Buchungs-App* hilft uns dabei, das Versprechen des „einfachen Zugangs zu geteilter Mobilität" entlang des gesamten Kundenerlebnisses zu halten. Ebenso wird zunehmend deutlich, dass die begleitende *Regulierung von Mobilität* im städtischen Raum, z. B. des Pkw-Verkehrs im Sinne des Modalshift (Push-Maßnahmen), um die hohe Attraktivität des Autofahrens zu reduzieren, großes Wirkpotenzial im Hinblick auf die Akzeptanz und Nutzung von Mobilitätsstationen entfalten kann.

Aus den individuellen Situationen jeder Jelbi-Station und damit verbunden unterschiedlichen Nutzungszahlen haben wir inzwischen einige Erfolgsfaktoren zur geeigneten Standortwahl identifiziert. Hierin sind auch Nutzer/innen-Feedbacks aus Befragungen, Marktforschungen und Workshops eingeflossen.

So wirkt sich eine *hohe Sichtbarkeit des Standortes im Straßenland*, wie beispielsweise an der Jelbi-Station U Nollendorfplatz, positiv auf die Nutzung aus, da die Station so von Nutzer/inne/n besser als Mobilitätsalternative wahrgenommen und dementsprechend auch genutzt wird. Die Sichtbarkeit wird, zusätzlich zur günstigeren Lage am ÖPNV und Positionierung

direkt an Straßen/Kreuzungen u. a. durch auffällige Farbgebung und Stadtmöbel gefördert.

Auch die *Standortwahl an hochfrequenten ÖPNV-Knotenpunkten*, wie beispielsweise der Jelbi-Station S + U Schönhauser Allee, begünstigt intensive Nutzung, da es sich hierbei oft um Umsteigeknoten handelt, von denen aus sich Menschen sternförmig in die Innenstadt bewegen. Hier bieten Sharing-Angebote attraktive Alternativen, um beispielsweise längere Fußwege zwischen Knotenpunkt und eigentlichem Ziel schneller zurücklegen zu können.

Hohe Nutzerzahlen lassen sich vor allem auch in *bestehenden „City-Quartieren"* mit hohem Parkdruck, geringem Pkw-Besitz und sharingaffiner Soziodemografie, wie z. B. an der Jelbi-Station U Prinzenstraße, verzeichnen. Wenn der Altersdurchschnitt tendenziell unter 40 Jahren liegt, werden Sharing-Angebote generell bereits stärker genutzt, die Nutzungsbarrieren sind somit geringer. Außerdem hat das „eigene Auto" in solchen Kiezen in der Vergangenheit auch auf Basis steigender Flächenkonkurrenz deutlich an Attraktivität verloren.

Aber auch die Standortwahl nah an *Quellmärkten und autoarmen Quartieren*, z. B. an den Jelbi-Stationen U Ullsteinstraße oder Daumstraße/Rhenaniastraße, wirkt sich positiv auf die Nutzungszahlen aus. Hierzu zählen unter anderem Standorte an Supermärkten, Arbeitsplätzen und Wohngebieten. Hier schafft Jelbi zum einen Mobilitätsalternativen an Orten, an denen Anwohner aufgrund von Platzmangel kein eigenes Auto mehr besitzen können, bietet zum anderen Mobilitäts-Alternativen zur Schließung von Lücken im ÖPNV und fördert gleichzeitig den Zulauf zum Umweltverbund.

Nachfrageaktivierende Maßnahmen mit lokalen Partnerschaften, Anwohner/innen-Kommunikation oder Rabattaktionen helfen dabei, die Nutzung des Standortes „hochzufahren". Da es sich bei Jelbi um ein recht junges Angebot handelt, haben Werbemaßnahmen für Neukund/inn/en große Wirkkraft und tragen stark dazu bei, dass das Angebot schneller bekannt und angenommen wird.

Nicht zuletzt wirkt sich eine *hohe Genehmigungswahrscheinlichkeit* positiv auf die Bewertung eines Standortes aus. Dies spielt vor allem bei Standorten im öffentlichen Straßenland eine große Rolle, da die Realisierungsgeschwindigkeit maßgeblich davon abhängt.

Im nationalen Vergleich zeigt sich, dass alle großen Mobilitätsstationen im deutschsprachigen Raum auf *hohe Sichtbarkeit*, eigene Markenbildung und individuelles Design setzen, wie auch das MobistaR-Grundlagenpapier zeigt (IGES 2021, S. 25ff.). Im Land Nordrhein-Westfalen wurde ein landes-

weiter Gestaltungsleitfaden (Zukunftsnetzwerk NRW 2019) und in Karlsruhe, Offenbach und Wien sogar ein eigenes Stadtmobiliar entwickelt. Der *Erfolgsfaktor Sichtbarkeit* wird durch vergleichbare Projekte aus anderen Städten bestätigt. Im Rahmen des BMU-Forschungsprojektes zu Mobilitätsstationen in der kommunalen Praxis wurden die Wiedererkennbarkeit der Stationen und die Schaffung einer Marke als Erfolgsfaktoren identifiziert (Stein/Bauer 2019). Einige Beispiele zeigen die nachfolgenden Abbildungen.

Abb. 8: Beispiele von Mobilitätsstationen aus anderen Städten
Eigene Darstellung, BVG

Eine Übersicht guter Praxisbeispiele in anderen Städten hat der Verkehrsclub Deutschland (VCD) erstellt (VCD 2021). Dazu eine digitale Infomappe mit Praxistipps und Handlungsempfehlungen für Verwaltungen und Verkehrsunternehmen (Kosok 2017). Aus dem Projekt „WiMobil“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, u. a. mit der Landeshauptstadt München und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt in Berlin, entstand ebenfalls ein Praxisleitfaden für Kommunen (WiMobil 2015). Auch in Hessen entstand ein Praxisleitfaden Carsharing mit Handlungsempfehlungen für Kommunen (Müller et al. 2017). Schon 2015 hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) seine Sonderveröffentlichung Kommunale Handlungsansätze zur Unterstützung neuer Mobilitätsformen herausgegeben (BBSR 2015).

Anhang

Tab. 2: Beitrag von Jelbi zu den verkehrsmittelübergreifenden Zielen, in Anlehnung an die verkehrspolitischen Pläne der Stadt Berlin

Verkehrsmittelübergreifendes Ziel		Mission von Jelbi
§ 3 MobG, StEP MoVe, NVP	Mobilität für alle	Jelbi bringt ein breites Spektrum an Sharing-Mobilität in die äußere Stadt und unterstützt eine autoarme Quartiersentwicklung. So wird mehr Menschen Zugang zu geteilter Mobilität ermöglicht. Zusätzlich dazu investiert Jelbi in barrierefreie Strukturen, sowohl auf den Standorten mit kontrastreichem Pflaster als auch in der App.
§ 4 MobG, StEP MoVe	Menschen- und stadtgerechter Verkehr	Jelbi ermöglicht ein bedarfsgerechtes Angebot über Mobilitätsvielfalt, steigert die Flächeneffizienz von Mobilität („Mehr Mobilität auf weniger Fläche“) und fördert die Nutzung dieser Mobilitätsalternativen durch Sichtbarkeit im Straßenland.
§ 5 MobG, StEP MoVe, NVP, Luftreinhalteplan	Umweltverbund und Inter- sowie Multimodalität	Jelbi-Kunden nutzen den ÖPNV für Hauptlast und Langstrecke. Zusätzlich bietet Jelbi Sharing-Alternativen, insbesondere für die erste/letzte Meile und besondere Anlässe und fördert so Multi-/Intermodalität. Jelbi-Kunden nutzen außerdem vor allem Zweiräder.
§ 7 MobG, StEP MoVe	Förderung der Stadtentwicklung	Jelbi bringt Mobilitätsvielfalt in autoarme Wohn-/Gewerbegebiete und begrenzt durch Bereitstellung alternativer Angebote den steigenden Pkw-Verkehr und Parkraumbedarf. Außerdem wird ein Ordnungsrahmen gegen „wildes Parken“ von Sharing-Fahrzeugen auf den Gehsteigen geschaffen.
§ 8 MobG, § 9 MobG, Luftreinhalteplan, StEP MoVe	Klima- und Umweltschutz und Minimierung von Gesundheitsbeeinträchtigungen	Jelbi leistet einen Beitrag zur Schadstoff-/Lärmreduktion und zur autoarmen, emissionsfreien, inneren Stadt, indem attraktive, bequem zugängliche Alternativen zum privaten Auto geschaffen werden. Jelbi-Stationen fördern auch die Elektrifizierung von Flotten, indem Ladeinfrastruktur zur Verfügung gestellt wird.
§ 10 MobG, StEP MoVe	Verkehrssicherheit	Jelbi fördert den Modal-Shift von MIV zu ÖPNV/ Umweltverbund. Außerdem werden durch Jelbi-Stationen und Jelbi-Punkte strukturierte physische Rahmen für geteilte Mobilität geschaffen, deren Flächen regelmäßig durch Parkraumbewirtschaftung gesichert werden.

Eigene Darstellung, BVG

Literatur

BBSR (2015): Neue Mobilitätsformen, Mobilitätsstationen und Stadtgestalt. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Abgerufen am 11.02.2021, von https://www.planwerkstadt.de/PDF-Dateien/Veroeffentlichungen/BBSR_Sonderpublikation_Neue_Mobilitaetsformen_final.pdf

BMW AG (Projektleitung WiMobil) (Hg.): WiMobil, Umweltwirkung von E-Carsharing Systemen in urbanen Räumen; Abschlussbericht. 2016. Abgerufen am 30.11.2020, von https://www.erneuerbar-mobil.de/projekte/wimobil

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.): Neue Mobilitätsformen, Mobilitätsstationen und Stadtgestalt; Kommunale Handlungsansätze zur Unterstützung neuer Mobilitätsformen durch die Berücksichtigung gestalterischer Aspekte. 2016. Abgerufen am 30.11.2020, von https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2015/Mobilitaetsformen.html?nn=424178

IGES (2021): Grundlagenpapier für Mobilitätsstationen in städtischen Randlagen. IGES Institut GmbH Berlin (im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz). Berlin. Abgerufen am 15.07.2021, von file:///C:/Users/Admin/AppData/Local/Temp/mobistar_grundlagenpapier_iges.pdf

Kosok, P. (2017): Multimodal unterwegs: Handlungsleitfaden zur Umsetzung multimodaler Verkehrsangebote. Berlin. Abgerufen am 30.11.20, von https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Multimodalitaet/Multimodal_unterwegs_-_Digitale_Infomappe_VCD.pdf

MobG BE (2018): Berliner Mobilitätsgesetz (MobG) vom 5. Juli 2018. Abgerufen am 30.11.20, von http://gesetze.berlin.de/jportal/?quelle=jlink&query=MobG+BE&psml=bsbeprod.psml&max=true

Müller, S.; Rau, A.; Reutter, U.; Vogel, J. (2017): Carsharing für die Region Frankfurt Rhein-Main. Handlungsempfehlungen für Kommunen. ivm GmbH (Hg.). Frankfurt. Abgerufen am 30.11.2020, von https://www.ivm-rheinmain.de/wp-content/uploads/201704/20170427_CarSharing_interaktive_Version.pdf

NVP (2019): Nahverkehrsplan Berlin 2019–2023. Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. Berlin. Abgerufen am 30.11.2020, von https://www.berlin.de/sen/uvk/verkehr/verkehrsplanung/oeffentlicher-personennahverkehr/nahverkehrsplan/

StEP MoVe (2021): Stadtentwicklungsplan Mobilität und Verkehr Berlin 2030. Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz:. 2021. Abgerufen am 22.03.2021, von https://www.berlin.de/sen/uvk/verkehr/verkehrspolitik/stadtentwicklungsplan-mobilitaet-und-verkehr/

Stein, T.; Bauer, U. (Hg.) (2019): Mobilitätsstationen in der kommunalen Praxis – Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem BMU-Forschungsprojekt City2Share und weiteren kommunalen Praxisbeispielen. 2. City2Share-Diskussionspapier (Difu-Sonderveröffentlichung). Berlin. Abgerufen am 30.11.2020, von https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Difu_Mobilit%C3%A4tsstationen.pdf

VCD (2021): Good-Practice-Beispiele. VCD (Hg.). Abgerufen am 12.03.2021, von https://www.vcd.org/themen/multimodalitaet/good-practice-beispiele/

WiMobil (2015): Carsharing und Elektromobilität – Ein Praxisleitfaden für Kommunen. Landeshauptstadt München, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hg.): 2015. Abgerufen am 12.03.2021 von https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/wimobil-carsharing-und-elektromobilitaet--ein-praxisleitfaden-fuer-kommunen_1.pdf

Zukunftsnetz Mobilität NRW (Hg.) (2019): Mobilität vernetzen – Mobilstationen in NRW; Gestaltungsleitfaden 2.0. Köln. Abgerufen am 30.11.2020, von file:///C:/Users/Admin/AppData/Local/Temp/2019-mobilnrw-gestaltungsleitfaden-mobilstationen___602a55c0995da.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 81–95*

Marija Agafonova, Jens Gerd Wollenweber

Nachhaltige Mobilität und Verkehr im Vergleich der Länder Deutschland und Kasachstan

1. Einführung

Seit Beginn des zweiten Jahrtausends gewinnen Umweltfragen immer mehr an Bedeutung, da Menschen auf der ganzen Welt verstanden haben, dass ökologische Probleme zu einer globalen Erwärmung führen und das Wohlbefinden aller Lebewesen auf unserem Planeten drastisch beeinträchtigen können. Laut dem Intergovernmental Panel on Climate Change (vgl. IPCC 2018, S. 4) wird geschätzt, dass menschliche Aktivitäten eine globale Erwärmung von etwa 1,0 Kelvin über dem vorindustriellen Niveau verursacht haben. Ferner ist es wahrscheinlich, dass die globale Erwärmung zwischen 2030 und 2052 1,5 Kelvin erreichen wird, wenn sie weiterhin mit der derzeitigen Geschwindigkeit zunimmt.

Die Etablierung des Konzepts der nachhaltigen Verkehrssysteme hat mehrere Meilensteine erlebt. Die Bedeutung des Verkehrs für eine nachhaltige Entwicklung wurde erstmals 1992 auf dem Erdgipfel der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro erkannt und in ihrem konsolidierten Bericht – der Agenda 21 – erwähnt. Schon damals wurde festgestellt, dass die Bedürfnisse des Verkehrssektors ständig zunehmen und die bestehenden Verkehrssysteme überprüft und in effizientere, umweltfreundlichere und sicherere umgestaltet werden müssen (vgl. United Nations Conference on Environment and Development 1992, Kap. 7–9).

Ein großer Schritt zur Begrenzung und Reduzierung der Treibhausgasemissionen wurde durch die Ratifizierung des Kyoto-Protokolls gemacht, das am 16. Februar 2005 in Kraft trat. Das Ziel des Kyoto-Protokolls war es, die gesamten Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um mindestens 5 % unter das Niveau von 1990 zu senken (vgl. United Nations Framework Convention on Climate Change 1997, S. 2).

In Antizipation der Folgen, die in naher Zukunft auftreten können, haben die Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen (UN) im Jahr 2015 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDG) formu-

muliert, in denen den Maßnahmen zum Klimawandel ein zentraler Platz gewidmet ist. Gleichzeitig wurde die Bedeutung der Nachhaltigkeit in Ländern mit weniger entwickelten Volkswirtschaften stark hervorgehoben, da das gleiche Nachhaltigkeitsniveau nicht auf der ganzen Welt aufrechterhalten werden kann (vgl. UN General Assembly 2015, S. 6–7). Aus diesem Grund ist es wichtig, Nachhaltigkeit aus verschiedenen Dimensionen zu untersuchen, insbesondere in Ländern mit Entwicklungs- und Übergangsökonomien, um ein klares Verständnis der aktuellen Situation in der Welt zu erhalten.

Ziel dieses Beitrags ist es, zu untersuchen, inwieweit die nachhaltigen Möglichkeiten von Lieferketten in Ländern mit Transformationsökonomien genutzt werden. Dazu wurde ein Nachhaltigkeitskriterienkatalog am Beispiel von Deutschland als entwickelter Volkswirtschaft erstellt und das Niveau der Nachhaltigkeit in ausgewählten Ländern mit Übergangsökonomien anhand der vorgegebenen Kriterien zu untersuchen.

2. Nachhaltigkeitsdefinitionen

Das Konzept der Nachhaltigkeit wurde erstmalig 1713 von Hans Carl von Carlowitz schriftlich formuliert (vgl. Grober 2013). In der Neuzeit wurde der Begriff 1972 von den Redakteuren der britischen Zeitschrift „the Ecologist“ in ihrem Buch „Blueprint of survival“ im Zusammenhang mit der Zukunft der Menschheit verwendet. Nachhaltigkeit wurde zum ersten Mal als ein Hauptziel der Gesellschaft definiert und diente später als Grundlage für das Konzept der nachhaltigen Entwicklung (vgl. Kidd 1992, S. 12–13).

