

WEERT CANZLER · ANDREAS KNIE

DIE NEUE VERKEHRSWELT

Mobilität im Zeichen des Überflusses: schlau organisiert,
effizient, bequem und nachhaltig unterwegs

Eine Grundlagenstudie im Auftrag des BEE e.V.



WIR BEDANKEN UNS BEI UNSEREN KOOPERATIONSPARTNERN:



Bundesverband
eMobilität e.V.



Zukunft tanken.
Verband der deutschen
Biokraftstoffindustrie



Die neue Verkehrswelt

Mobilität im Zeichen des Überflusses: schlau organisiert,
effizient, bequem und nachhaltig unterwegs

Eine Grundlagenstudie im Auftrag des BEE e.V.

Auftragnehmer: InnoZ GmbH – Innovationszentrum für Mobilität und
gesellschaftlichen Wandel

Autoren:

Dr. Weert Canzler und Prof. Dr. Andreas Knie

Ansprechpartner:

InnoZ GmbH
Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel

Torgauer Str. 12–15
10829 Berlin
Telefon: +49(0)30 23 88 84-101
Fax: +49(0)30 23 88 84-120
E-Mail: info@innoz.de



ISBN-13: 978-3-920328-71-3

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek:

Weert Canzler, Andreas Knie:

Die neue Verkehrswelt. Mobilität im Zeichen des Überflusses: schlau organisiert, effizient, bequem und nachhaltig unterwegs

© Ponte Press, Bochum, Januar 2015

Ponte Press Verlags GmbH, Stockumer Str. 148, D-44892 Bochum

www.ponte-press.de

Kein Teil dieser Studie darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlags als Mikrofilm oder in anderer Weise reproduziert werden.

No part of this book may be reproduced in any form by photostat, microfilm, or any other means, without a written permission from the publisher.

Print: Druckerei Zimmermann, Balve

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier, CO₂-neutraler Druck

Printed in Germany

Vorstellung der Projektpartner

Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE)

Als Dachverband der Erneuerbare-Energien-Branche bündelt der BEE die Interessen von 29 Verbänden und Organisationen mit 30.000 Einzelmitgliedern, darunter mehr als 5.000 Unternehmen. Ziel des BEE ist die vollständige Umstellung der Energieversorgung auf Erneuerbare Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Kälte sowie Mobilität. Hierzu setzt sich der Verband insbesondere für die Verbesserung der gesetzlichen Rahmenbedingungen für Erneuerbare Energien ein.

Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel GmbH (InnoZ)

Das Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel GmbH (InnoZ) wurde 2006 von der Deutschen Bahn AG, der Deutschen Telekom AG, dem Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) sowie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als reine Projektgesellschaft gegründet. Seit 2012 ist darüber hinaus die Siemens AG als weiterer Gesellschafter hinzugegetreten. Unabhängig von den tatsächlich gehaltenen Anteilen hat jeder Gesellschafter nur eine Stimme. Ende 2014 hat das InnoZ rund 90 Beschäftigte, die Tätigkeitsgebiete umfassen Analysen über zukünftige gesellschaftliche und technologische Trends sowie Konzept- und Produktentwicklungen auf dem Gebiet der vernetzten Mobilität. Das InnoZ ist einmal den Regeln guter, wissenschaftlicher Arbeit verpflichtet, vermarktet aber Erkenntnisse auch für oder gemeinsam mit Unternehmen. Den programmatischen Kern des InnoZ in den letzten drei Jahren bilden Forschungen zur Energie- und Verkehrswende, das InnoZ nutzt zur Demonstration zukünftiger Lösungen den EUREF Campus in Berlin Schöneberg als „Living Lab“. Das InnoZ gründet dazu auch Spin-offs bzw. beteiligt sich gemeinsam mit Partnern an neuen Unternehmen zur Projektierung von Micro Smart Grid-Lösungen.

Inhaltsverzeichnis

Vorstellung der Projektpartner	3
Inhaltsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	6
Vorwort	7
Die neue Verkehrswelt	8
1 Zusammenfassung, Aufbau und Argumentation der Studie.....	9
1.1 Die Herausforderung.....	10
1.2 Optionen für eine postfossile Verkehrszukunft	10
1.3 Voraussetzungen, Trends und Maßnahmen	11
1.4 Erläuterungen und Hintergründe	12
2 Keine Energie- ohne Verkehrswende.....	15
2.1 Stand heute: Verkehr ist das klima- und energiepolitische Problem	15
2.2 Antriebstechniken und CO ₂ -Reduktionspotenziale im Überblick.....	18
2.3 Neue Trends: Verschiebungen in den Wertepreferenzen und die digitale Revolution	22
3 Einhundert Prozent erneuerbare Mobilität: Energietechnische und -wirtschaftliche Voraussetzungen	26
3.1 Die Erneuerbaren Energien als Treiber und Nutznießer	26
3.2 Energiewirtschaftliche Effekte der Transformation des Verkehrs.....	32
4 Die Transformation des Verkehrs: Neue postfossile Mobilität	38
5 Weichenstellungen für die Transformation und Handlungsempfehlungen	49
6 Quellen und Links	55

