



Kolloquium und Expertendiskurs

DIE ENERGIEWENDE 2.0:

IM FOKUS: DIE MOBILITÄT.

07. Mai 2021

10.00 Uhr – 16.00 Uhr

Die Veranstaltung findet als Zoom-Konferenz statt

Die einzelnen Beiträge werden darüber hinaus aufgezeichnet und nach der Veranstaltung auf der Webseite der Sozietät zugänglich gemacht.

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN E. V.

VEREIN BRANDENBURGISCHER INGENIEURE UND WIRTSCHAFTLER E. V.

Inhalt

Anliegen von Kolloquium und Expertendiskurs	3
Programm	5
Kurzreferate der Vorträge (in alphabetischer Reihenfolge).....	7
Thesen zur Disputation (in alphabetischer Reihenfolge)	15
Vortragende / Moderatoren (in alphabetischer Reihenfolge).....	26
Hinweise zur Manuskript-Gestaltung / Kontaktadressen.....	31

Das Symposium wird vom Senat der Stadt Berlin finanziell gefördert.

Anliegen von Kolloquium und Expertendiskurs

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 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. Diese Rückbesinnung auf die vorrangige Nutzung von Einkommensenergien wird in Deutschland mit dem Begriff Energiewende umschrieben.

Analoges gilt für die Fortbewegung des Menschen, die bis zur Erfindung der Dampfmaschine und nachfolgend der Eisenbahn zu Lande neben dem zu Fuß laufen auf die Nutzung von Pferd und Wagen beschränkt war. Erst mit der Nutzung der Eisenbahn und Jahrzehnte später des Autos nahm die Mobilität der Menschen deutlich zu, was einen starken Anstieg des Energiebedarfs für die Fortbewegung bedeutete.

Ausgehend von der 5. Jahrestagung der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. im Jahre 2012 zum Thema "Energiewende - Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag", der bereits verschiedene Veranstaltungen und Diskussionen vorausgingen, wurden in den letzten Jahren verschiedene Aspekte der Energiewende systematisch betrachtet. 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" wird ein weiterer Aspekt der Probleme der Energiewende betrachtet.

Ziel der vorgesehenen Veranstaltung ist es die Mobilität und die notwendige Mobilitätswende als Voraussetzung des Gelingens der begonnenen Energiewende darzustellen. Dabei sind die Erkenntnisse aus der Änderung des Mobilitätsverhaltens aus der Corona-Pandemie mit zu berücksichtigen.

Schwerpunkte der Veranstaltung sind:

- Sektorkopplung und Verkehrswende

- Optimierung der individuellen Mobilität
- Sicherheit des automatisierten Fahrens
- Dekarbonisierung des urbanen Verkehrs
- Nachhaltige Mobilität und Verkehr im Vergleich ausgewählter Länder
- Verkehr im klimaneutralen Deutschland 2050.

Neben Vorträgen zu diesen Schwerpunkten sollen die Probleme der Mobilität und der Mobilitätswende, die entscheidend für das Gelingen der energiewende sind dann eine öffentliche Problemdiskussion von kompetenten Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik vertieft werden.

PROGRAMM
DIE ENERGIEWENDE 2.0: IM FOKUS: DIE MOBILITÄT.

10.00 Uhr – 12.15 Uhr

10:00 Uhr Eröffnung und Begrüßung

Prof. Dr. Lutz-Günther Fleischer, Vizepräsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

Einführung

Dr.-Ing. Ernst-Peter Jeremias (MLS) 15 min.

Vorträge

Moderation

Dr.-Ing. Ernst-Peter Jeremias (MLS)

Sektorkopplung und Verkehrswende 20 min.

*Dr. habil. Weert Canzler (Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH,
Leiter der Forschungsgruppe Digitale Mobilität und gesellschaftliche Differenzierung)*

Optimierung der individuellen Mobilität am Beispiel der App Jelbi 20 min.

M.A. Michael Bartnik (Projektleiter BVG)

Nachhaltige Mobilität und Verkehr im Vergleich der Länder
Deutschland und Kasachstan 20 min.

*Prof. Dr. rer. pol. Jens Wollenweber (TH Wildau,
Leiter der Forschungsgruppe Verkehrslogistik)*

Sicherheit des automatisierten Fahrens 20 min

*Prof. Dr.-Ing. Günther Prokop (Technische Universität Dresden,
Dekan der Fakultät für Verkehrswissenschaften „Friedrich List“)*

Diskussion

12.15 Uhr – 13.00 Uhr Mittagspause

13.00 Uhr – 14.00 Uhr

Verkehr in der Studie "Klimaneutrales Deutschland 2050" 20 min.

Dr. Günter Hörmandinger (Stellvertretender Direktor Agora Verkehrswende)

Dekarbonisierung des urbanen Verkehrs am Beispiel Berlin 20 min.

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Göhlich (TU Berlin, Fakultät Verkehrs- und Maschinensysteme)

Diskussion

14.00 Uhr – 16.00 Uhr

Disputatio

Proponenten und Opponenten des Podiums:

Prof. Dr. Lutz-Günther Fleischer (MLS) - Moderation

Dr. Günter Hörmandinger (Agora Verkehrswende)

Dr. habil. Weert Canzler (Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH)

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Göhlich (TU Berlin)

Prof. Dr.-Ing. Günther Prokop (TU Dresden)

Dr.-Ing. Ernst-Peter Jeremias (MLS)

Schlusswort

Dr. Norbert Mertzsch (MLS, VBIW)

Kurzreferate der Vorträge

Optimierung der individuellen Mobilität am Beispiel der App Jelbi (Eine für alle: Jelbi verbindet ÖPNV und Sharing-Mobilität)

Michael Bartnik

Eine Bahn quer durch die Stadt, ein Rad durch den Kiez, ein Auto für die Einkäufe, ein Fahrdienst abends nach Hause: Mit Jelbi stellen wir immer das Mobilitätsangebot zur Verfügung, das man im Moment gerade benötigt. Damit ermöglichen wir angesichts der wachsenden Stadt mehr Menschen ein „**Leben ohne eigenes Auto**“ – und leisten wir einen Beitrag zur Mobilitätswende und zu einer lebenswerten Stadt – so wie es sich Berlin im Mobilitätsgesetz vorgenommen hat. Dafür wurde Jelbi 2019 mit dem [Deutschen Mobilitätspreis](#) ausgezeichnet.

Mit dieser Angebotsvielfalt bietet Jelbi so viel Mobilität wie nie zuvor. Und durch die komplette **Integration in die Jelbi-App** (einmal anmelden oder BVG-Login verwenden, alles buchen und bezahlen) wird das ganz einfach und komfortabel. Obwohl wir erst am Anfang stehen, sind aktuell schon **30.000 Fahrzeuge** integriert. Damit sind wir die größte Mobilitätsplattform aus ÖPNV und Sharing-Angeboten europaweit.

Bereits **20 Jelbi-Punkte und Jelbi-Stationen** haben wir zwischen Spandau und Lichtenberg eröffnet. Auf den Jelbi-Stationen halten wir Stellflächen für Carsharing, Scooter-, Moped- und Bikesharing bereit. 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.

Dabei haben wir von Anfang an auf **Kooperationen** gesetzt: Unter diesem Dach haben wir nicht nur **Mobilitätspartner** vereint, sondern auch **Flächenpartner** und unseren **Softwarepartner** Trafti. Die Jelbi-Stationen errichten wir mit Flächenpartnern wie der Gewobag, Aral, Apcoa, Drivery oder Charité. So kommen die Mobilitätsangebote dorthin wo sie gebraucht werden: **Vor die Haustür bzw. zum Arbeitsplatz.**

Sektorkopplung und Verkehrswende

Weert Canzler

Aus Gründen des Klimaschutzes ist die Verkehrswende dringender denn je. Eine Säule der Verkehrswende ist der Wechsel der Antriebstechnologie, also insbesondere die Elektrifizierung des Straßenverkehrs. 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 insgesamt einen *anderen* Verkehr, *andere* Verkehrsangebote und auch einen Wandel des Verkehrsverhaltens. Es lassen sich tatsächlich einige Trends erkennen, die einen Wandel zu einem effizienten und klimaverträglichen Verkehr ermöglichen und unterstützen. Aber ohne Veränderungen in der politischen Regulierung und ohne eine Veränderung des Rechtsrahmens wird es nicht gehen.

Die Geschichte des Verkehrs zeigt: Ein politisches Programm und übergeordnetes Ziel standen Pate für eine konsequente Implementierung von verkehrsrechtlichen, steuerlichen und infrastrukturellen Voraussetzungen dafür, dass der „Traum vom privaten Auto“ wahr wurde. Auf dem gleichen Wege und mit der gleichen Konsequenz müsste auch das neue Ziel der Verkehrswende mit seinen Elementen der Elektrifizierung, der Intermodalität und der Stärkung des Öffentlichen Verkehrs sowie der 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 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 Sektorkopplung bietet große Chancen, diese stehen allerdings erheblichen Anpassungsnotwendigkeiten gegenüber.