1978 tauchte der Begriff „Nachhaltigkeit“ erstmals in einem normativen Dokument der UN auf (vgl. Kidd 1992, S. 12). Die Bedeutung dieses Begriffs, wie er heute bekannt ist, wurde jedoch 1987 von der World Commission on the Environment and Development (WCED) formuliert und wurde in den letzten 30 Jahren zur meist zitierten Definition von Nachhaltigkeit. Nach der WCED (WCED 1987, S. 43) ist Nachhaltigkeit

> „eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne die Fähigkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“

Zwei zentrale Konzepte der Nachhaltigkeit sind:

1. „das Konzept der Bedürfnisse, insbesondere der grundlegenden Bedürfnisse der Armen der Welt, denen übergeordnete Priorität eingeräumt werden sollte“, und
2. „die Vorstellung von den Grenzen, die der Stand der Technik und der sozialen Organisation der Fähigkeit der Umwelt auferlegt, gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse zu erfüllen.“

Im Jahr 1994 wurde der Begriff „Triple Bottom Line“ (TBL) von John Elkington eingeführt (vgl. Henriques/Richardson 2004, S. 1). Die allgemeine Idee ist, dass Nachhaltigkeit ein Gleichgewicht zwischen drei Leistungskomponenten darstellt: sozial, ökologisch und ökonomisch (vgl. Carter/Rogers 2008, S. 364). Laut Coffman und Umemoto (vgl. Coffman/Umemoto 2010, S. 5) besteht die Hauptannahme des TBL-Ansatzes darin, dass Organisationen in der Vergangenheit ausschließlich auf ihren Gewinn fokussiert waren. Anstatt aber nur den finanziellen Aspekt zu priorisieren, sollten sie vielmehr ihre ökologischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Auswirkungen gleichwertig behandeln. Auf dieser Grundlage entsteht Nachhaltigkeit als Konzept an der Schnittstelle der ökologischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Komponenten. Der TBL-Ansatz in Bezug auf Nachhaltigkeit ist in Abbildung 1 dargestellt.

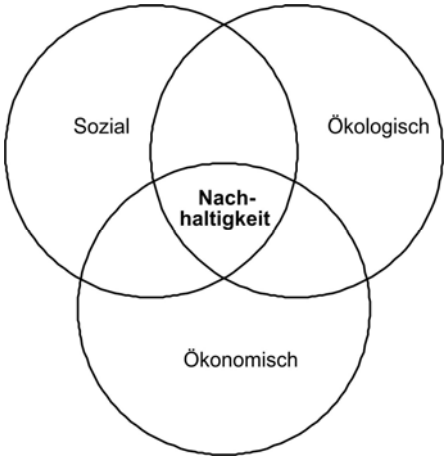


Abb. 1: Nachhaltigkeit: Die Triple-Bottom-Line
(vgl. Carter/Rogers 2008, S. 365)

Eigene Darstellung

3. Kriterienkatalog der Nachhaltigkeit

3.1 Annahmen und Einschränkungen

Ziel der Entwicklung eines Nachhaltigkeitskriterienkatalogs ist es, die Lücke zwischen Industrie- und Schwellenländern aus der Nachhaltigkeitsperspektive unter Berücksichtigung des Verkehrssektors zu bewerten. Der Katalog

soll Trends in der Entwicklung analysieren und Themen identifizieren, die mehr Aufmerksamkeit erfordern. Ziel ist es, einen Kriterienkatalog zu erstellen, der für die meisten Länder anwendbar ist und mit dem deren Nachhaltigkeitsleistung analysiert werden kann.

Es gibt mehrere Annahmen, die bei der Erstellung des Katalogs als Richtschnur verwendet werden. Erstens: Da der Verkehr eine wichtige Rolle in der Wirtschaft eines Landes spielt und erheblich zum BIP beiträgt, wird davon ausgegangen, dass eine bessere Wirtschaftsleistung eines Landes eine besser entwickelte Verkehrsinfrastruktur bedeutet, bei der mehr Wert auf nachhaltige Praktiken und die Reduzierung von Emissionen gelegt wird. Zweitens hat der Straßenverkehr laut der European Environment Agency (vgl. European Environment Agency 2019) den größten Anteil an den Umweltauswirkungen des Verkehrs, nämlich 72 % im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern. Obwohl alle Verkehrsträger im Kriterienkatalog durch spezifische Indikatoren vertreten sind, werden die meisten Indikatoren ausgewählt, um den Aspekt des Straßenverkehrs zu beschreiben. Drittens enthält der Kriterienkatalog nur quantitative Indikatoren, um einen Vergleich zwischen den Ländern zu gewährleisten, da sie als objektiver angesehen werden als qualitative Indikatoren.

Das Indikatorensystem ist so aufgebaut, dass die wichtigsten Indikatoren für die Analyse ausgewählt werden, für die standardisierte Daten für jedes Land verfügbar sind. Die statistischen Daten für die Indikatoren werden für das letzte verfügbare Jahr den offiziellen Stellen eines ausgewählten Landes entnommen. In den Fällen, in denen Daten in nicht standardisierter länderspezifischer Form verfügbar sind, werden internationale Quellen wie die UN, die Weltbank und die OECD bevorzugt, um eine Möglichkeit zu haben, die Leistung verschiedener Länder zu vergleichen.

Die für den Katalog ausgewählten Indikatoren müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Die Indikatoren müssen den oben genannten Annahmen und Einschränkungen entsprechen,
- Werte für Indikatoren müssen aus offiziellen Quellen verfügbar sein,
- Indikatoren sollten nicht länderspezifisch sein.

3.2 Aufbau des Kriterienkatalogs

Der Kriterienkatalog wird mit dem Fokus auf die Entwicklung des Transportsektors sowie auf die Grundlagen der Nachhaltigkeit erstellt. Der Verkehr beeinflusst Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft auf unterschiedliche

Weise. Daher repräsentieren die ausgewählten Indikatoren sowohl die positiven als auch die schädlichen Auswirkungen des Verkehrssektors.

Die Grundstruktur des Kriterienkatalogs besteht aus drei Kernelementen: Nachhaltigkeitsdimension, Kategorien und Indikatoren. Jede Dimension umfasst mehrere Kategorien. Jede Kategorie besteht aus einem oder mehreren Indikatoren. Der Kriterienkatalog basiert auf dem beschriebenen TBL-Ansatz, daher besteht er aus drei Hauptteilen: ökonomische, ökologische und soziale Dimension. Abbildung 2 veranschaulicht die Grundstruktur des Kriterienkatalogs. Für jeden Indikator wird ein wünschenswerter Trend (Richtung) in der Entwicklung angegeben.

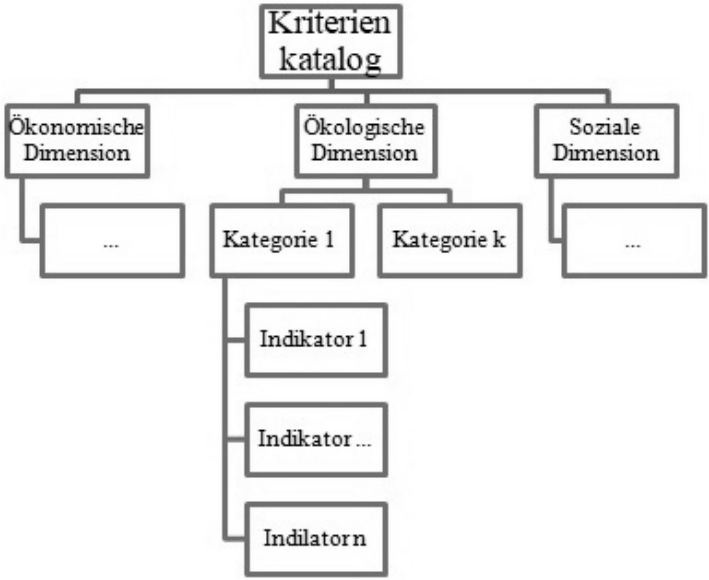


Abb. 2: Struktur des Kriterienkatalogs

Eigene Darstellung

3.3 Auswahl der Indikatoren

Dieses Kapitel ist dem Prozess der Indikatoren-Auswahl für den Kriterienkatalog gewidmet. Alle Indikatoren sind in drei Teile unterteilt: wirtschaftliche, ökologische und soziale Dimension. Jede Dimension umfasst mehrere Kategorien. Zum besseren Verständnis wird die Notwendigkeit jeder Kategorie und der entsprechenden Indikatoren erläutert. Die Maßeinheiten wer-

den für jeden Indikator in Übereinstimmung mit international üblichen Standards definiert, um Daten aus verschiedenen Ländern vergleichen zu können. Bei der Erstellung des Kriterienkatalogs liegt das Hauptaugenmerk darauf, ein Gleichgewicht zwischen einer Anzahl von Indikatoren und statistischen Daten zu finden, die für die Analyse der Situation in einem Land erhoben werden müssen. In den Tabellen 1 bis 3 finden sich die einzelnen Indikatoren unterteilt nach den drei Dimensionen. Die Abkürzungen in der Tabelle sind wie folgt definiert: KAZ Kasachstan; DE Deutschland; RU Russland.

Tab. 1: Indikatoren der wirtschaftlichen Dimension

Kategorie	Indikator	Maßeinheit	Richtung	Gewicht	KAZ	DE	RU
Entwicklung des Transportsektors	Budget Transportsektor	% des Jahresbudgets	+	15	4,9	7,2	4,9
	Anteil Straßen zufriedenstellend	% aller Straßen	+	20	67,8	98,4	61,0
Wirkungsgrad	Energieintensität	MJ/ $	-	20	8,0	4,0	8,0
BIP und Steuerbelastung	Umweltsteuern BIP	%	+	15	1,6	1,8	1,2
	Umweltsteuern Gesamtsteuern	%	+	15	9,2	4,6	6,9
	Verkehr BIP	%	+	15	12,0	16,2	6,8

Eigene Darstellung

Tab. 2: Indikatoren der Umweltdimension

Kategorie	Indikator	Maßeinheit	Richtung	Gewicht	KAZ	DE	RU
Energie-versorgung	Primärenergie aus erneuerbaren Quellen	% von Gesamtenergieversorgung	+	15	3,1	17,5	0,1
Strom-verbrauch	Jährliche Wachstumsrate des Primärenergieverbrauchs	%	-	5	13	-3	3,8
	Primärenergieverbrauch pro Kopf	GJ pro Kopf	-	5	173,8	164,8	209,6
	Anteil des Verkehrs am gesamten Endenergieverbrauch	%	-	5	15	20,5	12
	Verbrauch an erneuerbarer Energie	% des gesamten Endenergieverbrauchs	+	5	1,6	14,2	3,3
Klimawandel	Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der THG-Emissionen ohne LULUCF	%	-	5	2,9	-1,1	0,9
	Durchschnittliches jährliches Wachstum der THG-Nettoemissionen/des THG-Abbaus mit LULUCF	%	-	5	2	-1,1	0,8
	Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der CO2-Emissionen ohne LULUCF (von 1990 bis 2018)	%	-	5	0,5	-1,2	-1,4
	Treibhausgasemissionen ohne LULUCF	kt CO2-Äquivalent	-	5	396.571	858.369	2.220.123
	THG-Nettoemissionen/-abbau mit LULUCF	kt CO2-Äquivalent	-	5	401.886	831.437	1.629.550
	Gesamt-THG-Emissionen pro Kopf	Tonnen CO2-Äquivalent pro Person	-	5	13,3	8,6	9,6
	Treibhausgasemissionen nach Transportsektor	% der gesamten THG-Emissionen	-	5	7,9	22,7	14,5
	Veränderung der Treibhausgasemissionen nach Verkehrssektor (1990 bis 2018)	%	-	5	17,1	-0,8	-20,7
Einsatz von PKWs	Anteil der Benzin-Pkw an der Gesamtzahl der Pkw	%	-	5	89	65,9	84
	Anteil der Elektroautos an der Gesamtzahl der Personenkraftwagen	%	+	5	0,02	0,3	0,01
	Anteil der Autos, die älter als 10 Jahre sind, an der Gesamtzahl der Personenkraftwagen	%	-	5	64,5	40,2	58
Landnutzung	Grundstücke für Transporteinrichtungen	km2	-	5	5.100	18.047	5.483
	Anteil der für den Verkehr genutzten Fläche am Gesamtgebiet	%	-	5	1,6	5,1	2,7

Eigene Darstellung

Tab. 3: Indikatoren der sozialen Dimension

Kategorie	Indikator	Maßeinheit	Richtung	Gewicht	KAZ	DE	RU
Gesundheit	Sterblichkeitsrate bei Atemwegserkrankungen	Anzahl der Todesfälle pro 100.000 Personen	-	20	36,5	20,0	47,0
Sicherheit	Rate der Verkehrstoten	Anzahl der Todesfälle pro 100.000 Einwohner	-	20	13,2	3,9	18,9
Qualität der Verkehrs-infrastruktur	Qualität der Straßen	Skala von 1 bis 7	+	20	3,1	5,7	2,9
	Qualität der Eisenbahninfrastruktur	Skala von 1 bis 7	+	20	4,2	5,6	4,6
	Qualität der Luftverkehrsinfrastruktur	Skala von 1 bis 7	+	20	4,0	6,0	4,6

Eigene Darstellung

3.4 Standardisierung und Gewichtung

Die Standardisierung von Variablen ist unerlässlich, um Daten aus verschiedenen Ländern vergleichen zu können. Variablen für jeden Indikator haben unterschiedliche Maßeinheiten. Indikatoren haben unterschiedliche gewünschte Trends. Es wurde daher die Methode „Abstand zum Spitzenreiter" verwendet, um Variablen zu standardisieren. Dies bedeutet, dass ein Land, das die beste Leistung für einen bestimmten Indikator hat, 100 % erhält, und ein anderes Land wird in Prozentpunkten vom Spitzenreiter entfernt eingestuft.

Im letzten Schritt müssen die Werte gewichtet werden, um das Gesamtbild einer Situation zu erhalten und eine Lücke in der nachhaltigen Entwicklung zwischen den Ländern zu bestimmen. Um den theoretischen Rahmen zu unterstützen und den TBL-Ansatz für den Kriterienkatalog anzuwenden, werden die Nachhaltigkeitsdimensionen mit einer gleichen Anzahl von Maximalpunkten versehen.

Der gewichtete Score für jedes Land wird gemäß den beschriebenen Schritten ermittelt. Die für jeden Indikator ermittelte maximale Punktzahl in Bezug auf die Dimension finden sich wiederum in den Tabellen 1, 2 und 3.

4. Verkehrsinfrastruktur in Kasachstan

Zur Illustration der Bewertungen im Nachhaltigkeitskatalog wird die Verkehrsinfrastruktur Kasachstans exemplarisch untersucht. Diese umfasst alle Verkehrsträger: 16.600 km Eisenbahnen, 96.200 km Straßen, 4.100 km Binnenwasserstraßen und 23.300 km Pipelines. Die Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur wurde von der kasachischen Regierung in einem Programm namens „Strategie Kasachstan 2050" als strategisches Ziel definiert.

Dieses Programm unterstreicht die Bedeutung der Wiederbelebung der Neuen Seidenstraße durch die Schaffung des Transportkorridors Westeuropa – Westchina.

Bei der Entwicklung des Verkehrssystems in Kasachstan gibt es einige Besonderheiten. Erstens führt das große Territorium des Landes – von Ost nach West 3.000km, von Nord nach Süd 1.700km – zu einer langen Transportzeit für Passagiere und Güter sowie zur Schwierigkeit einer landesweit gleichmäßig entwickelten Verkehrsinfrastrukturabdeckung. Unter diesem Gesichtspunkt ist das Verkehrssystem in Kasachstan ungleichmäßig entwickelt. Besonderes Augenmerk sollte auf die Entwicklung der ländlichen Gebiete und der Territorien mit geringer Bevölkerungsdichte (West- und Zentralkasachstan) gelegt werden (vgl. Mozharova 2011, S. 25). Zweitens: Da der Übergang von der zentralen Planwirtschaft zur Marktwirtschaft in Kasachstan noch im Gange ist, sind die Modernisierungsprozesse noch nicht gut organisiert. Daher sind die Bauarbeiten an der Verkehrsinfrastruktur langsam und basieren eher auf bestehenden Bedürfnissen als auf langfristigen Plänen und Erwartungen. Drittens hängt die Wirtschaft Kasachstans stark von der Rohstoffgewinnung ab, was den Transport großer Mengen von Gütern über weite Strecken erfordert. Viertens: Kasachstan ist ein Binnenland und hat daher keinen Zugang zu Seehäfen. Folglich befinden sich die Hauptrouten auf dem Landgebiet des Landes. Sie werden als regionale und transkontinentale Routen klassifiziert (vgl. Institute of Economic Forecasting RAS, 2012, S. 43).