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Erneuerbaren-Anteile der verschiedenen Sektoren	15
Abb. 2: Anzahl der weltweiten Pkw-Neuzulassungen von 2011 bis 2014 nach Regionen (in 1.000)	17
Abb. 3: Anteil der verschiedenen Sektoren am CO ₂ -Ausstoß in Deutschland	17
Abb. 4: Vergleich der Treibhausgasemissionen und des Verbrauchs als Benzinäquiva- lent einzelner Verkehrsträger im Personenverkehr – Bezugsjahr 2012	19
Abb. 5: CO ₂ -Emissionen nach Antriebs- und Kraftstoffvariante	20
Abb. 6: Wirkungsgrade verschiedener Antriebe	21
Abb. 7: Trends zum Verhältnis der Jungen zum Auto	23
Abb. 8: Verkehrsmittelnutzung und Autos pro Haushalt	24
Abb. 9: Stromgestehungskosten bis 2030	26
Abb. 10: Zubau der Erneuerbaren nach Szenario 100-II	27
Abb. 11: Residuallastverlauf und Abbau der negativen Residuallast durch Nutzung von Stromüberschüssen in verschiedenen Verbrauchssektoren	27
Abb. 12: Prognose stochastische Residuallasten 2030	28
Abb. 13: Prognosen Batterieentwicklung	30
Abb. 14: Prognose Kosten der Wasserstoffherzeugung	33
Abb. 15: Potenzial wasserstoffbasierter E-Mobilität 2030	34
Abb. 16: Branchenprognose Biokraftstoffe bis 2030	36
Abb. 17: Das intelligente Stromnetz.....	41
Abb. 18: Modal split Personen- und Tonnenkilometer 2020 und 2030	44
Abb. 19: Elektrifizierung des Öffentlichen Verkehrs 2020 und 2030	45
Abb. 20: Übersicht Nachfrageszenarien Benzin, Diesel und andere	46
Abb. 21: Fossile Importe	46

Vorwort

Wie können wir den CO₂-Ausstoß unserer Mobilität auf das notwendige Maß reduzieren? Mit Erneuerbarer Energie! Haben wir ausreichend erneuerbare Energiequellen, um unsere Mobilitätsansprüche zu befriedigen? Ja, wir haben enorme Potenziale einzusetzen! Brauchen wir künftig noch Autos? Mit Sicherheit, aber wollen wir diese dann noch besitzen? Und welche Rolle spielt der Öffentliche Verkehr? Wie attraktiv ist er, um immer mehr Menschen anzulocken?

Die Zukunft bringt jede Menge Fragen mit sich, insbesondere wenn es um die Mobilität unserer Gesellschaft geht. Einigen haben wir uns gestellt. Und wenn man sich den Kreis der Unterstützer anschaut, ist klar: Inzwischen ist der Wille, gemeinsam Lösungen zu finden, über alle Wirtschaftsbranchen und Technologiearten stark ausgeprägt.

Dabei sehen wir immer deutlicher, dass es nicht die eine perfekte Lösung geben kann. Elektromobilität bietet künftig Chancen, sich emissionsarm zu bewegen – wenn dann Erneuerbarer Strom eingesetzt wird und die notwendige Infrastruktur entwickelt werden konnte. Biokraftstoffe und insbesondere Bioerdgas bieten für den umweltbewussten Bürger, der nicht auf ein Auto verzichten kann, schon heute gute Möglichkeiten annähernd sauberer Mobilität. Wasserstoff kann mit einem zunehmenden Überangebot an erneuerbarem Strom und der Entwicklung entsprechender Umwandlungstechnologien eine starke Rolle einnehmen.

Der Öffentliche Verkehr und das Angebot von Carsharing-Konzepten kann künftig so einfach und effizient miteinander vernetzt werden, dass sich immer mehr Menschen zwei Mal überlegen werden, die Nachteile und Kosten eines eigenen Autos auf sich zuzunehmen. Die Verknüpfung des Strom- mit dem Mobilitätsbe-

reich bietet enorme Chancen für beide Seiten. Es bedarf allerdings noch einiger Innovationen und infrastruktureller Großprojekte. Die Interessen müssen ausbalanciert und die politischen Entscheidungen näher an unserem gesellschaftlichen Grundziel ausgerichtet werden: Wir wollen auch künftig die Bewegungsfreiheit haben, von A nach B zu kommen. Und wir wollen dies auch noch den künftigen Generationen ermöglichen.