Dekarbonisierung des urbanen Verkehrs am Beispiel Berlin

Dietmar Göhlich

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.

Verkehr in der Studie "Klimaneutrales Deutschland 2050"

Günter Hörmandinger

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.

Innerhalb von 30 Jahren kann Deutschland sich in eine klimaneutrale Nation umbauen 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 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.

Einführungsvortrag „DIE ENERGIEWENDE 2.0: IM FOKUS: DIE MOBILITÄT“

Ernst-Peter Jeremias

- Die Bundesrepublik Deutschland hat sich gemeinsam mit 194 anderen Staaten im Pariser Klimaschutzabkommen völkerrechtlich bindend verpflichtet, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen. Sie wird alle Anstrengungen unternehmen, diese unter 1,5 °C zu halten. Bisher ist die Temperatur im globalen Durchschnitt gegenüber der vorindustriellen Zeit bereits um etwa 1,2 °C 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.¹
- Unter Mobilität versteht man definitionsgemäß:
„Potentielle 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.“²
- Mobilität ist ein allgemeines Bedürfnis und Recht der Menschen. Deshalb ist ein Wachstum der Mobilität grundsätzlich erwünscht und auch ein gesellschaftliches Ziel. Daraus resultierendes Anwachsen von Verkehr ist jedoch ein sehr fragwürdiges Ziel. Deshalb wird unser Mobilitätsbegriff in der Zukunft eine Modifikation erfahren müssen. Heute wird das Bedürfnis

¹ Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I; S. 2513)

² Becker, U.; Gerike, R.; Völlings, A.: Gesellschaftliche Ziele von und für Verkehr, Heft 1 der Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Umwelt e.V. (DIVU), S. 71; Dresden 1999

nach Mobilität durch verschiedene Arten des Verkehrs befriedigt, 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 CO₂ auf einem leicht höheren Niveau als im Vorjahr (plus 1,2 Millionen Tonnen beziehungsweise plus 0,7 Prozent). Zwar kamen sparsamere Fahrzeuge mit verbesserten Verbrennungsmotoren auf den Markt, gleichzeitig nahm aber auch der Kfz-Bestand zu (plus 1,6 Prozent). In Summe ist damit mehr Benzin und Diesel verbraucht worden. Im Sektor Verkehr sind seit 1990 keine nennenswerten Einsparungen an CO₂-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 CO₂.
- Gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz der Bundesregierung (Anlage 2 (zu § 4)) sollen die CO₂-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.³
- Die zu ergreifenden Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen im Verkehr sind vielfältig. Möglicherweise ist dafür bereits viel Zeit verschenkt worden. Umso wichtiger ist jetzt 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 der Modalsplit zugunsten des Fuß- und Radverkehr verändert wird. Der Ausbau des Verkehrsverbunds im öffentlichen Verkehr ist dabei ein wichtiger Handlungsansatz. Hier sind die unterschiedlichen Bedingungen und Voraussetzungen in den Metropolen, Städten und im ländlichen Raum zu berücksichtigen.
- Die Digitalisierung der Mobilitäts- und Verkehrsprozesse, eine schrittweise Elektrifizierung „vernünftiger“, erforderlicher Kraftfahrzeuge, elektrischer ÖPNV und elektrifizierter Güter- und Personen-Fernverkehr, Wasserstoff und stromerzeugte Kraftstoffe für spezielle Verkehrsmittel sind weitere Lösungsansätze, um durch Steigerung der energetischen Effizienz den Klimaschutz wirksam zu beeinflussen. Hier wird es auch darauf ankommen, den geeigneten Antrieb für die zu bewältigende Entfernung, zur Lösung der jeweiligen Transportaufgabe und die dafür notwendige Geschwindigkeit auszuwählen.
- Eine wesentliche Grundlage der Energiewende auch im Verkehr ist der Ausbau und die Nutzung von Einkommensenergien (vorrangig Sonne und Wind) unter bilanzieller Berücksichtigung des Gesamtbedarfes bei der Transformation der Sektoren Industrie, Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.
- Die Verkehrswende ist unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zu vollziehen:
 - Umweltgerecht – Erreichen der Ziele des Klimaschutzes bei Erhöhung von Lebensqualität und Gesundheit der Menschen
 - Wirtschaftlich – Langfristig, bezahlbare Finanzierung ohne verzerrende Subventionen unter Berücksichtigung der Klimafolgekosten
 - Sozialverträglich – 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 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 abgedeckt werden. Dieser Kulturwandel wird auf Grund seiner Dimension eine Generationenaufgabe sein.
 - Akzeptanz – Die schrittweise Überwindung klimaschädlicher Verhaltens- und Handlungsweisen in unserer Mobilität muss durch eine neue Mobilitätskultur und -erfahrung überzeugend erlebbar gemacht werden. Der Transformationsprozess wird nicht erfolgreich

³ Treibhausneutrales Deutschland im Jahr 2050; Bundesumweltamt; Oktober 2013

sein, wenn die Menschen dabei nicht mitgenommen werden. Der dafür erforderliche Zeitfaktor ist zu berücksichtigen.

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

Unsere Veranstaltung wird sich mit verschiedenen Aspekten von Mobilität und Verkehr beschäftigen und soll dazu beitragen, neue, klimarelevante Auswirkungen kritisch zu betrachten. Damit wollen wir uns mit diesem Kolloquium und dem Expertendiskurs in die allgemeine gesellschaftliche Diskussion zum Beitrag von Mobilität und Verkehr für einen wirksamen Klimawandel konstruktiv einzubringen.

Sicherheit des automatisierten Fahrens (Wie macht das automatisierte Fahrzeug seinen Führerschein - „Die Dresdner Methode“)

Günther Prokop

in Zusammenarbeit mit:

Dipl.-Ing. **Jürgen Bönninger** (FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH, juergen.boenninger@fsd-web.de)

Dr.-Ing. **Marcus Mai** (TU Dresden, marcus.mai@tu-dresden.de)

Dr.-Ing. **Kristian Höpping** (FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH, kristian.hoepping@fsd-web.de)

Vortragsstichpunkte

- Erhebung und Fusion realer Verkehrs- und Unfalldaten als Datenbasis
- Metriken und Clusterverfahren zur Identifikation relevanter Testszenarien
- Sicherheitsbewertung mittels Verkehrssimulation, Fahrstudien und Realfahrversuchen
- Instrumentarium von der Entwicklung bis hin zur periodisch-technischen Inspektion.

Inhaltsangabe:

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 abprüfaren 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 Fahr simulatoren 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.

Vorveröffentlichungen zum Thema:

BÄUMLER, M., DZIUBA-KAISER, L., YIN, Z., LEHMANN, M. & PROKOP, G. (2020), *Use information you have never observed 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).

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., HELMER, 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.

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 SafetyWeek 2020: Auto[nom]Mobil, Würzburg, Germany, 1-3 September 2020.

Nachhaltige Mobilität und Verkehr im Vergleich der Länder Deutschland und Kasachstan

Jens Wollenweber

Mobilität und Verkehr sind in fast allen Ländern der Welt entscheidende Faktoren für eine erfolgreiche Wirtschaft und Wohlstand ihrer Bürger. Industrienationen wie Deutschland verfügen typischerweise über eine entwickelte Infrastruktur, welche auf den relevanten Verkehrsträgern flächendeckend Transporte ermöglicht. In solchen Ländern spielt der Nachhaltigkeitsgedanke eine immer stärker werdende Rolle.

Im Gegensatz dazu ist Kasachstan als ehemalige Sowjetrepublik eine Transformationsökonomie im Übergang von der sozialistischen Wirtschaftsordnung zur Marktwirtschaft zunächst vor andere Herausforderungen gestellt. Eine effiziente Verkehrsinfrastruktur ist außerhalb der Ballungszentren noch nicht flächendeckend vorzufinden. Die Zielrichtung liegt 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 hierbei 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 vorweist. Im Vortrag werden diese Ergebnisse auch in Hinblick auf die verkehrlichen Implikationen weiter ausgeführt und diskutiert.