Der Transportsektor entwickelt sich in Kasachstan rasant. Laut dem Amt für nationale Statistik Kasachstans (vgl. 2018a) betrug der Anteil des Verkehrs am BIP im Jahr 2018 12 % und steigt jedes Jahr. Zum Vergleich: 2011 lag er noch bei 7,5 %. Auch bei der Beschäftigung spielt die Transportbranche eine große Rolle. Laut dem Amt für nationale Statistik Kasachstans (vgl. 2018b) waren 2018 291.700 Menschen in Transportunternehmen beschäftigt. Bemerkenswert ist, dass die Transportbranche in Kasachstan ein hohes Maß an Beschäftigung von Einzelunternehmern aufweist, die sich mit dem Transport von Waren und Personen beschäftigen.

Die Anzahl der Transporteinheiten ist in den letzten zwei Jahrzehnten erheblich gewachsen. Seit dem Jahr 2000 hat sich die Zahl der zugelassenen Pkw verdreifacht und die Zahl der schweren Nutzfahrzeuge verdoppelt. Allerdings sind etwa 65 % der Kraftfahrzeuge älter als zehn Jahre. Dies führt zu hohen Reparaturkosten für die Transportunternehmen, mindert die Qualität der erbrachten Dienstleistungen und hat negative Auswirkungen auf die Umwelt.

Nahezu 99 % des Personenverkehrs und 84 % des Güterverkehrs entfallen auf den Straßenverkehr in Kasachstan. Um eine nachhaltige Verkehrsinfrastruktur für den Straßentransport zu entwickeln, müssen jedoch eine Menge Probleme gelöst werden. Eines der Hauptprobleme ist das System des öffentlichen Verkehrs, das vor allem in den ländlichen Regionen noch sehr unausgereift ist. Ein System der regionalen Personenbeförderung existiert fast nicht. Keiner der vorhandenen Busbahnhöfe und Terminals entspricht den bestehenden Anforderungen und Standards, was zu einer hohen Nachfrage nach illegalen Taxis in der Bevölkerung führt.

Die Verkehrskorridore Kasachstans sind von strategischer Bedeutung und spielen eine entscheidende Rolle, um das Transitpotenzial des Landes zu erhöhen (Abb. 3). Derzeit verlaufen mehrere internationale Transportkorridore durch Kasachstan (vgl. Regierung Kasachstan 2021; Humbatov/Sari 2017, S. 84):

- Der Nordkorridor der Transasiatischen Eisenbahn (TAR), der Westeuropa über Russland mit China, Korea und Japan verbindet. Auf dem Territorium von Kasachstan, über Dostyk/Khorgos – Aktogay – Sayak – Mointy – Nursultan – Petropavlovsk.
- Der südliche Korridor der TAR. Er verbindet Südosteuropa mit China und Südostasien und führt durch die Türkei, den Iran und andere zentralasiatische Länder. Auf dem Territorium von Kasachstan verläuft er über Dostyk/Khorgos – Almaty – Shu – Arys –Saryagash.
- Der zentrale Korridor der TAR. Er verbindet Zentralasien mit Nordwesteuropa. Er ist wichtig für den regionalen Transitverkehr, denn rund 60 % des Hauptgüterverkehrs, der per Bahntransport durch Kasachstan geht, fällt auf diesen Korridor.
- Transportkorridor Europa-Kaukasus-Asien (TRACECA). Er verbindet Osteuropa mit Zentralasien durch das Schwarze Meer, den Kaukasus und das Kaspische Meer.
- Internationaler Straßenkorridor „Westeuropa – Westchina“. Sein Zweck ist es, die Neue Seidenstraße wiederzubeleben und den asiatischen mit dem europäischen Kontinent zu verbinden.

Aufgrund der Lage Kasachstans zwischen zwei der größten Handelspartner – China und der EU – wird der Entwicklung des Logistiksystems des Landes große Aufmerksamkeit geschenkt. Laut Eurostat (vgl. Eurostat 2020) betrugen die gesamten EU-Importe aus China im Jahr 2019 361 Mrd. Euro. Der Anteil Kasachstans an der Bereitstellung des Transits dieses Frachtvo-

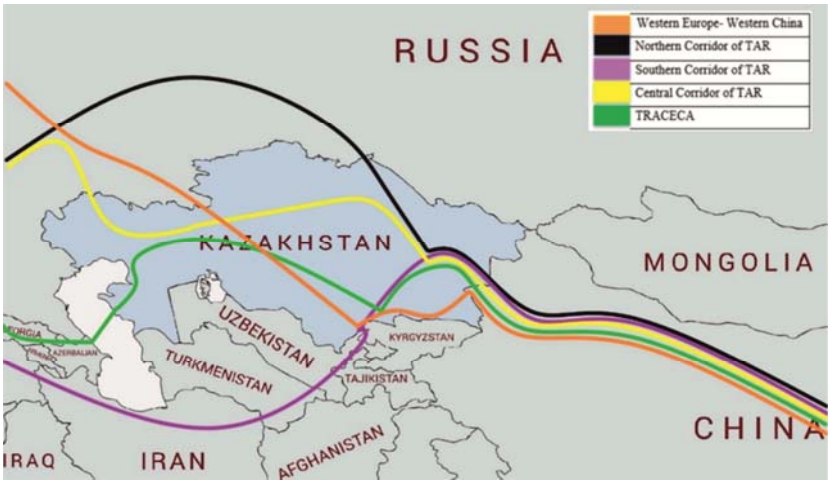


Abb. 3: Transportkorridore von Kasachstan (vgl. Regierung von Kasachstan, 2021; Humbatov/Sari, 2017, S. 84)

Eigene Darstellung

lumens ist jedoch unbedeutend. Die meisten Importe aus China in die EU erfolgen auf dem Seeweg durch den Suezkanal. Es gibt mehrere Gründe für die Unbeliebtheit der kasachischen Korridore, wie z. B. das Fehlen eines systematischen Managements der Korridore, eine unausgereifte Transportinfrastruktur und ein niedriges Niveau der Logistikdienstleistungen. Obwohl das Fernstraßennetz in Kasachstan größtenteils ausgebaut ist, gibt es noch viele Straßen in einem unbefriedigenden Zustand. Dies führt zu einer längeren Transportdauer, höheren operativen Kosten und einer erhöhten Unfallrate.

5. Anwendung und Interpretation der Ergebnisse

Die jeweiligen Einzelbewertungen der Indikatoren finden sich in den Tabellen 1–3. Zur endgültigen Auswertung wurden die Werte wie beschrieben standardisiert und gewichtet. Die Punktwerte für jede Dimension zusammengefasst und sind in Abbildung 4 dargestellt. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass der kleinste Abstand zwischen Kasachstan und Deutschland 19 Prozentpunkte (PP) in der wirtschaftlichen Dimension ausmacht und der größte Abstand zwischen den beiden Ländern 43 PP in der sozialen Dimension umfasst. Im Gegensatz dazu ist die größte Lücke zwischen Russland und Kasachstan in der sozialen Dimension und umfasst 15 Prozentpunkte,

während die Unterschiede zwischen den Ländern in anderen Dimensionen meist nicht signifikant sind.

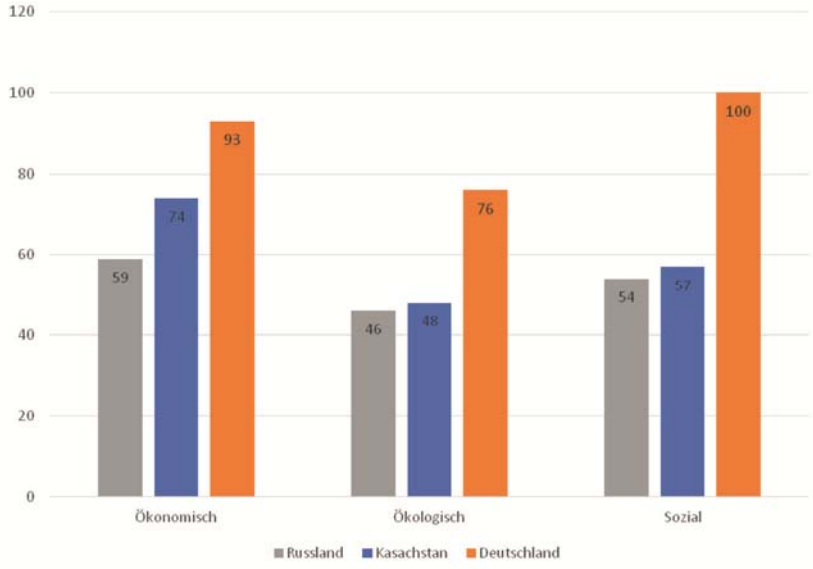


Abb. 4: Endgültig gewichtete Punktzahl pro Dimension

Eigene Darstellung

Wenn man jede spezifische Dimension einzeln betrachtet, kann man sehen, dass der Gesamtunterschied, zwischen den Transformations- und den Industrieländern in der wirtschaftlichen Dimension gering ist, verglichen mit dem Unterschied in der sozialen Dimension, der für Kasachstan und Russland 19 Pp. bzw. 34 Pp. im Vergleich zu Deutschland ausmacht. Der Unterschied in der Umweltdimension zwischen Kasachstan und Deutschland beträgt 28 pp und zwischen Russland und Deutschland 30 pp. Diese Unterschiede in der Entwicklung der Dimensionen lassen sich damit erklären, dass die Wirtschaftsleistung Kasachstans und Russlands durch den Übergang zur Marktwirtschaft und den Einsatz moderner Technologien jedes Jahr besser wird. Allerdings gibt es noch eine Menge sozialer und ökologischer Probleme, die gelöst werden müssen.

Kasachstan und Russland haben die niedrigste Punktzahl für die soziale Dimension erhalten. Eine Vielzahl von Gründen könnte dieses Ergebnis erklären. Zum einen gibt es keine klare Emissionsregulierung und Auflagen

für die Nutzung von alten Fahrzeugen (vgl. OECD 2017, S. 96). In der Kategorie „Gesundheit" schneiden diese Länder daher nur halb so gut ab wie Deutschland. In Kasachstan und Russland gibt es jährlich 36,5 bzw. 47 Todesfälle pro 100.000 Menschen aufgrund von Atemwegserkrankungen, zudem steigen diese Werte jedes Jahr an. Zweitens ist der Transportvollzug in den Transformationsländern nicht systematisch geregelt. Deshalb gibt es ein niedriges Niveau der Transportsicherheit, wie es aus den Ergebnissen ersichtlich ist. Drittens: Die Wirtschaftsleistung von Kasachstan und Russland schnitt in der Analyse vor allem in der Kategorie „BIP und Steuerbelastung" gut ab. Trotzdem erfordert die Qualität der Verkehrsinfrastruktur höhere Investitionen und die Entwicklung des Verkehrssystems muss strategisch besser geplant werden, basierend auf den langfristigen Zielen.

6. Fazit

Seit den späten 1980er Jahren haben die postsowjetischen Länder bei ihrem Übergang von einer zentralen Planung zu einer Marktwirtschaft dramatische wirtschaftliche Veränderungen durchlaufen. Dieser Prozess dauert nun schon über drei Jahrzehnte an und hat in diesen Ländern verschiedene wirtschaftliche und soziale Probleme verursacht. Dennoch ist der Fortschritt in diesen Jahren nicht stehen geblieben und die Transformationsländer haben es geschafft, ihre Wirtschaft zu stabilisieren, wesentliche Probleme zu lösen und sich in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung zu bewegen.

Die Stufen der nachhaltigen Entwicklung variieren erheblich zwischen den Ländern der Welt. In diesen Beitrag wurde eine detaillierte Analyse durchgeführt, um die Lücke zwischen den Übergangs- und den entwickelten Volkswirtschaften abzuschätzen. Der Fokus der Analyse liegt auf dem Transportaspekt der nachhaltigen Entwicklung. Die Analyse besteht aus einem Musterbeispiel – Deutschland – und zwei ausgewählten Gegenstücken: Kasachstan und Russland.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Kluft zwischen den Transformationsländern und den entwickelten Volkswirtschaften allmählich schließt. Das Wirtschaftswachstum spielt eine wichtige Rolle für die nachhaltige Entwicklung der Transformationsökonomien. Allerdings gehen die wirtschaftlichen Veränderungen schneller vonstatten als die im sozialen Bereich, was zu höheren Wirtschaftszahlen führt. Das bedeutet, dass das Wohlbefinden der Menschen nicht so schnell steigt wie das Wirtschaftswachstum, was auf Kosten der gesellschaftlichen Wohlfahrt geht. Es geht hier hervor, dass die Umwelt- und Sozialdimensionen eine größere Lücke zu

schließen haben, da diesen Dimensionen eine geringere Bedeutung beigemessen wird, während die wirtschaftliche Entwicklung aufgrund der Besonderheiten von Volkswirtschaften im Übergang priorisiert wird. Erstens ist es für solche Länder wichtig, den Übergang zu einer Marktwirtschaft zu vollziehen, da die wirtschaftlichen und politischen Institutionen noch anfällig und verfrüht sind. Zweitens muss die alternative Einnahmequelle für diese Länder definiert und etabliert werden, um die Abhängigkeit von nicht erneuerbaren Ressourcen zu beseitigen. Nachdem der Übergang abgeschlossen ist, können andere Probleme mit Unterstützung der stabilen Wirtschaft gelöst werden. Dies entspricht jedoch nicht der ursprünglichen Idee des TBL-Ansatzes, wonach drei Nachhaltigkeitsdimensionen gleichzeitig entwickelt werden müssen.

Um die Lücke in der nachhaltigen Entwicklung zwischen den Übergangs- und den entwickelten Volkswirtschaften zu schließen, müssen einige Maßnahmen ergriffen werden. Erstens müssen die Umweltvorschriften und -standards überarbeitet und mit Hilfe moderner nachhaltiger Technologien angewendet werden. Zweitens muss von der Bestrafung der Verletzung von Umweltvorschriften zur Förderung nachhaltiger Initiativen und Handlungen übergegangen werden. Es müssen andere Anreize geschaffen werden, um die Einhaltung der Umweltvorschriften zu erzwingen und die Auswirkungen auf die Umwelt zu reduzieren. Drittens müssen die Investitionen in den Transportsektor und moderne Technologien erhöht werden. Die Planung der Verkehrsinfrastruktur muss strategisch und langfristig ausgerichtet sein. Schließlich muss der öffentliche Sektor eng mit dem privaten Sektor zusammenarbeiten und das Investitionsumfeld muss transparenter sein, um mögliche Fehlausgaben zu vermeiden. Wenn man die Ursachen und Folgen der nachhaltigen Entwicklungslücke versteht und lernt, wie man am besten damit umgeht, kann man dazu beitragen, die Lücke zwischen den Übergangs- und den entwickelten Volkswirtschaften zu schließen.