Thesen zur Disputation

Energiewende und Mobilität

Weert Canzler

1. Der Verkehr ist das große Problem für den Klimaschutz, in den letzten Jahrzehnten Jahren hat es keinen Fortschritt bei den Treibhausgasemissionen dieses Sektors gegeben. Den größten Anteil daran hat der Straßenverkehr. Seit Jahrzehnten nehmen die Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen in Deutschland. Mittlerweile sind es über 47 Millionen Pkw und über 65 Millionen Kraftfahrzeuge insgesamt. Alle technischen Effizienzgewinne wurden durch mehr Verkehr und größere und damit schwerere Fahrzeuge überkompensiert. Der Dieselskandal zeigt seit 2015, dass vielfach weder die angegebenen Verbrauchswerte noch die vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte im Realbetrieb erreicht werden. Manipulierte Steuerungssoftware lässt die Abgasnachbereitung nicht zuverlässig arbeiten, hinzukommt, dass der reale Kraftstoffverbrauch mehr als 40 Prozent höher liegt als die Hersteller angeben. Aber nicht nur die fossilen Antriebstechniken und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen sind ein Problem. Der bisher ungebrochen wachsende motorisierte Individualverkehr braucht auch noch sehr viel Platz – und zwar sowohl wenn er fließt als auch wenn er ruht. Autos werden durchschnittlich gerade einmal eine Stunde am Tag genutzt. Eine umfassende Verkehrswende steht also nicht nur aus Gründen des Klimaschutzes ganz oben auf der Agenda, sondern auch, weil es einfach zu viel Autos gibt, die zudem die meiste Zeit nur herumstehen. Die Ziele der Verkehrswende lassen sich schlagwortartig so zusammenfassen: bessere Bedingungen für das Zufußgehen und Radfahren, mehr intermodale Angebote, d. h. verschiedene Verkehrsmittelangebote einfach und vernetzt nutzen zu können und die Elektrifizierung des verbleibenden motorisierten Verkehrs.
2. Die Elektrifizierung der Antriebe hat mit starker Verzögerung begonnen. Volkswagen ist in Deutschland der Vorreiter, der Konzern hat sich klar und nunmehr auch hinsichtlich der Antriebsvariante eindeutig in Richtung batterie-elektrischer Variante positioniert. Doch wie sieht es beim Strom aus? Der kann im Sinne der klimapolitisch notwendigen Dekarbonisierung, ergo der Abkehr von fossilen bzw. kohlestoffhaltigen Brennstoffen wie Erdöl, -gas und Kohle nur aus Erneuerbaren Energien kommen. Strom aus Wind und Sonne ist jedoch unet und seine Erzeugung findet zudem verteilt in der Fläche und damit dezentral statt.
3. Für die Erneuerbaren Energien sind Speicher entscheidend, um die höchst unregelmäßige Stromproduktion durch Wind und Sonne abzufuffern. Intelligente Stromnetze, die sogenannten Smart Grids, stellen selber eine komplexe Konstruktion des Puffers dar. Die Herausforderungen bestehen dabei nicht nur in kurzfristigen Schwankungen im Netz, sondern auch in variierenden tageszeitabhängigen und – besonders herausfordernd – jahreszeitlichen Einspeisemengen. Für die kurzfristige Stabilisierung des Netzes können Elektrofahrzeuge durchaus eine wichtige Rolle spielen. Das gesteuerte Laden ist nur der erste Schritt: E-Fahrzeuge werden „betankt“, wenn genügend Wind- oder Sonnenstrom vorhanden ist.
4. Technisch möglich, bislang kaum umgesetzt ist die Option, dass E-Fahrzeuge in Zeiten von Spitzenlast Strom aus den Batterien wieder zurück ins Netz leiten. Bei großen Flotten von mehreren hundert Fahrzeugen kann dies schnell zu einem relevanten

energiewirtschaftlichen Faktor werden. Überschüssiger Wind- und Sonnenstrom kann aber auch durch Elektrolyse zur Produktion von Wasserstoff genutzt werden und damit Brennstoffzellen-Fahrzeuge wie beispielsweise Lokomotiven oder schwere Nutzfahrzeuge antreiben. Für den Pkw-Verkehr ist die Wasserstoff-/Brennstoffzellen-Option jedoch nicht sinnvoll.

Zwar werden viele Komponenten bereits seit Jahren erprobt, aber ein netz- und speichertechnisches Gesamtkonzept gibt es nicht.

Speicher und eine flexible Nachfrage sollen die Angebotsspitzen, die eben auch schlicht wetterbedingt sind, abfangen. Das ist eine komplett neue Logik, weil der Energiemarkt bisher ja nicht vom zufälligen Angebot, sondern von einer eindeutig artikulierten Nachfrage und einer Bereitstellung von Grundlast bestimmt wurde. Der Paradigmenwechsel von der zentralen und gesteuerten zur dezentralen und zufälligen Stromproduktion ist nicht mit einfachen Anpassungen der Regulierung des Energiemarktes zu schaffen. Hier kehrt sich das Grenzkostenprinzip um: fluktuierende erneuerbare Energien lassen sich nicht steuern, aber sie kosten, abgesehen von den Kapitalkosten für die ihnen zugrundeliegenden Investitionen, auch fast nichts.

5. Damit E-Fahrzeuge zu Puffern und damit Teil der künftigen Erneuerbaren-Energie-Welt werden können, sind nicht nur anspruchsvolle technische Herausforderungen wie die Ausrichtung der Batterien auf viele kurze Lade- und Entladevorgänge sowie eine informationstechnische Integration in Smart Grids und Virtuelle Kraftwerke, die räumlich verstreute Erzeugungseinheiten über das Internet verbinden, zu meistern. Diese Transformation des Autos von der Rennreiselimousine zu einem wichtigen Netzelement stellt tatsächlich eine Bedeutungsverschiebung dar und es bedarf beispielsweise auch neuer Schnittstellen zur Fahrzeugelektronik. Darüber hinaus sind Nutzungs- und Geschäftsmodelle zu entwickeln, die es erlauben, die Fahrzeuge als Verkehrsmittel zu nutzen und gleichzeitig kalkulierbare potenzielle Speicherkapazitäten zu schaffen. Ob Privatleute ihr Verhalten nach variablen Vergütungssätzen ausrichten und etwa bei einer Starkwindprognose auf eine geplante Autofahrt verzichten, darf bezweifelt werden. Die Wenigsten möchten darüber nachdenken, in welchem Zeitkorridor oder wie lange die Haushaltsentlastungshilfen tatsächlich laufen. Die Akzeptanz von Anweisungen, die von intelligenten Stromzählern kommen, ist bei privaten Stromkunden begrenzt. Allerdings ist auch das bisher vorherrschende Nutzungsmodell des privaten und damit exklusiven Autobesitzes unter Druck und wird sich ändern. Bereits heute stellen Flottenanwendungen einen Großteil der Neuwagenzulassungen dar, neue Sharing- und Leasingmodelle transformieren die Verfügbarkeitsformen von Fahrzeugen.
6. Bei gewerblichen Stromverbrauchern sieht die Sensibilität gegenüber Preisen grundsätzlich anders aus. Sie reagieren üblicherweise schnell und berechenbar auf Preissignale. Energiekostenmanagement ist Teil professioneller Unternehmensführung, das Contracting mit dem Energielieferanten könnte ein verbreitetes Modell werden. Aber auch hier müssen Nutzungskonkurrenzen ausbalanciert und unterschiedliche Ansprüche ausgeglichen werden. Für Fahrzeuge gilt das allemal. Sinnvoll betreiben lässt sich das Modell E-Fahrzeuge als Teil von Smart Grids nur im Flottenbetrieb. Das Potential fahrender Speicher als ein zentraler Baustein solcher Systeme ist vorhanden, wenn sie in schlauen Netzen vorausschauend gesteuert werden.
7. Die skizzierte Perspektive erfordert die Sektorkopplung zwischen dem (erneuerbaren) Strom- und dem (sich elektrifizierenden) Verkehrssektor. Allerdings müssen die Bedingungen dafür erst geschaffen werden. Schlaue Netze ebenso wie intermodale Verkehrsdienstleistungen und die Elektrifizierung des Verkehrs entstehen nicht automatisch. Sie brauchen politische Unterstützung und einen neuen rechtlichen Ordnungsrahmen. Zentral ist ein entsprechender Gesetzesrahmen, der hilft, die

bestehenden Netztechniken optimal für den Einsatz der Erneuerbaren zu nutzen und den Betrieb so zu regeln, dass es nicht zu einer Überlast oder zu Versorgungsengpässen kommt. Dafür ist es u. a. notwendig, den regenerativ produzierten Strom weitgehend von Steuern und Umlagen zu befreien, sofern damit auch Wärme- und Mobilitätsleistungen ermöglicht werden, die Belastungen der Gesamtnetze reduziert werden und sich die Versorgungsqualität zuverlässig verbessert. Dabei wird unterstellt, dass dies in dezentralen – schlaun – Netzen gelingen kann, wo die Produktion und der Konsum von Energie in der Figur des Prosumers zusammenkommen.