Literatur

Amt für nationale Statistik Kasachstans (2018a): Statistics of national accounts. Available at: https://stat.gov.kz/official/industry/11/statistic/7 [Zugriff am 13. Januar 2021]

Amt für national Statistik Kasachstans (2018b): Transport in the Republic of Kazakhstan. Available at: https://stat.gov.kz/edition/publication/collection [Zugriff am 13. Januar 2021]

Carter, Craig; Rogers, Dale (2008): A framework of sustainable supply chain management: Moving Toward New Theory. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol. 38/No. 5, pp. 360–387. https://doi.org/10.1108/09600030810882816

Coffman, Makema; Umemoto, Karen (2010): The triple-bottom-line: framing of trade-offs in sustainability planning practice. In: Environment, development and sustainability, Vol. 12, pp. 597–610

European Environment Agency (2019): CO_2 emissions from cars: facts and figures. Available at: https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics [accessed 11 January 2021]

Eurostat (2020): China-EU – international trade in goods statistics. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/China-EU_-_international_trade_in_goods_statistics#EU_and_China_in_world_trade_in_goods [Zugriff am 13. Januar 2021]

Grober, Ulrich (2013): Urtexte – Carlowitz und die Quellen unseres Nachhaltigkeitsbegriffs. In: Natur und Landschaft, Heft 2, S. 46

Henriques, Adrien (Hg.): Richardson, Julie (Hg.) (2004): The Triple Bottom Line does it all add up? Introduction. London. Earthscan

Humbatov, Mahir; Sari, Kazim (2017): Turkic Council Countries: Infrastructure, Trade, Logistics and Transportation. Baku. p. 84

Institute of Economic Forecasting RAS. (2012). Transport policy of the Common Economic Space until 2020: time for action. Available at: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/nir/Documents/%D0%9E%D0%A2%D0%A7%D0%95%D0%A2%20(1%20%D1%8D%D1%82%D0%B0%D0%BF).pdf [Zugriff am 2. November 2020]

IPCC. (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf [Zugriff am19. Oktober 2020]

Kidd, Charles (1992): The evolution of sustainability. In: Journal of Agricultural and Environmental Ethics, Vol. 5, pp. 1–26

Mozharova, Valerie (2011): Transport in Kazakhstan: current situation, problems and prospects for development. Almaty. KISI under the President of Kazakhstan, 2011

OECD (2017): Reforming Kazakhstan: Progress, Challenges and Opportunities. Available at: https://www.oecd.org/eurasia/countries/OECD-Eurasia-Reforming-Kazakhstan-EN.pdf [Zugriff am14. Januar 2021]

Regierung Kasachstan (2021): Western Europe – Western China. Available at: https://europe-china.kz/en/links [Zugriff am 11. Januar 2021]

United Nations Conference on Environment and Development (1992): Agenda 21, Rio Declaration, Forest Principles. New York. United Nations

United Nations Framework Convention on Climate Change (1997): The Kyoto Protocol. Kyoto; United Nations

UN General Assembly (2015): Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Available at: https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld [Zugriff am 30. November 2020]

WCED (1987): Our Common Future. New York: Oxford University Press

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 97–110*

Günther Prokop, Jürgen Bönninger, Marcus Mai, Kristian Höpping

Sicherheit des automatisierten Fahrens

Wie macht das automatisierte Fahrzeug seinen Führerschein – „Die Dresdner Methode“

Vorbemerkungen

In der Wirksamkeitsbewertung aktiver Sicherheitsfunktionen und der Risikobewertung automatisierter Fahrfunktionen ist eine reine Resimulation von Unfalldaten unter Einbezug der Funktion längst nicht mehr ausreichend. Da diese Funktionen kritische Verkehrssituationen im Idealfall gar nicht erst entstehen lassen sollen, ist ein wesentlich umfangreicheres Verständnis des heutigen Verkehrs- und Unfallgeschehens notwendig geworden. Ebenso müssen die darauf aufbauenden Bewertungsmethoden die vielfältigen Wechselwirkungen der Verkehrsteilnehmer im Realverkehr abbilden können und eine statistische Aussage für das zukünftige Verkehrs- und Unfallgeschehen liefern. Der Lehrstuhl Kraftfahrzeugtechnik (LKT) der TU Dresden und die *FSD – Zentrale Stelle* haben daher ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten darauf konzentriert, einen durchgängigen Methodenbaukasten für die ganzheitliche Wirksamkeits-/Risikobewertung aktiver Sicherheitsfunktionen und automatisierter Fahrfunktionen zu schaffen: „Die Dresdner Methode“.

Realdaten aus verschiedenen Quellen (Natürliche Fahrdaten, Unfalldaten, Verkehrsbeobachtungen mit Drohnen) werden zunächst durch Fusionsalgorithmen zu einer gemeinsamen Datenbasis zusammengeführt, die mit Hilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz zudem die Ergänzung teils fehlender Informationen zulässt. Die Verkehrssituationen werden hierbei mit Hilfe eigens entwickelter Metriken, die auf der Beherrschbarkeit einer Situation für das menschliche Verkehrsteilnehmerverhalten basieren, aus den Normalverkehrsdaten extrahiert, um den zugrundeliegenden Datenbestand auf das relevante Verkehrsgeschehen zu reduzieren. Für eine nun zu bewertende Funktion werden aus dieser Datenbasis mit Hilfe eigens entwickelter Clusterverfahren repräsentative Testszenarien in einem Szenarienkatalog zusammengestellt, der das Wirkfeld der Funktion in einem abprüfbaren Umfang abdeckt. Dieser Katalog wird anschließend verschiedenen Bewertungs-

methoden zugeführt. Die Sicherheitsbewertung auf makroskopischer Verkehrsebene wird mit Hilfe stochastischer Verkehrsflusssimulationen durchgeführt, die mit Hilfe physio-psychologischer Modelle der Verkehrsteilnehmer ein realistisches, virtuelles Verkehrs- und Unfallgeschehen erzeugen und eine statistische Aussage zur Funktionswirkung liefern. Die Sicherheitsbewertung auf mikroskopischer Verkehrsebene erfolgt hingegen in detaillierten Betrachtungen mit Hilfe von Fahrsimulatoren und Realfahrversuchen.

Dieser im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte aufgebaute Methodenbaukasten bildet ein Instrumentarium, das von der Funktionsentwicklung über die Begutachtung und Genehmigung bis hin zur periodisch-technischen Inspektion sowie Feldüberwachung eingesetzt werden kann. Es stellt die Entwicklungsgrundlage für den Beitrag des LKTs zur Initiative „Sicherheit des vernetzten und automatisierten Straßenverkehrs“ (SivaS) dar, einem gemeinsamen Vorhaben mit der *FSD – Zentrale Stelle* und weiteren Partnern zur Schaffung und Bereitstellung von Bewertungsszenarien und -methoden für die Verkehrssicherheit von morgen.

Präsentation des Vortrags

Nachfolgend werden die Aussagen der Vorbemerkungen an Hand der Präsentation des Vortrags auf dem Kolloquium untersetzt:

Automatisierung ist ein Beitrag zur Sicherheit im Straßenverkehr

State-of-the-art Manövertests (EuroNCAP; Automatic Emergency Braking)

Bei der Automatisierung bleiben Fragen offen

Unfallforscher warnen vor Risiken automatisierten Fahrens

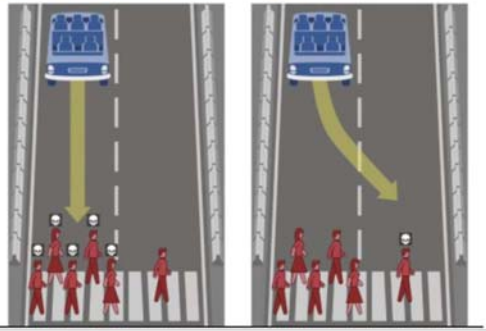
Automatisiertes Fahren ist momentan das Megathema der Mobilität. Auch mit der zunehmenden Verkehrssicherheit wird dabei argumentiert, da Fehler der Fahrer als Unfallursache ausscheiden würden. Siegfried Brockmann, Leiter der Unfallforschung der Versicherer (UDV), warnt allerdings davor, sich kurzfristig zu viele Hoffnungen zu machen: „Der zur Diskussion stehende Zeithorizont ist völlig unrealistisch, da noch auf Jahrzehnte hinaus im Straßenverkehr alle möglichen Mischformen der Fahrerassistenz oder der Automatisierung unterwegs sein werden. Das wird die Risiken eher erhöhen als senken".

weiterlesen ...

Bei der Automatisierung bleiben Fragen offen
Es wird weiterhin Unfälle geben

ungeschützte Verkehrsteilnehmer	physikalische Grenzen	Mischverkehr

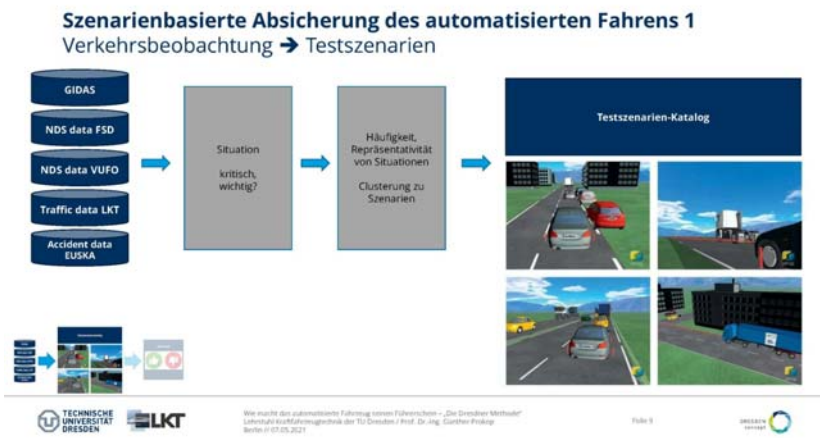
Bei der Automatisierung bleiben Fragen offen
Ethisches Dilemma („The Moral Machine")



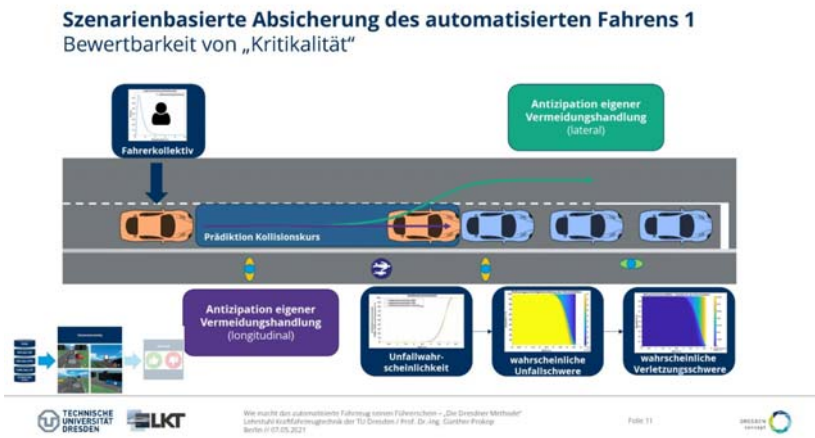
Quelle: Spiegel Online

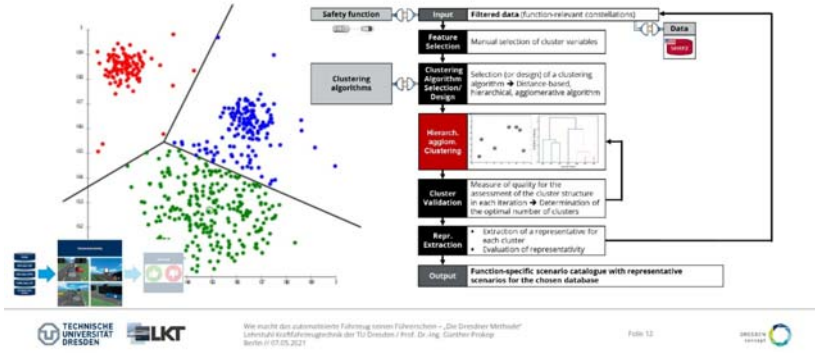
Bei der Automatisierung bleiben Fragen offen
Verantwortlichkeit bei Übergabe der Fahraufgabe
Übergabesituation: wer ist wann verantwortlich für die Fahrzeugführung?
3 s - 40 s
Verantwortung beim Fahrzeug
Verantwortung unklar
Verantwortung beim Fahrer
Zeit
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT

Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens
GIDAS
NDS data FSD
NDS data VUFO
Traffic data LKT
Accident data EUSKA
Testszenarien-Katalog
Bewertung
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT


Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens 1
Verkehrsbeobachtung ➔ Testszenarien
GIDAS
NDS data FSD
NDS data VUFO
Traffic data LKT
Accident data EUSKA
Situation
kritisch, wichtig?
Häufigkeit, Repräsentativität von Situationen
Clusterung zu Szenarien
Testszenarien-Katalog
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT

Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens 1
Verkehrsbeobachtung
GIDAS
NDS data FSD
NDS data VUFO
Traffic data LKT
Accident data EUSKA
3-Wege Kreuzung
4-Wege Kreuzung
Information
80 h
10 h
2,7 h
13 h
Datenbankinhalt:
PKW, LKW, Fahrradfahrer, Fußgänger
Trajektorien inkl. Geschwindigkeit und Beschleunigung
Wetter inkl. Temperatur
Zustand Straßenoberfläche
Besondere Ereignisse
Analyse in Kooperation mit DataFromSky (CZ)
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT


Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens 1
Bewertbarkeit von „Kritikalität“
Fahrerkollektiv
Antizipation eigener Vermeidungshandlung (lateral)
Prädiktion Kollisionskurs
Antizipation eigener Vermeidungshandlung (longitudinal)
Unfallwahr-scheinlichkeit
wahrscheinliche Unfallschwere
wahrscheinliche Verletzungsschwere
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT


Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens 1
Auswahl relevanter Szenarien für die konkrete Funktionsbewertung
Safety function
Input
Filtered data (function-relevant constellations)
Data
Feature Selection
Manual selection of cluster variables
Clustering algorithms
Clustering Algorithm Selection/ Design
Selection (or design) of a clustering algorithm → Distance-based, hierarchical, agglomerative algorithm
Hierarch. agglom. Clustering
Cluster Validation
Measure of quality for the assessment of the cluster structure in each iteration → Determination of the optimal number of clusters
Repr. Extraction
Extraction of a representative for each cluster
Evaluation of representativity
Output
Function-specific scenario catalogue with representative scenarios for the chosen database
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT

Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens 2
Testszenarien ➔ Bewertung
Testszenarien-Katalog
Realitätsnähe
Samplerdurchsatz; Reproduzierbarkeit
Simulation
Fahrsimulator
Vehicle-in-the-Loop
Realfahrversuch
Realfahrt
Fahrer
Fahrzeug
Umwelt
modelliert
real
(bedingt) real
Parametrierung über OpenCRG; OpenDRIVE; OpenSCENARIO
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT
Folie 13

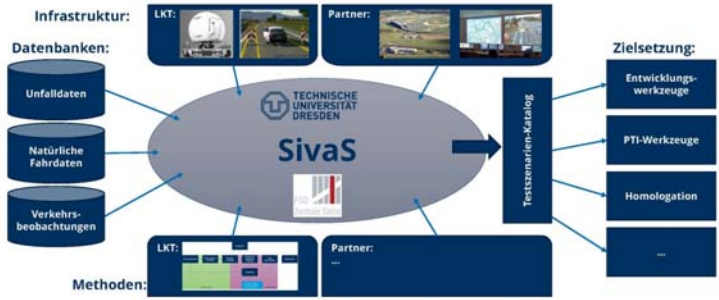
Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens 2
Methodischer Überblick
Realitätsnähe
Samplerdurchsatz; Reproduzierbarkeit
Simulation
Fahrsimulator
Vehicle-in-the-Loop
Realfahrversuch
Realfahrt
Fahrer
Fahrzeug
Umwelt
modelliert
real
(bedingt) real
Parametrierung über OpenCRG; OpenDRIVE; OpenSCENARIO
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT
Folie 14

Szenarienbasierte Absicherung des automatisierten Fahrens 2
Hochimmersiver Fahrsimulator

Bewertungsmethode *Fahrsimulator*
Der hochimmersive Fahrsimulator

Zukünftige Umsetzung

SivaS – Sicherheit des vernetzten und automatisierten Straßenverkehrs



Herausforderung

Prospektive Wirksamkeitsbewertung der Fahrzeugsicherheit

Passive Sicherheit

Bewertbar anhand technischer Eigenschaften des Fahrzeugs:

- Insassenwerte
- Intrusionswerte

Prospektive Bewertung mit Hilfe von Crashtests und -simulationen möglich

Aktive Sicherheit

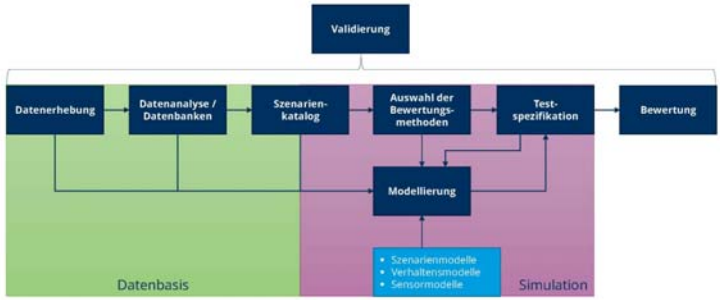
Bewertbar nur unter Berücksichtigung der Einflüsse von **Fahrer** und **Verkehrsumgebung**:

- Unfallwahrscheinlichkeit
- Wahrscheinliche Unfallschwere

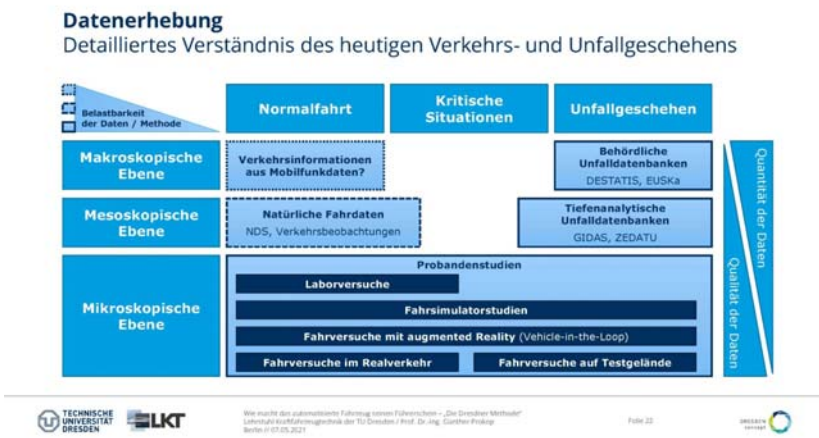
Prospektive Bewertung nach wie vor herausfordernd, da Variabilität des Verhaltens menschlicher Verkehrsteilnehmer schwer quantifizierbar

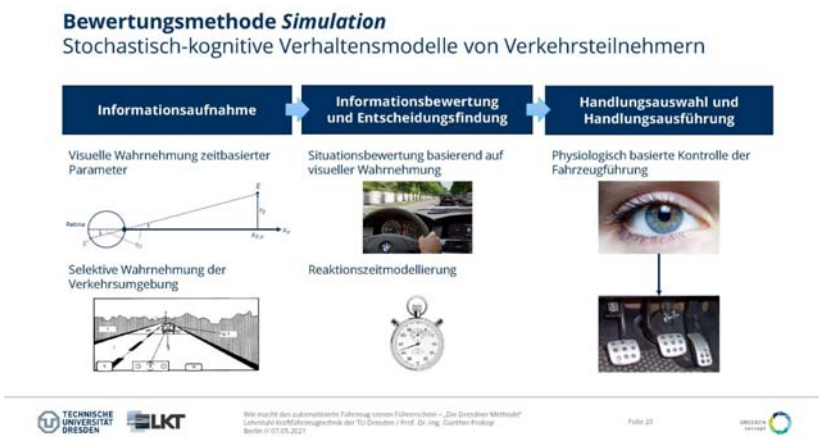
Forderung: „Automatisierte Fahrzeuge müssen mindestens so gut sein wie ein guter menschlicher Fahrer!"