8. Schließlich: Was könnte man tun, um die Rechts- und Abgabenordnung im Verkehr und der Energiewirtschaft zu ändern, ohne damit die allseits geschätzten Routinen und Sicherheiten aufzugeben? Eine Möglichkeit aus dieser Zwickmühle herauszukommen, besteht darin, die überfälligen Veränderungen probeweise und örtlich sowie zeitlich begrenzt in „regulativen Experimentierräumen“ zu versuchen. Man hätte dann im Fall des Scheiterns oder beim Auftreten nicht-intendierter Negativeffekte die Möglichkeit, wieder zum Ausgangspunkt zurückzukommen. Eine Kultur des Experimentierens würde es erlauben, den bereits schon erkennbaren neuen Praktiken auch einen entsprechenden Raum einzurichten, um auszutesten, ob sich diese Praxis verallgemeinern und stabilisieren lässt und welche Folgen möglicherweise zu erwarten sind. Die Änderungen müssen als reale Experimente im Alltag erlebbar und Grundlage einer künftigen Verkehrs- und Versorgungskultur werden.

Thesen zu einer integrierten Energie- und Verkehrswende⁴

Dietmar Göhlich

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 Umstellung einer polyzentralen Energieversorgung basierend auf fossilen Energieträgern hin zu einem integrierten Energiesystem unter Einbindung regenerativer Energiequellen ist in vollem Gange. Dies geht einher mit starken dezentralen Tendenzen und der Nutzbarmachung intelligenter Speicher- und Verbrauchersysteme über die Sektorengrenzen hinweg. In Verbindung mit der Elektrifizierung des Verkehrs bietet sich hier die einzigartige Chance, Energie- und Verkehrssysteme gemeinsam zu denken und gezielt Synergien an deren Schnittstellen auszugestalten. Ziel muss es sein, den Energiebedarf des Verkehrs sowohl bei privaten als auch bei gewerblichen Fahrzeugen mit sauberen, klimaneutralen Antriebstechniken zu decken und diese effizient zum Einsatz zu bringen.

Die damit einhergehenden Transformationsprozesse sind einerseits gekennzeichnet durch eine Liberalisierung der Energiemärkte und eine Umstrukturierung des bestehenden Energieversorgungssystems. Andererseits erleben wir einen fundamentalen Wandel unserer

⁴ Quelle: Mobility2Grid - Sektorenübergreifende Energie- und Verkehrswende, Herausgeber: Göhlich, Dietmar, Raab, Andreas F., Springer Juni 2021, ISBN: 9783662626283

Verkehrssysteme und unseres Mobilitätsverhaltens. Verkehr und Mobilität werden hierbei nicht nur auf nachhaltige Energieträger umgestellt, derzeit entstehen auch völlig neue Mobilitätsoptionen und eine tiefgreifende Vernetzung verschiedener Formen des Individualverkehrs und des öffentlichen Personennahverkehrs. Dabei ist es entscheidend, den Wandel im Energie- und Verkehrssektor auch mit entsprechenden digitalen Lösungsansätzen zu gestalten und den Fortschritt in der Informations- und Kommunikationstechnologie in die Lösungen einfließen zu lassen. In diesem Zusammenhang gehören die Themen Technik, Regulierung und Marktprozesse eng zusammen, um so realisierbare ökonomische, ökologische und volkswirtschaftliche Mehrwerte zu generieren.

Die Potentiale einer solchen integrierten Energie- und Verkehrswende sind mannigfaltig. Jedoch gilt es bei deren Umsetzung und Anwendung noch erhebliche fundamentale Transferleistungen zu erbringen und offene Fragestellungen zu beantworten: Wie müssen sich Geschäftsmodelle anpassen, um den Veränderungen der Märkte Rechnung zu tragen? Wie gestaltet sich die Nutzung der Netzkapazitäten und wie kann eine netzdienliche Steuerbarkeit von Fahrzeugflotten realisiert werden? Wie werden wir in einer vernetzten Welt Datenschutz und Datensicherheit gewährleisten? Wie können die Interessen „selbstbestimmter“ Bürgerinnen und Bürger berücksichtigt werden?

Damit eine solche Transformation der Energie- und Verkehrssysteme tatsächlich einen nachhaltigen Beitrag leistet, sind fundierte theoretische Analysen sowie umfangreiche Untersuchungen in Reallaboren notwendig. Schließlich geht es darum, die Klimaschutzziele zu erreichen und die Treibhausgas-Emissionen in den einzelnen Sektoren bis zum Jahr 2050 um 80 bis 95 Prozent zu reduzieren.

Individualisierung, neue Technologien, Digitalisierung, Urbanisierung und Ökologie bestimmen die Mobilität von morgen. Wir stehen am Beginn einer neuen multi-modalen „Neo-Mobilität. Einfache Extrapolationen von der Vergangenheit in die Zukunft sind daher nicht zielführend.

Urbane Energiesysteme stehen im Zentrum des Wandels, der von der Digitalisierung, der Energie- und Mobilitätswende getrieben wird. Hier trifft Erzeugung auf Verbrauch, volatile Erneuerbare auf einen steigenden Energiebedarf, Elektromobilität auf eine Sharing-Community. Konventionelle Methoden der Infrastrukturplanung bilden die geforderte dynamische Anpassungsfähigkeit zukünftiger Stadtquartiere nicht mehr ab. In Zukunft muss in den Planungsphasen für urbane Energiesysteme das sich ändernde Nutzer- und Betriebsverhalten beachtet werden. Dazu ist es notwendig, urbane Energiesysteme modular aufzubauen, um zukünftige Entwicklungen im Bereich der Effizienz und Digitalisierung nachrüsten zu können. Szenarien von Nutzerverhalten und der Betrieb technischer Anlagen müssen also wesentlich stärker als in der Vergangenheit bereits in der Planungsphase von Projekten vorausgedacht werden.

Dabei hat gerade die E-Mobilität einen signifikanten Einfluss auf die zukünftige Planung und den Betrieb vor allem von Nieder- und Mittelspannungsnetzen. Dabei gilt es die Nutzung von Ladeinfrastruktur gegenüber der verfügbaren Netzkapazität in einen intelligenten Zusammenschluss zusammenzuführen und die Versorgung- und die Nachfrageseite effizient zu gestalten. Dabei ist es entscheidend den Wandel im Energie- und Verkehrssektor auch mit entsprechenden digitalen Lösungsansätzen zu gestalten. Dies beginnt mit dem Erfassen von Messdaten, deren Sichtbarmachung und Bereitstellung für Betreiber und Dienstleister, um steuernd und regelnd E-Mobilität in integrierten Energiesystemen mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien nutzbar zu machen. Die echtzeitfähige Verarbeitung von Gleichzeitigkeitsfaktoren, Netz- und Marktsituationen sind dabei zentrale Kenngrößen. Die datengetriebene Transformation der einzelnen Sektoren (u.a. Energiewirtschaft, Automobil sowie Logistik) werden ausschlagend sein, u.a. zur Realisierung von:

- Demand-Response-Strategien in intelligenten Netzen

- Optimierungstechniken für den dezentralen Netzbetrieb
- Transaktiver Energiehandel in zukünftigen Stromsystemen
- Ermöglichung der Transportelektrifizierung durch datengesteuerte Zeitplanung
- Anforderungen an das intelligente Stromnetz, Modellierung und Betrieb
- Cloud-basierte Lösungen für Energiemanagement und -planung

Unter der Voraussetzung einer sorgfältigen Planung ist es realistisch, dass komplette Flotten in den nächsten 10 Jahren elektrifiziert werden, ohne die Wirtschaftlichkeit der Betriebe zu gefährden. Durch den Einsatz eines intelligenten Lademanagements können die notwendigen Netzanschlussleistungen erheblich reduziert und erneuerbare Energien gezielt genutzt werden. Zusätzlich Flexibilität, entsteht durch das bidirektionale Laden oder durch die Integration von Pufferbatterien, z. B. durch die Nutzung von gealterten Fahrzeugbatterien in ein lokales Smart Grid. Bis solche „Smart Depots“ aber tatsächlich netzdienlich einsetzbar sind, bedarf es weiterer Forschungsarbeiten und der Entwicklung von digitalen Lösungen zur intelligenten, interaktiven Kommunikation zwischen den Betriebshöfen und den Netzbetreibern. Außerdem ist es notwendig die regulatorischen Rahmenbedingungen zu verbessern.

Automatisiertes Fahren wird eine große Rolle in der zukünftigen Mobilität spielen. Im öffentlichen Straßenraum wird die Technologie zwar erst langfristig im größeren Maßstab möglich sein, jedoch erproben einige Hersteller und Betreiber dies bereits erfolgreich auf ausgewählten Teststrecken und Arealen mit beschränktem, öffentlichem Zugang bzw. niedrigem Verkehrsaufkommen. Der Ladeprozess selbst fahrender E-Flotten sollte ebenso hochautomatisiert ablaufen, um den Komfort zu erhöhen, Personalkosten zu reduzieren und zur effizienten Planung, Nutzung und Auslastung der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum und in Depots beizutragen. Durch die Kombination von automatisiertem Fahren und Laden entsteht zudem ein wichtiger Technologie-Enabler für zukünftige urbane Flotten. Mit dieser gezielt bereitgestellten Technologie kann die Elektromobilität als zusätzlicher Flexibilitätsbaustein im Energiesektor genutzt und die Sektorenkopplung unterstützt werden. In den urbanen Ballungsräumen sind bereits heute sehr unterschiedliche Mobilitätsangebote verfügbar. Öffentlicher Nah- und Fernverkehr, Leihwagen, Car Sharing, Bike-/E-Scooter Sharing, Ride Hailing, Shuttle Services und andere Mobilitätsformen werden zukünftig in sogenannten Mobilitätshubs angeboten. Ziel hierbei ist die Optimierung der Energieversorgung und die Einbindung Erneuerbarer Energien mit uni- und bidirektionaler Ladesteuerung, Lastverschiebung und Energiespeicherung. Über neu entwickelte Mobilitätsplattformen werden Daten zum Energie- und Leistungsbedarf der Fahrzeuge bereitgestellt, welche als Input für die Bereitstellung von Flexibilitätspotentialen für Systemdienstleistungen herangezogen werden. Bei den Infrastrukturen handelt es sich vorrangig um AC- und DC-Ladesäulen, MW-Ladesysteme, Wasserstofftankstellen und Batteriewechselstationen.

Die erfolgreiche Transformation eines Stadtquartiers im Kontext der Energie- und Verkehrswende erfordert organisierte nutzerorientierte Produkte und Prozesse. Bundesweit bilden sich aktuell eine Vielzahl an Quartieren und Campi heraus, mit der Ambition, städtische Infrastrukturen ökologisch und sozial verträglicher zu entwickeln und damit auch zum Gelingen von Energie- und Verkehrswende beizutragen. Doch solche Quartiere entstehen nicht auf Knopfdruck. Sie erfordern einen anderen Planungsansatz, als es in der Vergangenheit üblich war. Insbesondere in Zeiten der Digitalisierung, in der Gebäude und Energieinfrastruktur für Dekaden gebaut werden, Innovationszyklen von Digital Services aber nur noch wenige Monate betragen, stellt die kontinuierliche Integration von Innovationen eine Grundvoraussetzung dar. Wie derart zukunftsweisende Planung nachhaltiger Quartiere und Campi gestaltet sein muss, wurde u. a. im Rahmen des Forschungscampus Mobility2Grid entwickelt.

Verkehr in der Studie "Klimaneutrales Deutschland 2050"

Günter Hörmandinger

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 dritten Schritt werden nicht vermeidbare Restemissionen durch CO₂-Abscheidung und -Ablagerung ausgeglichen.

Der Weg in die Klimaneutralität ist ein umfassendes Investitionsprogramm, vergleichbar mit dem Wirtschaftswunder in den 1950er/60er-Jahren. Kernelemente sind eine Energiewirtschaft auf Basis Erneuerbarer Energien, die weitgehende Elektrifizierung, 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 Treibhausgasen bedeutet eine deutliche Beschleunigung der Energie-, Verkehrs- und Wärmewende.

Die Weichen für Klimaneutralität 2050 und minus 65 Prozent Treibhausgasen 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 hergestellt. 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 bleibt vollständig erhalten, aber sie verändert sich. Die Personenverkehrsnachfrage verbleibt insgesamt etwa auf dem heutigen Niveau von 1.200 Mrd. Personenkilometern (Pkm), aber die Menschen fahren deutlich mehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln sowie dem Rad und 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 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 CO₂-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 Dekarbonisierungsoption für den 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.

Energiewende im Individualverkehr

Günther Prokop

In der derzeitigen politischen Diskussion zum Themenkomplex um automobiler Antriebstechnik werden nach meinem Empfinden mehrere nicht zusammengehörige Aspekte unzulässig miteinander vermengt. Offenbar geschieht dies auch von durchaus sachkundigen politischen Meinungsträgern. Zu den Motiven muss vermutet werden, dass mit gezielt unscharfen Aussagen oder gar unrichtigen Argumenten die öffentliche Meinung manipulativ beeinflusst werden soll.

Dies erfordert eine inhaltliche Klärung, um sachlich richtige politische Entscheidungen zu ermöglichen.

1. Die derzeitige Diskussion besteht eigentlich aus drei Teilen, die nicht miteinander vermengt werden dürfen:

a. Zur Debatte um erhöhten **Stickoxid-Ausstoß** vieler Diesel-Fahrzeuge: Die Einhaltung der gültigen Stickoxid-Grenzwerte bei modernen Diesel-Motoren ist mit dem heutigen Stand der Technik problemlos möglich. Daraus folgt (1.), dass bei Entwicklung und Absicherung durch die Hersteller offenbar unsauber gearbeitet oder betrogen wurde. (2.) sind die dabei von den Ingenieuren begangenen Versäumnisse kein Mangel der Diesel-Technologie. Dieselmotoren sauber darzustellen ist heute möglich. Das muss von den Ingenieuren zuverlässig umgesetzt werden. Offenbar muss es durch die Gesellschaft mit Konsequenz eingefordert werden. Deswegen die Technologie „Dieselmotor“ oder „Verbrennungsmotor“ einschränken zu wollen, ist daraus nicht ableitbar.

b. Die Diskussionen um mögliche Fahrverbote in Städten (z. B. Stuttgart, München) ist ihrem Ursprung nach eine Diskussion um **Feinstaub**: Etwa 14% der jährlichen Feinstaubbelastung in Deutschland ist auf Straßenverkehr einschließlich Abrieb von Reifen, Bremsen, Straßen, der ja nahezu unabhängig von der Antriebsart entsteht, zurückzuführen (Quelle: Umweltbundesamt). 86% werden demnach in Industrie, privaten Haushalten, Elektrizitäts- und Fernheizwerken, Landwirtschaft und von anderen Verkehrsträgern erzeugt. Im Straßenverkehr entsteht Feinstaub neben der dieselmotorischen Verbrennung hauptsächlich durch Abrieb von Reifen und Bremsen (6%). Die Feinstaubbelastung durch Diesel-Pkw kann auch durch Verbau geeigneter Filtersysteme weitgehend eliminiert werden. Es ist also nicht abzuleiten, dass Fahrverbote für Diesel-Pkw die Feinstaubbelastung merklich senken würden. Eher müssten industrielle Verarbeitungsprozesse reduziert und Holzöfen in Privathaushalten reduziert oder mit entsprechenden Filtertechnologien versehen werden.

c. Eine dritte Kategorie der Diskussion bildet das Thema Klimaschutz, das nach heutiger Auffassung hauptsächlich mit dem Ausstoß von **Kohlendioxid** (und Treibhausgasen) verknüpft ist. Die Reduktion der Kohlendioxid-Konzentration in der Luft ist ein

vordringliches Thema, da die damit einhergehende Klimaerwärmung ein globales und derzeit nicht beherrschtes Phänomen darstellt. Bezogen auf das Automobil ist das dafür entscheidende Kriterium die Bilanz über den kompletten Lebenszyklus, also über Produktion, Gebrauch und Entsorgung. Insbesondere ist bei batterieelektrischen Fahrzeugen die Herstellung der Akkumulatoren zu berücksichtigen. Ebenso muss der zugrunde gelegte Energiemix bei der Stromerzeugung in die Berechnung einfließen. Derzeit wird davon ausgegangen, dass unter Berücksichtigung dieser Faktoren Elektrofahrzeuge über die gesamte Lebensdauer gesehen leicht bessere Kohlendioxid-Bilanzen aufweisen als verbrennungsmotorische. Das Niveau von Methangas-betriebenen Fahrzeugen (CNG) wird jedoch nicht erreicht. Weiterentwicklungen der regenerativen Energieerzeugung werden diese Bilanz zugunsten des Elektroantriebs verschieben. Jedoch entwickeln sich alternative Kraftstoffe in gleichermaßen hoher Geschwindigkeit in Richtung einer im industriellen Maßstab anwendbaren Technologie. Damit wäre auch für verbrennungsmotorische Antriebe eine geschlossene Kohlendioxid-Bilanz gegeben.

2. Die Konzentrationen von Stickoxid und Feinstaub – ebenso wie die von Ozon – in der Luft sind in Deutschland seit 1985 kontinuierlich rückläufig (Quelle: Umweltbundesamt). Die Atemluft in deutschen Städten ist also besser als ihr Ruf, jedoch lt. den Grenzwerten der Europäischen Union noch nicht gut genug. Letztere werden regelmäßig überschritten. Die Anstrengungen zur Luftreinhaltung müssen also weitergehen. Zu drastischen, die Lebensumstände weiter Bevölkerungsteile einschränkenden – oft nicht in ihren systemischen Auswirkungen durchdachten – Maßnahmen besteht jedoch derzeit kein Anlass.