Wie lässt sich das bewerten?
Die Dresdner Methode

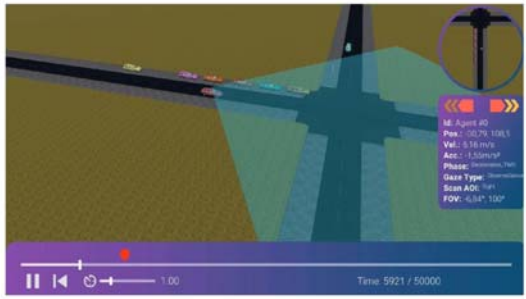


Wie manifestieren sich Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit?
Ebenen der Granularität von Verkehr


Datenerhebung
Detailliertes Verständnis des heutigen Verkehrs- und Unfallgeschehens
Belastbarkeit der Daten / Methode
Normalfahrt
Kritische Situationen
Unfallgeschehen
Makroskopische Ebene
Verkehrsinformationen aus Mobilfunkdaten?
Behördliche Unfalldatenbanken
DESTATIS, EUSKa
Mesoskopische Ebene
Natürliche Fahrdaten
NDS, Verkehrsbeobachtungen
Tiefenanalytische Unfalldatenbanken
GIDAS, ZEDATU
Mikroskopische Ebene
Probandenstudien
Laborversuche
Fahrsimulatorstudien
Fahrversuche mit augmented Reality (Vehicle-in-the-Loop)
Fahrversuche im Realverkehr
Fahrversuche auf Testgelände
Quantität der Daten
Qualität der Daten
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT
Folie 22


Bewertungsmethode Simulation
Stochastisch-kognitive Verhaltensmodelle von Verkehrsteilnehmern
Informationsaufnahme
Informationsbewertung und Entscheidungsfindung
Handlungsauswahl und Handlungsausführung
Visuelle Wahrnehmung zeitbasierter Parameter
Situationsbewertung basierend auf visueller Wahrnehmung
Physiologisch basierte Kontrolle der Fahrzeugführung
Selektive Wahrnehmung der Verkehrsumgebung
Reaktionszeitmodellierung
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LKT
Folie 23

Bewertungsmethode *Simulation*
openPASS-Demonstrator aus dem EU-Projekt AutoDrive (2017-2020)



Bewertungsmethode *Fahrsimulator*
Der hochimmersive Fahrsimulator

Visualisierungsdom
Cockpit
Hexapod (6 Fhg)
Giergelenk (1 Fhg)
Bewegungsplattform (3 Fhg)
Akkumulator
Fahrwerk
Antriebseinheit

Disruptive Fahrsimulator-technologie
Selbstfahrendes Fahrsimulator-konzept
Hochimmersives Fahrempfinden
Entwicklung / Absicherung ADAS und HAF
Fahrzeug-entwicklung

Literatur

Bäumler, M.; Dziuba-Kaiser, L.; Yin, Z.; Lehmann, M.; Prokop, G. (2020): Use information you have never ob-served together: Data fusion as a major step towards realistic traffic scenarios. 23rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems. Rhodos (virtuelle Konferenz auf Grund von COVID-19)

Bönninger, J. (2019): Automatisiertes Fahren – gesellschaftliche Akzeptanz?!. VDI-Expertenforum Berliner Erklärung zur Fahrzeugsicherheit. Berlin. 26 November 2019

Bönninger, J. (2019): Virtuelle Werkzeuge – ist eine hardware-freie Zulassung denkbar?. Keynote speech 12. VDI-Tagung Fahrzeugsicherheit. Berlin. 27 November 2019

Höpping, K.; Bönninger, J. (2020): Approval of automated vehicles. In Proceedings Safety-Week 2020: Auto[nom]Mobil. Würzburg, Germany. 1.–3. September 2020

Lehmann, M.; Bäumler, M.; Prokop, G. (2019): Use of a criticality metric for assessment of critical traffic situations as part of SePIA. 19. Internationales Stuttgarter Symposium. Stuttgart

Mai, M.; Wang, L.; Helmert, T.; Prokop, G. (2015): Numerisches Fahrerverhaltensmodell zur stochastischen Verkehrssimulation für die Evaluierung von Fahrerassistenzsystemen und automatisierten Fahrfunktionen. 7. Tagung Fahrerassistenz. München

Mai, M.; Wang, L.; Prokop, G.. (2019): Advancement of the car following model of Wiedemann on lower velocity ranges for urban traffic simulation. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 61, S. 30–37

Watanabe, H.; Prokop, G. (2020): Cluster-Linkage Analysis in Traffic Data Clustering for Development of Advanced Driver Assistance Systems. 3rd IEEE International Conference on Information and Computer Technologies. San José/CA

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 111–115*

Günter Hörmandinger

Verkehr in der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2050“

Das auf höchster Ebene festgelegte Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 wird umfangreiche Anpassungen in allen Bereichen der Wirtschaft und Gesellschaft erfordern. Ein möglicher Weg dahin wird in einer umfangreichen Studie aufgezeigt, die im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und der Stiftung Klimaneutralität 2020 erarbeitet wurde und die in diesem Vortrag vorgestellt wird (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020).

Deutschland kann sich innerhalb von 30 Jahren zu einer klimaneutralen Nation wandeln und weiter an Wohlstand und Wirtschaftskraft gewinnen. Hierzu bedarf es eines umfassenden Investitionsprogramms, das den Ausbau der Erneuerbaren Energien prioritär vorantreibt, die weitgehende Elektrifizierung von Verkehr, Wärme und Industrie umfasst, die energetische Sanierung fast aller Gebäude beinhaltet und den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur anstößt. In einem ersten Schritt würden die Emissionen bis 2030 um 65 Prozent gegenüber 1990 sinken. Damit würde Deutschland auch seinen Beitrag zu dem erhöhten EU-Klimaziel für 2030 leisten, das von 40 % auf 55 % angehoben worden ist.

Im Verkehr findet eine Trendwende statt. Die persönliche Mobilität soll unangetastet bleiben, aber sie wird sich verändern. Die Menschen werden zukünftig deutlich mehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln sowie mit dem Rad fahren oder gehen zu Fuß. Im Jahr 2030 werden bereits 14 Millionen Elektro-Pkw (inkl. Plug-in-Hybride) im Bestand sein. Güter müssen verstärkt auf der Schiene transportiert und es wird fast ein Drittel der Fahrleistung im Straßengüterverkehr über elektrische Lkw mit Batterien, Oberleitungen und Brennstoffzellen erbracht.

Ein klimaneutrales Deutschland 2050 ist technisch und wirtschaftlich im Rahmen der normalen Investitionszyklen in drei Schritten realisierbar. In einem ersten Schritt sinken die Emissionen bis 2030 um 65 Prozent. Der zweite Schritt nach 2030 ist der vollständige Umstieg auf klimaneutrale Technologien, sodass die Emissionen um 95 Prozent sinken. In einem drit-

ten Schritt werden nicht vermeidbare Restemissionen durch CO_2-Abscheidung und -Ablagerung ausgeglichen.

Der Weg in die Klimaneutralität wird durch ein umfassendes Investitionsprogramm flankiert, vergleichbar mit dem Wirtschaftswunder in den 1950er/60er-Jahren. Kernelemente sind eine Energiewirtschaft auf Basis Erneuerbarer Energien, die weitgehende Elektrifizierung aller Sektoren, die smarte und effiziente Modernisierung des Gebäudebestands sowie der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft für die Industrie. Dies steigert zugleich die Lebensqualität durch weniger Lärm und Luftschadstoffe.

Das als Teil des European Green Deal angepasste deutsche 2030-Klimaziel von minus 65 Prozent Treibhausgase erfordert eine deutliche Beschleunigung der Energie-, Verkehrs- und Wärmewende.

Die Weichen für Klimaneutralität 2050 und minus 65 Prozent Treibhausgase bis 2030 werden in der nächsten Legislaturperiode gestellt. Das Regierungsprogramm nach der Bundestagswahl 2021 ist von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig gestaltet gute Politik den anstehenden Strukturwandel so, dass er inklusiv ist und alle mitnimmt.

Dabei ist Verzicht keine notwendige Voraussetzung für Klimaneutralität: in der Studie steigt die Pro-Kopf-Wohnfläche weiter und die Mobilität bleibt vollumfänglich erhalten. Bei der Ernährung wurden aktuelle Trends fortgeschrieben, wie ein moderat sinkender Milchkonsum, eine Verschiebung des Fleischkonsums hin zu mehr Geflügel sowie ein leichter Anstieg bei Biolebensmitteln. Der Industriestandort Deutschland erhält sein hohes Produktionsniveau. In der Studie wurde ein mittleres Wirtschaftswachstum von 1,3 Prozent pro Jahr angenommen.

Die Methodik der Studie beruht auf drei Säulen.

(1) *Energieeffizienz und Senkung des Energiebedarfs:* Im Zeitraum 2018 bis 2050 halbiert sich der Primärenergieverbrauch, also der Energiegehalt aller in Deutschland direkt oder zur Umwandlung in Sekundärenergieträger genutzten Energieträger. Der Primärenergieverbrauch geht von heute ungefähr 13.000 Petajoule (PJ) auf etwa 6.600 PJ zurück.
(2) *Erneuerbare Stromerzeugung und Elektrifizierung:* Die Bedeutung von Strom nimmt auf dem Weg hin zu einer klimaneutralen Gesellschaft kontinuierlich zu. Strom kann bei vielen Endanwendungen sehr effizient eingesetzt werden. Insbesondere im Verkehr und Wärmemarkt ergeben sich deutliche Vorteile im Vergleich zu Verbrennungsmotoren und Heizkesseln. 960 TWh. Der Stromverbrauch im Jahr 2050 liegt mit 960 TWh um 370 TWh höher als heute. Von dem Anstieg entfallen etwa 160 TWh auf den Verkehr.

(3) *Wasserstoff als Energieträger und Rohstoff:* Die Wasserstoffnachfrage im Jahr 2050 beträgt etwa 270 TWh. Davon werden 31 Prozent in Deutschland herstellt. Der restliche Wasserstoff wird importiert. Der größte Teil des Wasserstoffbedarfs entfällt auf die Stromerzeugung. In Zeiten, in denen eine Residualnachfrage besteht, wird Wasserstoff in Gaskraftwerken als Brennstoff genutzt. Der Wasserstoffeinsatz von 40 TWh im Verkehr erfolgt überwiegend im schweren Güterkehr. Last- und Sattelzüge nutzen den Wasserstoff in Brennstoffzellen als Energieträger. Zu kleineren Anteilen fahren auch leichtere Nutzfahrzeuge mit Wasserstoff.

Im Verkehrsbereich wird das Ziel auf folgende Weise erreicht.

Die persönliche Mobilität soll vollständig erhalten bleiben, aber sie verändert sich. Die Personenverkehrsnachfrage verbleibt insgesamt etwa auf dem heutigen Niveau von 1.200 Mrd. Personenkilometern (Pkm), aber die Menschen werden deutlich mehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln sowie mit dem Rad fahren oder gehen zu Fuß. Durch die geteilte Nutzung von Fahrzeugen steigt die Auslastung und dadurch werden weniger Fahrzeugkilometer zurückgelegt. Die von Bus und Bahn erbrachte Personenverkehrsleistung verdoppelt sich nahezu bis 2035, während die des Pkw bis 2030 um 11 Prozent und bis 2050 um 30 Prozent sinkt.

Die motorisierten Verkehre, die auch 2050 noch einen großen Teil des Verkehrsaufkommens ausmachen, müssen dann klimaneutral betrieben werden und bereits 2030 einen deutlichen Beitrag zur Zielerreichung leisten. Entsprechend wird eine zügige Umwälzung des Pkw-Bestands dadurch erreicht, dass ab 2035 keine verbrennungsmotorischen Antriebe mehr zugelassen werden. Das gilt auch für Plug-in-Hybride. Der Hochlauf der Neuzulassungen von Elektro-Pkw zwischen 2020 und 2035 erfolgt nahezu linear, sodass der Marktanteil elektrifizierter Pkw im Jahr 2030 bereits bei 76 Prozent liegt. Ab dem Jahr 2035 kommen nur mehr Elektro-Pkw auf den Markt. Im Jahr 2030 werden dadurch 14 Millionen Elektro-Pkw (inkl. Plug-in-Hybride) im Bestand sein.

Hinsichtlich des Güterverkehrs wird eine weitere Zunahme von Handelsströmen und Transporten entsprechend der BIP-Entwicklung angenommen. Die Güterverkehrsleistung steigt weiter an und erreicht ausgehend von rund 660 Mrd. Tonnenkilometer (tkm) im Jahr 2016 900 Mrd. tkm im Jahr 2050. Gleichzeitig nimmt der Schienenverkehr bis 2030 stärker zu als der Straßengüterverkehr und erreicht 190 Mrd. tkm bis 2030 und 230 Mrd. tkm bis 2050.

Im Straßengüterverkehr ist die technologische Entwicklung derzeit weniger absehbar als bei den Pkw, bei denen der Trend eindeutig in Richtung

batterieelektrischer Fahrzeuge geht. Für das Lkw-Segment stehen ebenfalls batterieelektrische Fahrzeuge zur Diskussion, aber auch die direkte Elektrifizierung durch Oberleitungen, insbesondere bei den Last- und Sattelzügen. Gleichzeitig wird der Brennstoffzellen-Lkw als Option gesehen, um lange Strecken ohne zeitlich aufwändige Unterbrechungen durch notwendige Ladevorgänge zu absolvieren. Entsprechend dem derzeitigen Stand der Diskussion und vor dem Hintergrund unterschiedlicher Anforderungen an die Reichweiten und Flexibilität wird im Szenario daher langfristig ein Technologiemix angenommen, bei dem rund zwei Drittel der Fahrleistung durch elektrische Lkw – mit Oberleitungen beziehungsweise batterieelektrisch – und ein Drittel durch Brennstoffzellenfahrzeuge erbracht werden. Aufgrund der technologischen Entwicklungsreife kommen die batterieelektrischen Lkw und Oberleitungs-Lkw früher in den Markt als die Brennstoffzellenfahrzeuge und bereits 2030 sind über die Hälfte der Neuzulassungen bei den Lkw elektrisch.

Die Leistung des Schienengüterverkehrs steigt bis 2030 um 44 Prozent, während der Straßengüterverkehr nur geringfügig wächst. Eine Verdopplung des Schienengüterverkehrs sollte angestrebt werden, scheint aber bis 2030 auch hinsichtlich der langen Zeiträume für den Ausbau von Schieneninfrastrukturen nur schwer realisierbar. Im Rahmen der Bewertung der Maßnahmen des Klimaschutzprogramms 2030 (Stand Januar 2020) wird davon ausgegangen, dass bis 2030 182 Mrd. tkm auf der Schiene transportiert werden können. Daher wird eine knappe Verdopplung des Schienengüterverkehrs bis 2050 auf 230 Mrd. tkm angenommen. Bis zum Jahr 2030 werden davon 190 Mrd. tkm realisiert.

Zusätzlich sind CO_2-freie Kraftstoffe im Verkehrssektor notwendig, um diesen langfristig klimaneutral zu gestalten. Aufgrund der Nutzungskonkurrenz vor allem zum Sektor Industrie, bei dem die Biomasse über die gesamte Prozesskette hinweg effizienter eingesetzt werden kann, werden Biokraftstoffe im Verkehr bis 2050 nicht mehr eingesetzt. Um Lock-in-Effekte zu vermeiden, wird der Biokraftstoffeinsatz im Verkehr daher auch bis 2030 nicht über das heutige Niveau hinaus erhöht.

Strombasierte Flüssigkraftstoffe werden als Option für die Dekarbonisierung im Luft- und Seeverkehr eingesetzt, allerdings erst nach 2030 allmählich und bis 2040 zunächst im nationalen Luftverkehr. Da im Jahr 2050 noch geringe Restbestände an Pkw und Lkw mit verbrennungsmotorischen Antrieben (unter anderem Hybride) im Bestand sind, werden auch diese mit strombasierten Flüssigkraftstoffen versorgt. Hinzu kommt der Bedarf an Wasserstoff für die Brennstoffzellen-Lkw.

Mit der hier zitierten neuen Studie wird gezeigt, dass Klimaneutralität auch schon 2045 möglich ist (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021a, 2021b). Dies reduziert die insgesamt freigesetzten Treibhausgasemissionen noch einmal deutlich. Dabei gelten die grundsätzlichen Prämissen der 2050-Studie weiterhin.

Literatur

Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität – https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/KNDE2050/A-EW_195_KNDE_Langfassung_ DE_WEB.pdf

Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021a): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende – https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE_2045/Klimaneutrales-Deutschland-2045.pdf

Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021b): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende – https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE_2045_Langfassung/KNDE2045_Langfassung.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 117–131*

Dietmar Göhlich

Dekarbonisierung des urbanen Verkehrs am Beispiel Berlin

Vorbemerkungen

In Deutschland nähert sich der Anteil erneuerbarer Energien am Strommix zunehmend der 50-Prozent-Marke. Hinsichtlich einer Erreichung der Klimaziele stagnieren die Fortschritte in den Sektoren Wärme und Verkehr dagegen seit Jahren auf niedrigem Niveau. Die in vielen Aspekten durchaus erfolgreiche Energiewende ist bisher hauptsächlich eine „Stromwende". Es fehlt nach wie vor ein Gesamtkonzept, welches diese Stromwende um eine Verkehrswende und eine Wärmewende ergänzt, um eine umfassende Dekarbonisierung in allen Sektoren zu erreichen

Die Elektrifizierung des Verkehrs ist eine einzigartige Chance, Energie- und Verkehrssysteme gemeinsam zu erforschen und Synergien zu nutzen. Das Ziel ist, mit Hilfe neuer technischer Optionen und unter Beteiligung der Zivilgesellschaft die Versorgung mit Strom, Wärme und Verkehr bezahlbar, sicher und vollständig auf Basis der Erneuerbaren Energien zu realisieren. Der Berliner EUREF-Campus dient dabei als Erprobungs- und Referenzquartier, um die Eckwerte einer dezentralen Versorgungswirtschaft für eine nachhaltige Stadtentwicklung zu beschreiben. In sechs Themenfeldern werden sowohl neue Technologiefelder und innovative Geschäftsmodelle eröffnet als auch Akzeptanzforschung und Nachwuchsförderung betrieben. Ein Querschnittsfeld widmet sich dem Betrieb sowie der Verwertung der Ergebnisse in einer gemeinsam getragenen Unternehmung. In diesem Vortrag werden sowohl die Erforschung und Entwicklung neuer Technologie-Optionen als auch die Analyse und Bewertung sozialer Akzeptanz und politischer Rahmenbedingungen sowie die ökonomische Verwertbarkeit der gewonnenen Forschungsergebnisse am Beispiel Berlin behandelt.

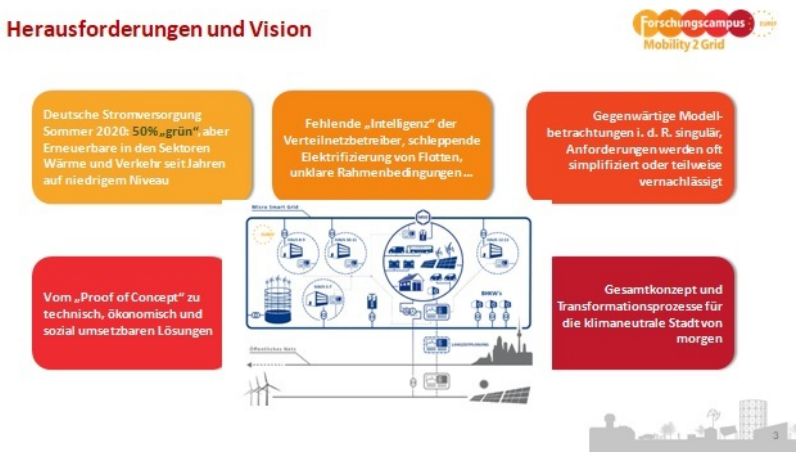
Präsentation des Vortrags

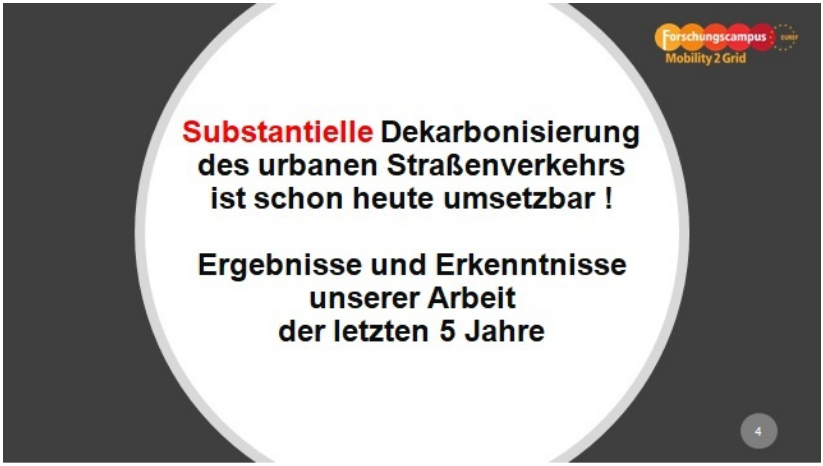
Nachfolgend werden die Aussagen der Vorbemerkungen an Hand der Präsentation des Vortrags auf dem Kolloquium untersetzt:

Agenda

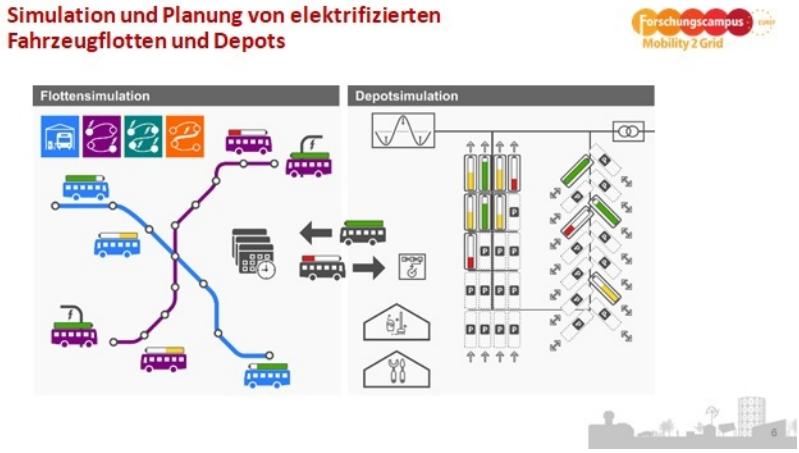
Forschungscampus Mobility 2 Grid

- Herausforderungen und Vision
- Mobiliy2Grid: Ergebnisse und Erkenntnisse der letzten 5 Jahre
- Vollständige Dekarbonisierung des urbanen Straßenverkehrs
- Ausblick: Effiziente und vernetzte Systeme für ein klimaneutrales Berlin

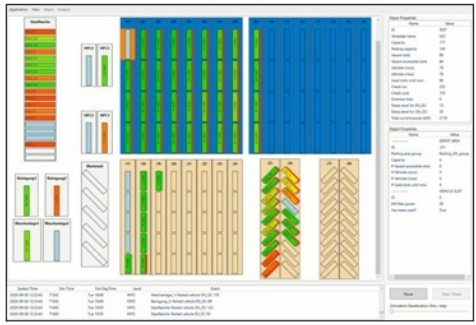

Herausforderungen und Vision
Forschungscampus
Mobility 2 Grid
Deutsche Stromversorgung Sommer 2020: 50% „grün", aber Erneuerbare in den Sektoren Wärme und Verkehr seit Jahren auf niedrigem Niveau
Fehlende „Intelligenz" der Verteilnetzbetreiber, schleppende Elektrifizierung von Flotten, unklare Rahmenbedingungen ...
Gegenwärtige Modellbetrachtungen i. d. R. singulär, Anforderungen werden oft simplifiziert oder teilweise vernachlässigt
Vom „Proof of Concept" zu technisch, ökonomisch und sozial umsetzbaren Lösungen
Gesamtkonzept und Transformationsprozesse für die klimaneutrale Stadt von morgen
3


Forschungscampus
Mobility 2 Grid
Substantielle Dekarbonisierung des urbanen Straßenverkehrs ist schon heute umsetzbar !
Ergebnisse und Erkenntnisse unserer Arbeit der letzten 5 Jahre
4

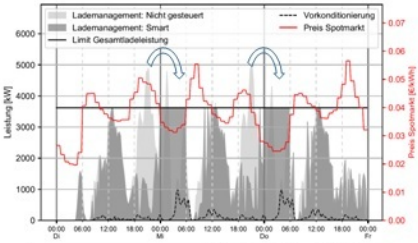
Forschungscampus
Mobility 2 Grid
Beispiel: Bus- und Wirtschaftsverkehr
DACHSER
Intelligent Logistics
5


Simulation und Planung von elektrifizierten Fahrzeugflotten und Depots
Forschungscampus
Mobility 2 Grid
Flottensimulation
Depotsimulation
6

Simulation eines Berliner E-Bus-Depots (24h)



Lade- und Lastmanagementstrategie eines Berliner E-Bus-Depots



		Nicht gesteuert	Smart	Veränderung
Lastspitze	kW	4.941	3.625	−26,63 %
Energie	kWh/Tag	47.389	47.690	0,64 %
Energiebeschaffung[1]	€/Tag	2.051	1.707	−16,78 %
Netzentgelt[13]	€/Tag	1.369	1.131	−17,38 %
Tagesbenutzungsdauer	h/Tag	9,59	13,16	37,23 %

- Reduzierung der Lastspitze um ca. 26 % auf 3.625 kW möglich.
- Keine weitere Reduzierung möglich aufgrund der geringen Ladeflexibilität am Nachmittag.
- Ausnutzung günstiger Zeitintervalle zwischen 0:00 – 06:00 Uhr.
- Kostenreduzierung bei Energiebeschaffung durch zeitvariable Stromtarife und beim Netzentgelt durch Reduzierung des Netzanschlusses möglich.
- Vorkonditionierung kann bis zu 1.000 kW an Leistung benötigen.

Smart Grid Integration einer bi-direktionalen Elektrobus Ladestation

- Integration der E-Bus Ladestation in das Leitsystem des Micro Smart Grids auf dem EUREF-Campus
- Ladeleistung +150kW / -120 kW
- Elektrobus seit April 2018 in den Fahrgastbetrieb (Linie 204) eingebunden
- End-2-End Test bidirektionaler Ladealgorithmen erfolgreich abgeschlossen

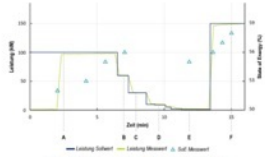


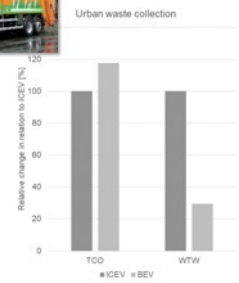
Abb.: Leistung und Soll beim gesteuerten Laden

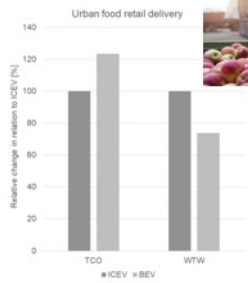
Abb.: E-Bus Ladestation auf dem EUREF-Campus (©Photobnk)

Elektrifizierung der urbanen Logistik

- Analyse und Anpassung der Prozesse des bestehenden Betriebs beim Industriepartner zur Integration von City-Hub und E-Fahrzeug in das bestehende Logistiknetzwerk
- Planungstool und Vorgehensmodell zur Standortplanung von City-Hubs in urbanen Arealen
- Betrieb eines elektromobilen City-Hubs als dezentrale Distributionslösung seit 09/2019
- Übertragung des erprobten Konzepts durch Industriepartner in Form eines weiteren City-Hubs in Berlin in der Planung

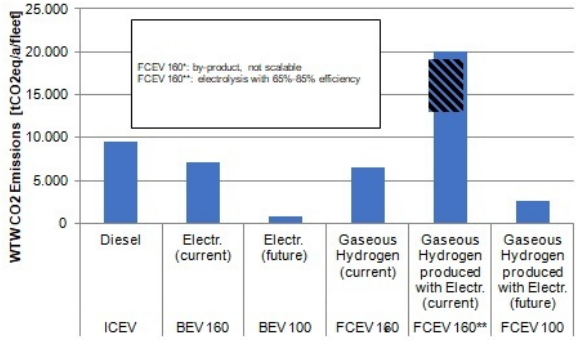
Elektrifizierung des Berliner Wirtschaftsverkehrs





Göhlich et al. (2020) - Integrated Approach for the Assessment of Strategies for the Decarbonization of Urban Traffic *Sustainability* 2021, doi: https://doi.org/10.3390/su13020839

Berliner Wirtschaftsverkehr: Diesel vs. BEV vs H2 Fuel Cell



Forschungscampus Mobility 2 Grid

Vollständige Dekarbonisierung des urbanen Straßenverkehrs muss heute beginnen

Ausblick auf die nächsten 5 Jahre

13

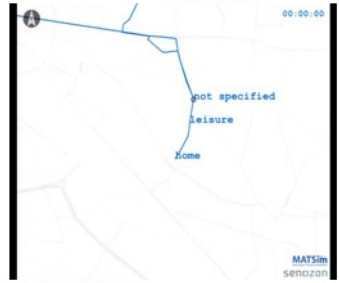
Forschungscampus Mobility 2 Grid

Beispiel: Motorisierter Individualverkehr

14

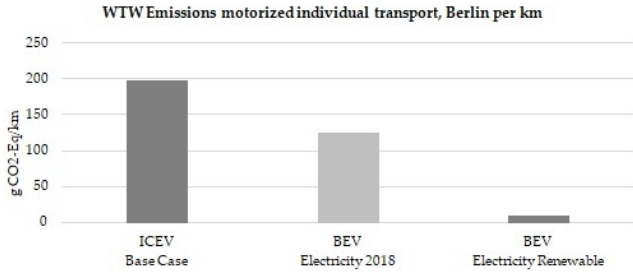
Modellierung und Simulation: Personenverkehr

- Nutzung der Verkehrsplanungssoftware MATSim (www.matsim.org)
  - Agentenbasiert: Individuell simulierte Personen, Fahrzeuge, ...
  - Dynamisch: gesamter Tag, dynamische Simulation von Staus
  - Aktivitätenbasiert: Verkehrsnachfrage in Form individueller Aktivitäten-Wege-Ketten
  - Multimodal: motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr, Fahrradverkehr, On-demand Mobilitätsangebote, ...
  - Großräumig: ganz Berlin + Umland
  - Open-Source (https://github.com/matsim-org) + Aktive Community
- Erweiterung des existierenden Open-Berlin-Modells: Untersuchung von Zukunftsszenarien, Elektromobilitätskonzepten, ...