3. Die diskutierten Lösungsansätze mit ihren Vor- und Nachteilen:

a. **Batterieelektrische Antriebe:** Elektrisch betriebene Fahrzeuge besitzen in der Regel leise Antriebsmotoren und sind lokal emissionsfrei, sowohl in motorinduzierten Schadstoffen, als auch im Geräusch. Geringe Reichweiten, lange Ladezeiten, hohe Kosten, hoher Gewichts- und Volumenbedarf der Traktionsbatterie schränken jedoch die praktische Nutzbarkeit ein. Batterien als Speichertechnologie sind zum derzeitigen Stand der Technik bei Lagerung und im Überhitzungs- und Crashfall ein größeres Sicherheitsrisiko als Tankanlagen in Pkw. Zur Herstellung heutiger Batteriesysteme sind seltene Rohstoffe erforderlich. Die Batterieentsorgung ist nicht im industriellen Maßstab gelöst.

b. **Ottomotorische Antriebe:** Ottokraftstoff ist der fossile Kraftstoff mit dem höchsten Kohlendioxid-Ausstoß pro nutzbarer Energieeinheit. Heutige Ottomotoren weisen im Vergleich zu Dieselmotoren auch schlechtere Wirkungsgrade auf. Bei vergleichbarer Abgasqualität ist der zur Abgasreinigung nötige technische Aufwand verglichen mit dem Dieselmotor geringer. Die Reichweite eines ottomotorisch betriebenen Fahrzeugs kann wegen der hohen Energiedichte des Kraftstoffs und der kurzen Betankungsdauer als praktisch unendlich angesehen werden. Die Qualität bezüglich des Kohlendioxid-Ausstoßes nimmt bei zunehmend größerer Verbreitung synthetischer Kraftstoffe zu. Im Grenzfall ausschließlich regenerativ hergestellter synthetischer Kraftstoffe kann der bilanzierte Kohlendioxid-Ausstoß nahezu vollständig eliminiert werden.

c. **Dieselantriebe:** ähnlich wie ottomotorische Antriebe. Wirkungsgrad der Energiewandlung und Kohlendioxid-Ausstoß pro nutzbarer Energieeinheit sind gegenüber dem Ottomotor deutlich verbessert. Wegen des höheren technischen Aufwands zur Abgasreinigung entstehen höhere Kosten. Die unter b. gemachten Aussagen zu Reichweite und synthetischen Kraftstoffen treffen auch auf den Dieselantrieb zu.

d. **Plug-in Hybridantriebe (Otto/Diesel):** Diese Antriebsart ist technisch sehr aufwändig. Sie erlaubt kurzzeitigen lokal emissionsfreien Betrieb des Fahrzeugs, verbunden mit den hohen Reichweiten des Verbrennungsmotors. Großer Bauraumbedarf und hohes Gewicht schränken jedoch die Nutzbarkeit ein. Sehr hohe Kosten. Kleinere Energieeinsparungen sind möglich,

indem Elektro- und Verbrennungsmotoren im jeweils günstigsten Betriebsbereich gehalten werden.

e. **Erdgas (CNG; Methan)/Autogas (LPG; Butan, Propan):** CNG und LPG können in herkömmlichen Verbrennungsmotoren verwendet werden. LPG-betriebene Fahrzeuge emittieren in etwa so viel Kohlendioxid wie mit Diesel betriebene Motoren. CNG kann auch biologisch hergestellt werden (Bio-Erdgas). Biologisch hergestelltes CNG bildet einen geschlossenen Kohlendioxid-Kreislauf. Es ist deshalb nahezu klimaneutral. Heute angebotenes CNG enthält etwa 20% Bio-Erdgas. Gegenüber Benzin als Brennstoff ergibt sich daraus ein Kohlendioxid-Vorteil von ca. 35%. Feinstaub wird bei Verwendung beider Kraftstoffarten nahezu gar nicht emittiert. Die Stickoxid-Rohemissionen sind gegenüber Otto- und Dieselantrieben deutlich reduziert.

f. **Brennstoffzellenantriebe** verbinden theoretisch die Vorteile des batterieelektrischen Antriebs mit der faktisch „unendlichen“ Reichweite der Verbrennungsmotoren, indem die Energiezufuhr ins Fahrzeug nicht durch die Ladung einer Batterie, sondern durch Betankung mit Wasserstoff oder Methan erfolgt. Der zuverlässige Betrieb der Brennstoffzellen im erforderlichen engen Temperaturfenster ist derzeit unter den Restriktionen der Großserie nicht zu annehmbaren Kosten beherrschbar. Kostentreiber sind seltene Metalle als Werkstoffe für die erforderlichen Membrane. Auch mit Brennstoffzelle ist es erforderlich, dass der verwendete Wasserstoff (oder das Methan) regenerativ erzeugt wurden. Ist dies nicht der Fall, so ist wegen der ungünstigen Wirkungsgrade der Vorverarbeitungsprozesse die Kohlendioxidbilanz – auch verglichen mit Ottokraftstoff – sehr ungünstig.

g. Alle Antriebskonzepte müssen vorrangig unter folgenden Gesichtspunkten der sich ergebenden **Gesamtfahrzeugeigenschaften** betrachtet werden:

- i. Funktions- und Gebrauchssicherheit, Unfallsicherheit;
- ii. Gewicht und Bauraumanforderungen;
- iii. Darstellbarkeit in Massenproduktion mit vertretbarem Ressourcenverbrauch zu vertretbaren Kosten;
- iv. Lebensdauerverhalten, Alterung;
- v. Erhalt der Funktion auch unter extremen Umwelt- und Nutzungsbedingungen (Kälte, Hitze, Vibration);
- vi. Einschränkungen von Nutzbarkeit und Komfort der Fahrzeuge.

4. **Was also ist die Lösung?** Die offenbar erforderliche differenzierte Betrachtung der Sachlage legt nahe, dass es keine Antriebsart gibt, die für alle denkbaren Einsatzbereiche eine optimale Lösung darstellt. Offenbar hängt die optimale Antriebsart von den Spezifika der Anwendung ab. Eine Diskussion, in der versucht wird, eine Antriebstechnologie zu Lasten anderer zu fördern, erscheint demnach nicht zielführend. Vielmehr müssen unterschiedliche Einsatzfelder für Fahrzeuge definiert und in ihren Spezifika beschrieben werden. Die dafür jeweils optimale Antriebsart ist durch sachkundige Ingenieure anwendungsspezifisch festzulegen. Eine politische Diskussion über die „richtige“ Antriebsart ist verfehlt. Technisch konkrete Lösungsbestandteile könnten z. B. (aber nicht ausschließlich) sein:

a. Kurzfristige regulatorische Maßnahmen zur Sicherstellung der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten. Dort, wo gegen gültige Gesetze verstoßen wird, haben die Fahrzeughersteller eine Nachrüst- und Nachweispflicht zur bedingungslosen Einhaltung der Grenzwerte.

b. Möglichst hoher Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge dort, wo feste Fahrpläne mit relativ kurzen Fahrstrecken auf begrenztem Gebiet einhergehen. Meist ist hier auch eine große Anzahl an Beschleunigungs-/Brems-, sowie Start-/Stopp-Vorgängen enthalten. Die Anforderungen an lokale Emissionsfreiheit (Schadstoffe, Lärm) sind hoch: zum Beispiel im Liefer- und Zustelldienst, städtischen öffentlichen Nahverkehr, städtische Versorgung.

c. Bis auf weiteres weiterhin hoher Anteil verbrennungsmotorisch betriebener Fahrzeuge im Überlandverkehr (Personen und Güter). Eine möglichst kurzfristige und weitgehende Umrüstung auf Erdgasantrieb (CNG) ist erstrebenswert. Alternativ, jedoch mit geringeren Effekten in der Kohlendioxid-Bilanz auch Autogas (LPG). Gleichzeitig sind die Entwicklung synthetischer Kraftstoffe (E-Methan), sowie die Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene als Mittelfristprojekte voranzutreiben.

d. ... (Weitere Lösungsansätze sind nötig).

Diese Aufzählung möchte als eine Sammlung von Vorschlägen verstanden werden, die jedoch aus ausschließlich inhaltlichen Erwägungen abgeleitet wurden. Sicher sind hier auch andere oder weitere vertretbare Schlüsse möglich, die ebenso zu diskutieren wären.

Auf Basis einer solchermaßen geordneten Diskussion sind viele Lösungsvorschläge möglich und auch nötig, um die Diskussion um unsere Mobilität wieder sachlich und zielorientiert zu gestalten und letztlich die anstehenden Herausforderungen zu lösen. Die sich ergebenden Optimallösungen sind weitgehend nicht spektakulär oder visionär, werden aber eine deutliche Verbesserung der städtischen Lebensqualität zur Folge haben.

Vortragende / Moderatoren

Michael Bertnik

Jahrgang: 1980

Magister

- Seit 6/2018 Berliner Verkehrsbetriebe AöR, Projektleiter Jelbi, Digitale Transformation und Innovation, VI-TI (V-D)
- 2009-2018: Johansen + Kretschmer Strategische Kommunikation GmbH (J+K), zuletzt Seniorberater und Leiter Branchenfeld Mobilität
- 2004-2015: Berliner Morgenpost, Berliner Zeitung, Freelancer Reisedredaktion
- 2007-2009: DB Station & Service AG, Freelancer
- 2002-2009: S-Bahn Berlin GmbH, Mitarbeiterzeitung Paula7
- 2006/2007: Schweizerische Bundesbahnen AG (SBB), interne Kommunikation
- 2006: Eidgenössische Technische Hochschule (ETH Zürich), Wissenschaftskommunikation
- 1999-2005: Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD Nordost), Publikationen, z.B. jährl. Reiseführer VCD-Tourenplaner
- 1998-2001: Bahnagentur Spindlersfeld, Reiseberater
- Ehrenamt: Slow-Travel-Reiseführer www.railtripping.com
- Magisterstudium Publizistik-/Kommunikationswissenschaft, Nebenfächer Soziologie und Neuere Geschichte, Freie Universität Berlin und Universität Zürich 2001-2009
- Magisterarbeit Studie "Erwartungen der Rezipienten an die Mitarbeiterzeitung" 2009

Kontakt: Michael.Bartnik@bvg.de

Weert Canzler

Jahrgang: 1960

Dr. phil. habil.

Weert Canzler ist Sozialwissenschaftler und Mobilitätsforscher, er leitet zusammen mit Andreas Knie die "Forschungsgruppe Digitale Mobilität und gesellschaftliche Differenzierung" am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) und ist Sprecher des "Leibniz-Forschungsverbundes Energiewende". Seine Forschungsschwerpunkte sind die sozialwissenschaftliche Verkehrs- und Mobilitätsforschung, Energiepolitik/Energiewende sowie Innovationsforschung und Technologiepolitik.

Kontakt: weert.canzler@wzb.eu

Dietmar Göhlich

Prof. Dr.-Ing.

Dietmar GÖHLICH ist seit 2010 Professor für Produktentwicklung und Mechatronik an der Technischen Universität Berlin und leitet dort als Geschäftsführender Direktor das Institut für Maschinenkonstruktion und Systemtechnik. Davor war er in unterschiedlichen

Führungspositionen in der Pkw-Entwicklung der Daimler AG tätig. Er ist ein ausgewiesener Experte im Bereich Elektromobilität und leitet das vom BMBF geförderte Forschungscampus Mobility2Grid. Er ist Herausgeber des DUBBEL, Taschenbuch für den Maschinenbau, Mitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP) und der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften- acatech. Seit 2019 ist er zudem Mitglied des Vorstands des Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science.

Kontakt: dietmar.goehlich@tu-berlin.de

Lutz-Günther Fleischer

Jahrgang: 1938

Prof. Dr.-Ing. habil.

Mitglied der MLS seit 2004 -studierte an der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna-Merseburg (Fakultät für Stoffwirtschaft) und diplomierte 1964 auf dem Gebiet der: Physikalischen Chemie (Elektrochemie). Daran anschließend war er an der Fakultät für Verfahrenstechnik und Grundlagenwissenschaften/Institut für Verfahrenstechnik (am Lehrstuhl Technische Thermodynamik und Energiewirtschaft) als wissenschaftlicher Assistent tätig. Nach der Promotion(SchorlemmerPreis der TH) zumDr.-Ing.1968-wurde er Oberassistent. 1969 erhielt er die ‚Facultas docendi‘1970 erfolgte die Berufung zum Hochschuldozent für ‚Thermodynamik irreversibler Prozesse‘. Ab 1971 fungierte er als Leiter des Wissenschaftsbereichs Prozessverfahrenstechnik mit den drei Fachgebieten Thermodynamik, Rheologie und Strömungsmechanik.-1975 wurde er an die Humboldt-Universität zu Berlin(Sektion/FachbereichNahrungs-güterwirtschaft/Lebensmitteltechnologie)delegiert. 1978 erfolgte an der HUB eine Umberufung zum Hochschuldozent für Verfahrenstechnik, 1979 habilitierte er an der Humboldt-Universität zu Berlinauf dem Gebiet der Verfahrenstechnik(1979 Promotion B/1992 Habilitationsäquivalent). 1979 Berufung zum Professor für Verfahrenstechnik an der Humboldt-Universität. Im Rahmen von Umordnungen in den Berliner Universitäten wurde er im Juni 1994 zum Universitätsprofessor für ‚Prozesstechnische Grundlagen der Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelrheologie‘an die Technischen Universität Berlin berufen und dort im Fachbereich Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie als Fachgebietsleiter lehrend, forschend und darüber hinaus wissenschaftspolitisch tätig. Weitere Stadien:1.3.1997 bis 20.10.1999 Prodekan des Fachbereichs Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, 2002 Umberufung zum Professor für Lebensmittelverfahrenstechnik, vom 1.3.2003-31.3.2005 Dekan der Fakultät für Prozesswissenschaften. Er leitete zudem das traditionsreiche Berliner Zuckerinstitut, wirkte im Biotechnologie-Centrum der TU -einem interdisziplinären Forschungsverbund –und war mehrere Jahre Mitglied, in einer Wahlperiode Sprecher der Mehrheitsfraktion im Akademischen Senat der Technischen Universität Berlin. Mit mehreren Verlängerungen der Dienstzeit währte seine Tätigkeit an der TU Berlin bis zum Oktober 2006.In der Lehre vertrat er dort für mehrere Studiengänge der Fakultät für Prozesswissenschaften die Thermodynamik, den Energie-,Impuls-und Stofftransport, die Lebensmittelverfahrenstechnik, die Energie-und Kältetechnik sowie fakultätsübergreifend die Lehrveranstaltung Technikfolgenabschätzung. Forschungsschwerpunkte lagen unter thermodynamischen und prozessverfahrenstechnischen Aspekten kontinuierlich auf dem Gebiet des Energie-, Stoff-und Impulstransportesin komplexen Stoffsystemen.

Kontakt: fleischer-privat@gmx.de

Günter Hörmandinger

Jahrgang 1962

Dr .techn.

Günter Hörmandinger ist seit Anfang 2019 stellvertretender Direktor der Agora Verkehrswende. Zuvor war er seit 1997 Beamter der Europäischen Kommission. Dort war er in der Generaldirektion für Umwelt unter anderem für die Umweltauswirkungen der Verkehrspolitik und für die Vorbereitung und Verhandlung der ersten EU-Verordnung über die Begrenzung der CO₂-Emissionen von Pkw zuständig. Er war außerdem beteiligt an der Regulierung der Schadstoffemissionen von Fahrzeugen (Euro 5/6 für Pkw und Euro V/VI für Lkw). Von 2010 bis 2014 vertrat er die Umweltpolitik der Europäischen Union in den USA, als Botschaftsrat für Umwelt in der EU-Delegation in Washington, D.C.. Vor seinem Eintritt in die Dienststellen der EU-Kommission war er in London als Berater in den Bereichen neue Treibstoffe und Antriebstechnologien tätig. Günter Hörmandinger besitzt ein Doktorat in Technischer Physik der TU Wien sowie einen M.Sc.-Abschluss in Umwelttechnologie des Imperial College Centre for Environmental Technology, London.

Kontakt: guenter.hoermandinger@agora-verkehrswende.de

Ernst-Peter Jeremias

Jahrgang 1953

Dr.-Ing.

1972 Berufsausbildung mit Abitur bei Bergmann-Borsig, Görlitzer Maschinenbau; 1972 bis 1976 Studium Kraftwerksanlagen und Energieumwandlung (Ingenieurhochschule Zittau), Abschluss als Hochschulingenieur (1975); 1976 Diplomingenieur; 1976 bis 1980 Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter für Reaktorwärmetechnik im KKW Rheinsberg; 1980 bis 1991 Tätigkeit als Gruppenleiter für Reaktorwärmetechnik im KKW Rheinsberg; 1988 Promotion zum Dr.-Ing. (Akademie der Wissenschaften der DDR, Kernforschungszentrum Rossendorf); 1991 bis 1994 entec Planungsgesellschaft GbR (Geschäftsführender Gesellschafter); 1994 bis 2018 tetra ingenieure GmbH – Planungs- und Beratungsgesellschaft für Energie- & Umwelttechnik und Gebäude- & Versorgungstechnik (Geschäftsführender Gesellschafter; www.tetra-ingenieure.de); seit 01.11.2019 Gesellschafter und tetra ingenieure GmbH und tätig als selbständiger Senior Consultant; aktuelles Fachgebiet: Sektorenkopplung und Elektromobilität“; seit 2019 Mitglied der Leibniz-Sozietät.