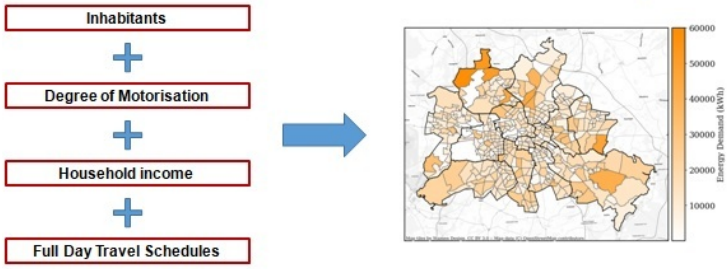
MATSim
Multi-Agent Transport Simulation
https://github.com/matsim-scenarios/matsim-berlin

Elektrifizierung des gesamten Berliner Individualverkehrs



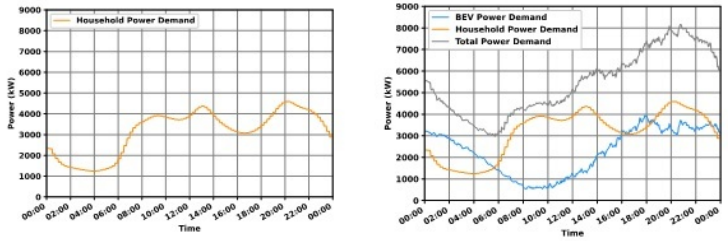
Göhlich et al. (2020) - Integrated Approach for the Assessment of Strategies for the Decarbonization of Urban Traffic *Sustainability* 2021, doi: https://doi.org/10.3390/su13020839

Elektrifizierung des gesamten Berliner Individualverkehrs

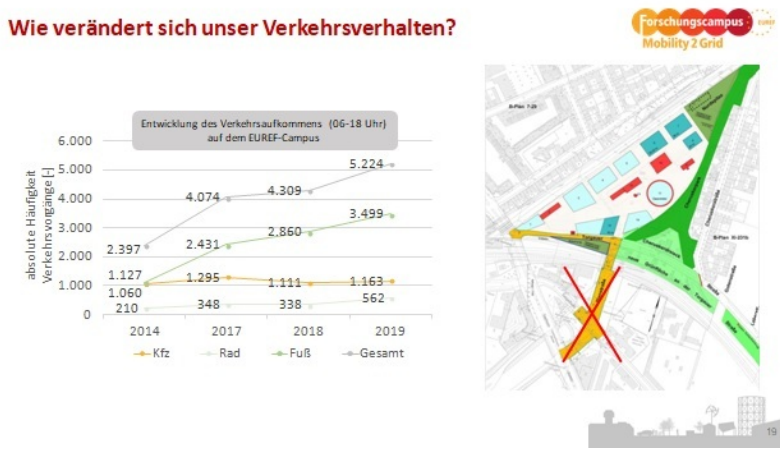


Straub F, Streppel S, Göhlich D. Methodology for Estimating the Spatial and Temporal Power Demand of Private Electric Vehicles for an Entire Urban Region Using Open Data. *Energies*. 2021; 14(8):2081. https://doi.org/10.3390/en14082081

Leistungsbedarf der Berliner Haushalte bei 100% BEV



Straub F, Streppel S, Göhlich D. Methodology for Estimating the Spatial and Temporal Power Demand of Private Electric Vehicles for an Entire Urban Region Using Open Data. *Energies*. 2021; 14(8):2081. https://doi.org/10.3390/en14082081

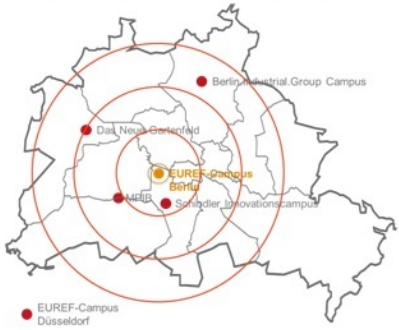

Wie verändert sich unser Verkehrsverhalten?
Forschungscampus
Mobility 2 Grid
Entwicklung des Verkehrsaufkommens (06-18 Uhr) auf dem EUREF-Campus
absolute Häufigkeit Verkehrsvorgänge [-]
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0
2014
2017
2018
2019
2.397
4.074
4.309
5.224
1.127
2.431
2.860
3.499
1.060
1.295
1.111
1.163
210
348
338
562
Kfz
Rad
Fuß
Gesamt
19

Forschungscampus
Mobility 2 Grid
Mobility2Grid
Effiziente und vernetzte Systeme für ein klimaneutrales Berlin
20

Forschungskerne der II. Förderphase 2021 -2026

https://mobility2grid.de/

Proximität über den EUREF-Campus hinaus- Anwendungsorientierte Forschungsmethodik Transfereareale



1. Berlin Industrial Group:
Datenplattformen für Energie & Mobilität sowie Schnittstellen zu VPP-Architekturen

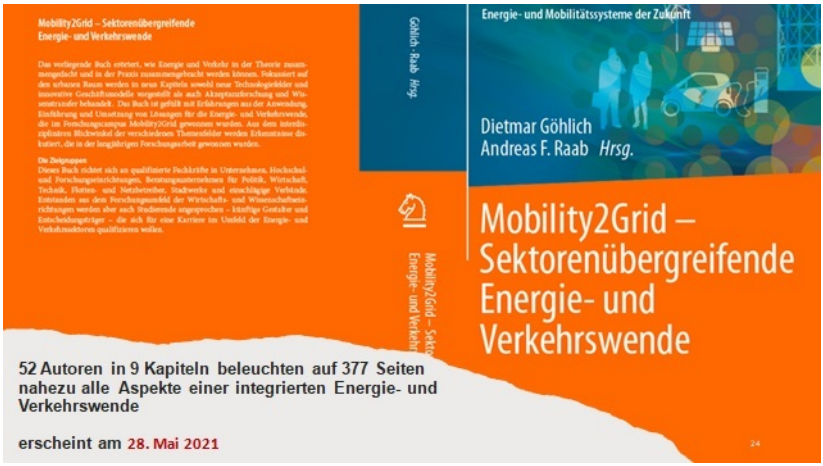
2. Das Neue Gartenfeld:
Nachhaltige Mobilität inkl. Ladeinfrastruktur, multifunktionale Mobilitätshubs & Einbindung des ÖPNV

3. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung:
Flexibilisierung der Energiesteuerung des Areals & intelligente Vernetzung

4.Schindler Innovation Campus Berlin:
Innovative Mobilitäts- & Logistiklösungen sowie Netzintegration von Mobilitätshubs

5. EUREF Düsseldorf:
Intermodale Mobilität mit Einbeziehung von Wasserstoffkonzepten

Was ist Neo-Mobilität?
Forschungscampus Mobility 2 Grid
Datenerhebung/-generierung
Bestands- und Bedarfsanalysen durch
• Qualitative und quantitative Verkehrshebungen
• Workshops
• Partizipation und Akzeptanzanalysen
EUREF-Campus, Berlin Transfereareale
Verwertung und Übertragung der Ergebnissen aus der I. Förderphase
Szenarien
Betrachtung von Personenverkehr, Teile des Güterverkehrs
• Quartiersebene
• Bezirksebene
• Stadtebene
MATSim
Multi-Agent Transport Simulation
Datenanalyse
Ermittlung und Berechnung der
• Beförderungs- und Fahrleistungen der Verkehrsmittel
• Umweltwirkungen
• Energiebedarfe und Smart Grid
➢ Prognosezeitraum: 2030 und darüber hinaus
Labor
Entwicklung einer Web-Applikation:
• Interaktive Ergebnis- und Szenariendarstellung
• Arealspezifische Datenaufbereitung & Visualisierungen
Rückkopplung der Ergebnisse → Transfereareale
Input
Modellierung und Simulation
Output
Analyse und Verwertung


Mobility2Grid – Sektorenübergreifende Energie- und Verkehrswende
Das vorliegende Buch erörtert, wie Energie und Verkehr in der Theorie zusammengedacht und in der Praxis zusammengebracht werden können. Fokussiert auf den urbanen Raum werden in neun Kapiteln sowohl neue Technologiefelder und innovative Geschäftsmodelle vorgestellt als auch Akzeptanzforschung und Wissenstransfer behandelt. Das Buch ist gefüllt mit Erfahrungen aus der Anwendung, Einführung und Umsetzung von Lösungen für die Energie- und Verkehrswende, die im Forschungscampus Mobility2Grid gewonnen wurden. Aus dem interdisziplinären Blickwinkel der verschiedenen Themenfelder werden Erkenntnisse diskutiert, die in der langjährigen Forschungsarbeit gewonnen wurden.
Die Zielgruppen
Dieses Buch richtet sich an qualifizierte Fachkräfte in Unternehmen, Hochschul- und Forschungseinrichtungen, Beratungsunternehmen für Politik, Wirtschaft, Technik, Flotten- und Netzbetreiber, Stadtwerke und einschlägige Verbände. Entstanden aus dem Forschungsumfeld der Wirtschafts- und Wissenschaftseinrichtungen werden aber auch Studierende angesprochen – künftige Gestalter und Entscheidungsträger – die sich für eine Karriere im Umfeld der Energie- und Verkehrssektoren qualifizieren wollen.
Göhlich, Raab Hrsg.
Energie- und Mobilitätssysteme der Zukunft
Dietmar Göhlich
Andreas F. Raab Hrsg.
Mobility2Grid – Sektorenübergreifende Energie- und Verkehrswende
Mobility2Grid – Sektorenübergreifende Energie- und Verkehrswende
52 Autoren in 9 Kapiteln beleuchten auf 377 Seiten nahezu alle Aspekte einer integrierten Energie- und Verkehrswende
erscheint am 28. Mai 2021
24

Literatur

Alexandrakis, J.; Weber, H.; Karohs, K.; Böhm, B. (2019): A Sustainable Living Lab for Smart Grid Knowledge Transfer into Society. 15th International Conference on Technology, Knowledge, and Society, 11.–12. März 2019. Barcelona, Spain

Boev, P.; Lauth, E.; Jefferies, D.; Göhlich, D. (2020): Smart Depots. Main aspects of the transition to electric vehicles. Whitepaper, Siemens website, gated content https://new.siemens.com/global/de/produkte/energie/mittelspannung/loesungen/emobility/smartdepot.html

Canzler, W.; Engels, F.; Rogge, J.-C.; Simon, D.; Wentland, A. (2017): From "living lab" to strategic action field. Bringing together energy, mobility, and Information Technology in Germany. In: Energy Research & Social Science 27, S. 25–35

Canzler, W.; Knie, A. (2016): Mobility in the Age of Digital Modernity. Why The Private Car is Losing Its Significance, Intermodal Transport is Winning and why Digitalisation is the Key. In: Applied Mobilities, Vol. 1, No. 1, S. 56–67

Canzler, W.; Knie, A. (2019): Gekoppelt: Erneuerbare Energien und die Verkehrswende. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hg.): Mobilität. Heft 01/2019, Jg. 49, Auflage: 2100, S. 16–19

Dienel, H.-L.; Rieg, T. (2019): Qualitätsstandards von Bürgerbeteiligungsverfahren mit Zufallsauswahl. In Sommer, J. (Hg.): Kursburch Bürgerbeteiligung #3. Berlin, S. 191–206

Göhlich, D.; Fay, T.-A.; Jefferies, D.; Lauth, E.; Kunith, A.; X. Zhang, X. (2018): Design of urban electric bus systems, Design Science, vol. 4, p. e15, doi: 10.1017/dsj.2018.10

Göhlich, D.; Raab, A. F. (Hg.) (2021): Mobility2Grid - Sektorenübergreifende Energie- und Verkehrswende. In Energie- und Mobilitätssysteme der Zukunft (eingereichtes Manuskript). Berlin

Heinekamp, J. F.; Voß, M.; Krutzsch, S.;Sick, F.; Albayrak, S.; Strunz, K. (2020): Integration of Building Inertia Thermal Energy Storage into Smart Grid Control. In 2020 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)

Jaeger, F. A.; Cremer, A.; Hofmann, A.; Held, M.; Göhlich, D.; Torzynski, S.; Laske, A.; Jefferies, D.; Vogelsang, M.; Syré, A.; Parnet, N. (2020): Accelerating bus fleet electrification. Whitepaper, Siemens website, gated content https://lnkd.in/dtt8HXh

Jaeger, F. A.; Petermann, C.; Müller, K. (2019): Dynamic and localized LCA information supports the transition of complex systems to a more sustainable manner such as energy and transport systems. 9th Life Cycle Management Conference. Poznan, Polen

Khemir, M.; Rojas, M.; Popova, R.; Feizi, T.; Nguyen, H. Q.; Heinekamp, J. F.; Strunz, K. (2020): Real-World Application of Sustainable Mobility in Urban Micro Smart Grids. In 2020 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST). (Paper unter Top 10% der Konferenz und ausgewählt als Kandidat für IEEE Transactions on Industry Applications.)

Lauth, E.; Mundt, P.; Göhlich, D. (2019): Simulation-based Planning of Depots for Electric Bus Fleets considering Operations and Charging Management. IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE). Singapur, doi: 10.1109/ICITE.2019.8880250OI

Peperhove, R.; Steinmüller, K.; und Dienel H.-L. (Hg.) (2018): Envisioning Uncertain Futures. Scenarios as a Tool in Security. In: Privacy and Mobility Research. Berlin u. a. O.

Raab, A. F. (2018): Operational Planning, Modeling and Control of Virtual Power Plants with Electric Vehicles. Berlin: Technische Universität Berlin, doi: 10.14279/depositonce-6650

Raab, A. F.; Lauth, E.; Strunz, K.; Göhlich, D. (2019): Implementation Schemes for Electric Bus Fleets at Depots with Optimized Energy Procurements in Virtual Power Plant Operations. World Electric Vehicle Journal, vol. 10, p. 5, doi: 10.3390/wevj10010005

Raab, A. F.; Teske, P.; Lauth, E.; Heinekamp, J. F.; Strunz, K.; Göhlich, D. (2019): Operational Integration of Electric Bus Fleets, Charging Process Analysis, and Field Test Results. IEEE International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST). Porto, Portugal. doi: 10.1109/SEST.2019.8849021

Romano, S.; Riediger, N. (2020): BIM as a tool for Green Building Certifications: an evaluation of the energy category of LEED, BREEAM and DGNB. In: Modelling and Methods of Structural Analysis - IOP Conf. Series: Journal of Physics, doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012162

Sick, F.; Füger, R. (2017): Buildings as active components for grid stability. In: Journal of Green Building, S. 21–34

Voß, M.; Haja, A.; Albayrak, S. (2018): Adjusted feature-aware k-nearest neighbors: Utilizing local permutation-based error for short-term residential building load forecasting. In 2018 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm), pp. 1–6

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 133–134*

Ernst-Peter Jeremias, Norbert Mertzsch

Zusammenfassung des Expertendiskurs „Die Energiewende 2.0: Im Fokus: die Mobilität."

Die Disputation, an der *Weert Canzler, Dietmar Göhlich, Günter Hörmandinger, Ernst-Peter Jeremias* und *Günther Prokop* teilnahmen, wurde vom Vize-Präsidenten der Leibniz-Sozietät, *Lutz-Günther Fleischer* geleitet.

Dieser gab den Teilnehmern zunächst die Gelegenheit, jeweils in bis zu zwei Schwerpunkten ihrer Wahl ihre Auffassungen zur Umsetzung der Klima- und Mobilitätsstrategie in Deutschland vorzutragen. Damit wurde eine selbstorganisierte Diskussion initiiert. Die dargestellten Themen waren dann erwartungsgemäß durch das Fach- und Arbeitsgebiet der jeweiligen Disputanten geprägt:

- *Weert Canzler* warb dafür, nicht nur Risiken der Transformation, sondern auch die Chancen zu sehen. Wichtig sei es, infrastrukturelle Voraussetzungen für eine erfolgreiche Transformation zu schaffen insbesondere den erforderlichen Ausbau der Einkommensenergie voranzutreiben und dabei auch die Akzeptanz der Bevölkerung im Fokus zu haben (sozialwissenschaftliche Aspekte).
- *Dietmar Göhlich* empfahl, weniger zu diskutieren und sich mehr auf das Handeln und das Bündeln der Kräfte zu konzentrieren, um eine bessere Effektivität in der Zielerreichung sicherzustellen. Die Nutzfahrzeugbranche sei schneller mit innovativen, einheimischen Produkten zu elektrifizieren.
- *Günter Hörmandinger* forderte eine bessere politische Umsetzung der Erfordernisse des Klimaschutzes ein. Die Stadtplanung sei bezüglich der Mobilität neu zu denken (Stadt ohne Automobil) und darauf auszurichten.
- *Ernst-Peter Jeremias* brachte seine Sorge zum Ausdruck, wie die Substitution von Vermögensenergie durch Einkommensenergien in der Stromwirtschaft im zur Verfügung stehenden Zeithorizont konsequenter und bilanziell abgesichert realisiert werden kann. Batterieelektrische Fahrzeuge durch einen entsprechenden Ausbau der Ladeladeinfrastruktur auf der Langstrecke einzusetzen, ist für ihn kein nachhaltiger Ansatz.