Kontakt: jer18dot@yahoo.com

Norbert Mertzsch

Jahrgang 1950

Dr. rer. nat.

Lehre als Elektromontageschlosser im Reichsbahnausbesserungswerk Potsdam; 1968 bis 1972 Studium der Chemie (Technische Hochschule für Chemie „Carl Schorlemmer“), Ab-

schluss als Diplom-Chemiker; 1972 bis 1985 Tätigkeit im VEB Stickstoffwerk Piesteritz; 1976 Fachchemiker für Analytik und Spektroskopie (Karl-Marx-Universität Leipzig); 1984 Promotion (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg); 1985 bis 2013 Tätigkeit im Kernkraftwerk Rheinsberg; seither Rentner und bis 2019 Freier Mitarbeiter der Firma tetra ingenieure GmbH in Neuruppin.

Seit 2018 Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Mitglied des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. (VBIW), hier: Vorsitzender des Vereins und Leiter des Regionalvereins Nordwestbrandenburg sowie Leiter des Arbeitskreises Umweltschutz / Erneuerbare Energien.

Kontakt: mertzsch@t-online.de

Günther Prokop

Jahrgang 1969

Prof. Dr.-Ing.

1988 – 93 Studium an der TU München, Maschinenbau in Theorie und Forschung, Stipendien der Hanns-Seidel-Stiftung und des Siemens-Studentenkreises.

1998 Doktor-Ingenieur, Lehrstuhl für angewandte Mechanik, TU München (Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Dr. h.c. mult. Friedrich Pfeiffer), „Optimale Prozessdynamik bei Manipulation mit Robotern“.

1998 – 1999 Gastwissenschaftler am Mechanical Systems Control Laboratory, University of California, Berkeley, USA (Prof. Masayoshi Tomizuka), Post-doc Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD). „Modelling human vehicle driving by model predictive online optimization“.

1999 – 2002 **Audi AG** Ingolstadt: Referent Prozesse und Methoden Fahrdynamik, Objektivierung Fahrdynamik.

2002 – 2010 **BMW AG** München.

Fahrdynamik, Fahrerassistenz Fahrsimulation Passive, aktive Sicherheit Gesamtfahrzeugabsicherung

seit 2010 **Technische Universität Dresden.**

seit 2010 Ordinarius für Kraftfahrzeugtechnik an der Technischen Universität Dresden.

seit 2011 Geschäftsführender Gesellschafter der AMFD – Auto Mobil Forschung Dresden GmbH.

seit 2018 Dekan der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der Technischen Universität Dresden.

Kontakt: guenther.prokop@tu-dresden.de

Jens Gerd Wollenweber

Jahrgang: 1974

Prof. Dr. rer. pol.

- Bis 2000: Studium der Wirtschaftsinformatik, Albertus-Magnus-Universität zu Köln
- 2007: Promotion (summa cum laude) zum Dr. rer. pol. am Deutsche Post Lehrstuhl für Optimierung von Distributionsnetzwerken, RWTH Aachen

Thema: Mehrstufige Facility-Location-Probleme mit stückweise linearen Kosten:
Modellierung und flexible heuristische Lösungsverfahren

- Mehr als 10 Jahre Erfahrung in der Unternehmensberatung
- Mehr als 10 Jahre Erfahrung in der angewandten Forschung, bspw. durch leitende Tätigkeiten im Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen/Arbeitsgruppe für Supply Chain Services (SCS)
- Seit 2016 Professor für Verkehrslogistik an der TH Wildau
 - Seit 2016 Verantwortlicher für den akademischen Austausch mit der Deutsch-Kasachischen Universität (DKU)
 - Seit 2017 Leiter der Forschungsgruppe für Verkehrslogistik
 - Seit 2017 Studiengangsprecher Technical Management (M. Eng.)
 - Seit 2019 Studiengangsprecher Logistik (B. Eng).

Kontakt: wollenweber@th-wildau.de

Hinweise zur Manuskript-Gestaltung / Kontaktadressen

Es ist vorgesehen, Vorträge und Diskussionsbeiträge in einem Band der „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften“ zu publizieren. Manuskripte sind in elektronischer Form an die Herausgeber *Ernst-Peter Jeremias* (jer18dot@yahoo.com) und *Norbert Mertzsch* (mertzsch@t-online.de) zu senden.

Termin: bis spätestens 30. Juni 2021;

Umfang: Vortrag max. 50.000 Zeichen (einschließlich Leerzeichen),
Diskussionsbeitrag max. 17.500 Zeichen (einschließlich Leerzeichen).

Bei der *Manuskriptgestaltung* sind folgende Hinweise zu berücksichtigen:

- Reihenfolge (alles Times New Roman 12p, einzeilig): Beitragstitel (evtl. Untertitel); Vorname + Nachname (ohne Titelei usw.); Text; Literaturverzeichnis; Angaben zum Autor (Name, Vorname, Titel, Anschrift, E-Mail-Adresse); erklärende Fußnoten sind möglich.
- Keine automatische oder manuelle Silbentrennung sowie möglichst wenig Voreinstellungen verwenden.
- Abbildungen (Graphiken, Schemata), bitte, in einem gängigen und damit *bearbeitbaren* Grafik-Programm schwarz-weiß-grau gestalten und nicht in den Text integrieren, sondern als Extradatei beifügen sowie als Originaldokument mitsenden; im Text ist die Stelle zu markieren, an der später (etwa) die Abbildung einzupassen ist.
- Zu Abbildungen und Tabellen gehören eine Überschrift und ein exakter Quellennachweis.
- Modus für Literaturangaben:
Literaturangaben im Text
 - Literaturverweise sollten in der Form >> (vgl. Bayerl 1998) <<, wenn es um den Gesamttext als Beleg, in der Form >> (vgl. Bayerl 1998, S. 318f.) <<, wenn indirekt zitiert, und in der Form >> (Braun 1996, S. 319) <<, wenn direkt zitiert wird, eingefügt werden.
 - Bei zwei Autoren sind beide Autoren aufzuführen – z.B. >> (Bayerl/Weber 1998) <<, ab drei Autoren wird nur der erste Autor angegeben und mit >> et al. << ergänzt, z. B. >> (vgl. Dietz et al. 1996) <<.
 - Werden gleichzeitig mehrere Arbeiten als Beleg genannt, so sollten die einzelnen Autoren alphabetisch angeordnet sein – z. B. >> (vgl. Bayerl/Weber 1998; Dietz et al. 1996; Poser 1998) <<.
 - Falls im Text vom gleichen Autor mehrere Arbeiten mit dem gleichen Erscheinungsjahr zitiert werden, ist die Form >> (Bayerl 1998a) << sowie >> (Bayerl 1998b) << zu wählen.

Angaben im Literaturverzeichnis

- Zitierte Literatur ist alphabetisch, mehrere Arbeiten des gleichen Autors sind dann chronologisch zu ordnen.
- Bei Büchern werden Autorenname, Vorname(n), (Erscheinungsjahr): Titel mit Untertitel. Verlag, Erscheinungsort(e) und Erscheinungsjahr angegeben – z. B.: >> Poser, Stefan (1998): Museum der Gefahren. Die gesellschaftliche Bedeutung der Sicherheitstechnik. Waxmann Verlag: Münster/New York/München/Berlin <<.
- Bei Sammelbänden werden Name(n) und Vorname(n) des/der Herausgeber(s) (Hg.) (Erscheinungsjahr): Titel mit Untertitel. Verlag, Erscheinungsort(e) und Erscheinungsjahr angegeben – z. B.: >> Bayerl, Günter; Weber, Wolfhard (Hg.) (1998): Sozialgeschichte der Technik. Ulrich Troitzsch zum 60. Geburtstag. Waxmann Verlag: Münster/New York/München/Berlin <<.

- Die Angaben zu Beiträgen aus Sammelbänden sind wie folgt vorzunehmen: >> Bayerl, Günter (1998a): Die Erfindung des Autofahrens: Technik als Repräsentation, Abenteuer und Sport. In: Bayerl, Günter; Weber, Wolfhard (Hg.): Sozialgeschichte der Technik. Ulrich Troitzsch zum 60. Geburtstag. Waxmann Verlag: Münster/New York/München/Berlin 1998, S. 317-329 <<.
- Analog ist bei Zeitschriftenbeiträgen zu verfahren – z. B.: >> Bayerl, Günter (1998b): Ein „Leuchtturm“ in der Region – Abraumförderbrücke F60 in Klettwitz-Nord. In: Forum der Forschung. Wissenschaftsmagazin der Brandenburgischen Technischen Universität, Jg. 4, H. 6, S. 40-47 <<.