- *Günther Prokop* hielt in seinem Statement einen „systemischen Ansatz“ in der Mobilitätswende für unverzichtbar. Mobilität sei nicht nur der PKW. Das gesamte Transportsystem einschließlich der erforderlichen digitalen Strukturen gehöre auf den Prüfstand. Es gibt verschiedene Interessen von Stakeholdern und viele Stellhebel, deren Wirkungen auf alle betroffenen Bereiche berücksichtigt werden muss. Es sei Ganzheitlichkeit „von unten“ zu denken. Nur den eigenen Lösungsansatz in den Mittelpunkt zu stellen, kann zur Polarisierung führen.

Während die Diskussion in der Notwendigkeit der Mobilitätswende grundsätzlich einheitliche Positionen aufgezeigt hat, entwickelte sich der Disput über das Vorgehen mit einem „systemischen Ansatz“ vermeintlich kontrovers. Dabei lagen aus der Sicht des interessierten Beobachters der Diskussion die Meinungen der Diskutanten im Grunde nicht weit auseinander. Die Frage, inwiefern Technologieoffenheit für die Umsetzung einer „neuen“ Mobilität hinderlich ist, beantwortete sich in der Feststellung, dass zukünftig zwangsläufig differenzierte technisch-technologische Lösungen für unterschiedliche Anforderungen im Mobilitäts- und Transportbereich umgesetzt werden müssen. Die Betrachtung der Wirkungen von konkreten Maßnahmen auf betroffene wirtschaftliche, ökologische und soziale Bereiche unter Einschluss der Akzeptanz der Menschen dafür ist notwendig und vertretbar, wenn sie wissenschaftlich determiniert und nicht durch Lobby-Interessen geprägt ist. In dem Punkt aber, dass für wirksame Lösungen nicht mehr viel Zeit verbleibt, waren sich die Disputanten im Grundsatz einig. Insofern ist der verbleibende zeitliche Rahmen für eine Mobilitätswende in Deutschland und wie dieser genutzt werden kann und muss wohl das eigentliche offene und diskussionswürdige Thema geblieben.

In der anschließenden Diskussion mit den Teilnehmern der Veranstaltung sprachen neben den Teilnehmern der Disputation *Lutz von Grünhagen, Wolfgang Küttler* und *Norbert Mertzsch*.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *147 (2021), 135–137*

Norbert Mertzsch

Schlusswort und Ausblick

Schlusswort

Mit dem heutigen Kolloquium und der Disputation zum Thema: „Die Energiewende 2.0: Im Fokus die Mobilität“ wurde von den Veranstaltern, der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. und dem Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V., ein weiterer Aspekt der Probleme der Energiewende betrachtet, der sich folgerichtig in die bisher zum Thema „Die Energiewende 2.0“ durchgeführten Veranstaltungen einreiht.

Da der Verkehr und damit die Mobilität über die Sektorkopplung unmittelbar mit der Energiewende verbunden sind, kann diese nur gelingen, wenn für die Mobilität im Rahmen der notwendigen Mobilitätswende neben der Substitution fossiler Energieträger der Energieverbrauch deutlich gesenkt wird. Das neben technischen Maßnahmen vor allem eine Änderung des Mobilitätsverhaltens der Menschen notwendig ist, kam in vielen Vorträgen, aber auch den Meinungsäußerungen im Rahmen Disputation zum Ausdruck.

Wenn man sich allerdings die Produkte und das Vorgehen der Automobilindustrie betrachtet, hat man das Gefühl, dass vom Auto mit Verbrennungsmotor im Verhältnis 1:1 auf das Auto mit Elektromotor umgestellt werden soll. Das wäre keine Mobilitätswende. Dass sich das Geschäftsmodell der Autoindustrie ändern muss wird aber auch z. B. vom Betriebsratsvorsitzenden des zweitgrößten VW-Werks in Deutschland, Carsten Bätzold, vertreten.[1] Das Geschäftsmodell der Branche ist allerdings dafür ausgelegt jährlich 70 Millionen Autos in den Weltmarkt „zu drücken“. Gebraucht werden seiner Ansicht nach aber weniger Autos, kleinere Autos und ein Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs mit bedarfsgerechten Rufbus- und Carsharing-Angeboten für den ländlichen Raum.

Um die Mobilitätswende zu gestalten bedarf es also auch globaler Konzepte wie der Automobilbau weltweit neue und andere Wertschöpfungsmo delle erschließt, sonst ersetzt nur ein Automobilbauer den anderen. Die dort

1 https://www.freitag.de/autoren/der-freitag/elektro-suvs-loesen-kein-problem-1

freiwerdenden bzw. nicht erst eingestellten Arbeitskräfte werden mittelfristig sicherlich auch beim Ausbau des öffentlichen Verkehrs und anderer gesellschaftlich notwendiger Bereiche wie Kitas, Alten- und Pflegeheime oder Krankenhäuser ihr Auskommen finden. Dazu müssten die bisher bestehenden deutlichen Lohnunterschiede allerdings wesentlich verringert werden um diese Arbeitsplätze attraktiv zu machen. Das muss allerdings politisch gewollt sein und entsprechend umgesetzt werden. Das zeigt, dass Energiewende und Mobilitätswende wesentlich tiefer in die Gesellschaft eingreifen als man oberflächlich erwartet.

An dieser Stelle möchte ich allen Vortragenden und Disputanten für ihre Beiträge danken. Sie zeigen, dass die Betrachtung der einzelnen Phasen des Lebenszyklus von Technologien und der dazugehörigen Artefakte einen hohen Stellenwert besitzt.

Es ist vorgesehen die Vorträge und Diskussionsbeiträge umgehend im nächsten Band der „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften“ zu publizieren, so dass nichts vom heute Besprochenen verloren geht.

Ausblick

Diese Veranstaltung konnte zunächst nur einen Blick auf den Problemkreis Energiewende und Mobilität werfen. Viele Dinge harren einer Weiterführung. Manches ist noch vertiefend zu betrachten. Als Beispiele möchte ich hier nur die sichere Nutzung des öffentlichen Verkehrs unter Pandemiebedingungen (wie wir seit einem Jahr wissen eine Grundvoraussetzung für die Mobilitätswende) und den Güterverkehr nennen.

Die heutige Veranstaltung soll zugleich der Gründung des multidisziplinären Arbeitskreises *„Energie, Mensch und Zivilisation“* innerhalb der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften dienen. Dabei betrachten wir den Begriff Zivilisation als Synonym für die Gesamtheit jener gesamtgesellschaftlich angestrebten, vom wissenschaftlichen und technischen Fortschritt geschaffenen und verbesserten materiellen und sozialen Lebensbedingungen. Ein wesentliches Ziel des Arbeitskreises ist es, alle Aspekte der Energiebereitstellung und -verwendung unter der Prämisse der Einhaltung der Klimaschutzziele bzw. der Klimafolgenanpassung zu erörtern. Dabei sollen neben den naturwissenschaftlichen Grundlagen und den technisch/technologischen Realisierungen die ökonomischen, sozialen und politischen Probleme und Wechselwirkungen gleichgewichtig einbezogen werden.

Eine exponierte Funktion des Arbeitskreises ist es, die in Deutschland effektiv und gemeinnützig zu gestaltende Energiewende hinsichtlich ihrer Ziele, Methoden und Ergebnisse konstruktiv, aber kritisch zu begleiten. Das

dieses nötig ist zeigen u. a. die aktuellen Diskussionen um den Zwischenbericht zur dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“.[2]

Der Arbeitskreis soll jährlich zu ausgewählten Themen Beratungen mit wissenschaftlichen Vorträgen öffentlich abhalten. Als Referenten werden Mitglieder der Leibniz-Sozietät, aber auch externe Fachleute gewonnen, die ihre Expertise und Erfahrungen in erforderliche Bewertungen und in notwendige Lösungsansätze einbringen.

Darüber hinaus werden zu aktuellen Themen ein- bis zweimal im Jahr Online-Diskussionen durchgeführt.

Die Vorträge und Diskussionsbeiträge sollen in den Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät und gegebenenfalls in Leibniz Online veröffentlicht werden.

Als Auswahl für die Start-Themen des Arbeitskreises schlage ich vor:

– Energie und Leben,
– Energiewende und nachhaltiges Wachstum,
– Energiewende: Akzeptanz und Partizipation,
– Energiewende und Strukturwandel (am Beispiel der Lausitz),
– Probleme der Nutzung von Wasserstoff im Rahmen der Energiewende,
– Entwicklungstendenzen in der Energiespeicherung,
– Sozioökonomische Entwicklung und Energiebedarf,
– Sicherstellung von öffentlichem Verkehr.

Wir laden Vertreterinnen und Vertreter aller in unserer Sozietät vereinten Wissenschaftsgebiete ein, in dem – es sei noch einmal betont – multidisziplinären Arbeitskreis mitzuarbeiten. Auf Einladung werden auch externe Fachleute zur Mitarbeit im Arbeitskreis hinzugezogen.

Mit diesen Anmerkungen zu unserem heutigen Kolloquium und der Disputation und einen Ausblick, welche Themen die nächsten für Veranstaltungen sein könnten, möchte ich Sie nun in das Wochenende entlassen. Für die Teilnahme an dieser Veranstaltung danke ich Ihnen und würde mich freuen, Sie auch bei einer der möglichen Folgeveranstaltungen und weiteren Veranstaltungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. und/oder des Vereins Brandenburger Ingenieure und Wirtschaftler e.V. begrüßen zu können.

2 https://www.solarify.eu/2021/03/28/714-studie-der-bundesregierung-von-gaslobby-gekapert/

Autorin und Autoren

Agafonova, Mariya; Jg. 1995; M. Eng.: Technische Hochschule Wildau; Wildau, Deutschland
agafonova.mariya.p@gmail.com

Bartnik, Michael; Jg. 1980; Magister; Berliner Verkehrsbetriebe AöR, Projektleiter Jelbi, Digitale Transformation und Innovation, VI-TI (V-D); Berlin, Deutschland
Michael.Bartnik@bvg.de

Bönninger, Jürgen; Jg. 1957; Dipl.-Ing.; FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH; Dresden, Deutschland
juergen.boenninger@fsd-web.de

Canzler, Weert; Jg. 1960; Dr. phil. habil.; Forschungsgruppe Digitale Mobilität und gesellschaftliche Differenzierung am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) und Sprecher des „Leibniz-Forschungsverbundes Energiewende“; Berlin, Deutschland
weert.canzler@wzb.eu

Göhlich, Dietmar; Jg. 1961; Prof. Dr.-Ing.; Technischen Universität Berlin, Geschäftsführender Direktor das Institut für Maschinenkonstruktion und Systemtechnik; Berlin, Deutschland
dietmar.goehlich@tu-berlin.de

Fleischer, Lutz-Günther; Jg. 1938; Prof. Dr.-Ing. habil.; Vize-Präsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Berlin, Deutschland
fleischer-privat@gmx.de

Höpping, Kristian; Jg. 1984; Dr.-Ing.; FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH; Dresden, Deutschland
kristian.hoepping@fsd-web.de

Hörmandinger; Günter; Jg. 1962; Dr. .techn.; Stellvertretender Direktor der Agora Verkehrswende; Berlin, Deutschland
guenter.hoermandinger@agora-verkehrswende.de

Jeremias, Ernst-Peter; Jg. 1953; Dr.-Ing.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Flecken Zechlin, Deutschland
epjeremias@yahoo.de

Mai, Marcus; Jg. 1987; Dr.-Ing.; Technische Universität Dresden; Dresden, Deutschland
marcus.mai@tu-dresden.de

Mertzsch, Norbert; Jg. 1950; Dr. rer. nat.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Vorsitzender des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler (VBIW); Rheinsberg, Deutschland
mertzsch@t-online.de

Prokop, Günther; Jg. 1969; Prof. Dr.-Ing.; Technische Universität Dresden, Dekan der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List"; Dresden, Deutschland
guenther.prokop@tu-dresden.de

Wollenweber, Jens Gerd; Jg. 1974; Prof. Dr. rer. pol.; Professor für Verkehrslogistik an der Technischen Hochschule Wildau; Wildau, Deutschland
wollenweber@th-wildau.de

Mit den Themen Energiewende und nachhaltige Verkehrskonzepte hat sich die Leibniz-Sozietät in den letzten 25 Jahren immer wieder beschäftigt

so in den Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät

Heft 05 (1995) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/3-89626-261-4.html
Heft 57 (2003) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/3-89626-428-1.html
Heft 82 (2005) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/3-89626-575-x.html
Heft 89 (2007) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-89626-689-7.html
Heft 100 (2009) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-89626-880-8.html
Heft 112 (2011) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-89626-981-2.html
Heft 120 (2014) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-86464-090-2.html
Heft 122 (2015) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-86464-092-6.html
Heft 130 (2017) Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-86464-136-7.html

sowie in den Abhandlungen der Leibniz-Sozietät

Band 31
Banse, Gerhard u.a. (Hrsg.): „Energiewende – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag", 2013, 315 S., zahlr., Tab. u. Abb., ISBN 978-3-86464-006-3, 36,80 EUR
Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-86464-006-3.html

Band 47
Banse, Gerhard / Fleischer, Lutz-Günther (Hrsg.): „Energiewende 2.0 im Fokus. – Bewährtes, Problematisches, Notwendiges, Kontroverses", 2018, 339 S., zahlr. Tab. und Abb., ISBN 978-3-86464-125-1, 42,80 EUR
Infos unter: http://www.trafoberlin.de/978-3-86464-171-8.html

Bestellungen über jede gute Buchhandlung
oder direkt beim Verlag:
trafo Wissenschaftsverlag, Finkenstraße 8, 12621 Berlin
eMail: info@trafoberlin.de Tel.: 030/612 99 418

Gerhard Banse

Technik Technologie Technikwissenschaften. Beiträge zur Technikphilosophie

2021, [= Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 70]
482 S., ISBN 978-3-86464-233-3, 44,80 EUR
Infos: http://www.trafoberlin.de/ 978-3-86464-233-3.html

Über Technik wurde zu allen Zeiten wenn auch in unterschiedlich starkem Maße philosophisch reflektiert, denn: Technikphilosophie war und ist herausgefordert, den sich verändernden technischen Kontexten zu entsprechen. Unter Technikphilosophie werden hier all jene kognitiven, methodologischen und normativen Überlegungen subsumiert, die sich auf Technik, technisches Handeln, Technikwissenschaften, technische Entwicklung und die Beziehungen zwischen Technik und Gesellschaft beziehen. Der spezifische Anspruch ist mit Stichworten wie Welterklärung, Lebens- und Entscheidungshilfe sowie Orientierungswissen verbunden, was sich sowohl auf die Voraussetzungen und die Nutzung als auch auf die Folgen und Wirkungen technischer und technikwissenschaftlicher Entwicklungen bezieht.

Die in diesem Band vereinten Überlegungen verstehen sich als angemessener Beitrag zu den vorstehend genannten Herausforderungen. Sie sind in den zurückliegenden gut zwei Jahrzehnten insbesondere im Zusammenhang mit Aktivitäten (Vorträge und Projekte) innerhalb der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin und im Rahmen des International Network on Cultural Diversity and New Media (CultMedia) entstanden und publiziert worden. Beide Institutionen boten (und bieten!) stets Gelegenheiten, konzeptionelle technikphilosophische Denkansätze vorzustellen, zu diskutieren und weiterzuführen. Ausgewählt wurden 22 Beiträge, die den Schwerpunkten

- Technik und Technikwissenschaften,
- Allgemeine Technologie,
- Technik und Kultur,
- Neue Medien und kulturelle Diversität sowie
- Risiko und (Un-)Sicherheit

zugeordnet wurden. Jede der fünf Gruppen enthält mindestens eine Grundidee als Beitrag zut weiteren konzeptionellen Grundlegung der Technikphilosophie. Diese wird sowohl entfaltet als auch aufgegriffen und weiterentwickelt, variiert oder auf andere Bereiche übertragen bzw. in andere Zusammenhänge gestellt: So lässt sich auch die Ideen- oder Konzept-Genese bzw. -Transformation nachvollziehen.

Bestellungen über jede gute Buchhandlung oder direkt beim Verlag:
trafo Wissenschaftsverlag, Finkenstraße 8, 12621 Berlin
eMail: info@trafoberlin.de Tel.: 030/612 99 418