Einige der vorgeschlagenen Maßnahmen sind bereits Teil des Diskurses. Aber die schleppende Entwicklung der „Verkehrswende“ hat gezeigt, dass es pragmatischer und mutiger Schritte bedarf, um das Lenkrad herumzudrehen und die Weichen richtig zu stellen. Wir können 1 Million annähernd CO₂-freie Automobile im Jahr 2020 und ein attraktives Angebot des Öffentlichen Verkehrs schaffen, die Entscheidungen müssen aber jetzt getroffen werden.

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen Beteiligten für die spannenden Diskussionen bedanken, die das Herzstück dieser Arbeit darstellen. Unser Dank gilt auch den Autoren des InnoZ. Es war ein anspruchsvoller und lohnenswerter Weg, die verschiedenen Vorstellungen einer neuen Verkehrswelt zu einem konsistenten und nachvollziehbaren Gesamtbild zu vereinen. Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.



Dr. Fritz Brickwedde
Bundesverband Erneuerbare Energie

Die neue Verkehrswelt

Wir werden von allem zu viel haben. Energien aus Erneuerbaren und Automobile im Überfluss. Aus dem Zuviel kann aber eine lebenswerte, effiziente und den Prinzipien der Nachhaltigkeit verpflichtete Verkehrs- und Versorgungswirtschaft organisiert werden. Wir bewegen uns bis 2050 komplett auf Basis Erneuerbarer Energien, dabei werden bioenergetische ebenso wie brennstoffzellenbasierte und batterieelektrische Antriebe eingesetzt. Die überwiegende Mehrzahl der Fahrten wird auch weiterhin in Individualfahrzeugen zurückgelegt. Die Autos sind jedoch in erheblichem Maße zu Gemeinschaftsgütern geworden, sie stehen allen überall und jederzeit zur Verfügung, sie sind aber bestens mit Bussen und Bahnen vernetzt. Damit ist die Voraussetzung für eine effiziente Nutzung gegeben. Organisiert werden diese öffentlichen Flotten nach dem „Hub-and-Spoke-Prinzip“: Individualfahrzeuge finden für den kleinräumigen Verkehr Verwendung („Spoke“), um in sogenannten Hubs gebündelt und disponiert zu werden. Die Verbindung zwischen Hubs wird zum Großteil auf der Schiene und damit stromgeführt absolviert. Insbesondere die batterieelektrischen Fahrzeuge in den Hubs sind auch immer Teil einer intelligenten Speicherlandschaft zur Stabilisierung und zum Ausgleich der stark gewachsenen Volatilität in der Stromerzeugung. Neben einem sehr behutsamen Ausbau der Überlandtrassen ist eine Vielzahl kleiner,

dezentraler Versorgungsgebiete entstanden, die untereinander mit komplementären Lastprofilen ein hohes Maß an Ausgleichspotenzial entwickeln. Die Bahn bringt ihre Möglichkeiten als bundesweiter Mobilitäts- und Energiedienstleister wirkungsvoll ein und profiliert sich zu einem Key Player beim Gelingen der Verkehrs- und Energiewende. In den städtischen Verdichtungsräumen wird der Alltagsverkehr in aller Regel multimodal abgewickelt: für jede Gelegenheit stehen Busse und Bahnen, Räder und Autos zur Verfügung, man checkt sich morgens ein und abends einfach wieder aus. Information, Buchung und Zugang werden genauso wie die Abrechnung digital organisiert, Schalter oder Fahrkartenautomaten gibt es nicht mehr. Die Erreichbarkeit ist besser, der Verkehr flüssiger, der Energieverbrauch niedriger und – alles auf Grundlage Erneuerbarer Energien. Beim Wirtschaftsverkehr werden die Ferntransporte auf der Schiene stattfinden und auch in automatischen Konvois auf der Straße – zu einem großen Teil durch bioenergetische Kraftstoffe angetrieben – abgewickelt. Der Verteiler- und Zustellverkehr bündelt sich in Paketstationen, die Tag und Nacht an gut erreichbaren Orten zugänglich sind. Die neue Verkehrswelt entsteht nicht von selbst, sondern die Potenziale müssen erst wirksam zur Geltung gebracht werden. Dazu sind bereits heute weitsichtige und mutige Entscheidungen notwendig.

1 Zusammenfassung, Aufbau und Argumentation der Studie

Die Energiewende ist beim Strom schon ein gutes Stück vorangekommen und auch im Wärmesektor sind die Weichen für mehr Effizienz und mehr Erneuerbare gestellt. Im Verkehr hingegen ist von einer Wende bisher kaum etwas zu spüren. Dabei ist der Problemdruck hoch, weltweit steigen die Zahlen der zugelassenen Kraftfahrzeuge mit konventionellen Verbrennungsmotoren weiter an. China und andere Schwellenländer stehen zudem erst am Beginn einer nachholenden Motorisierung. Diese Länder beobachten genau, welche Richtung insbesondere Deutschland bei der Ausgestaltung des zukünftigen Verkehrs einschlägt.

Vor diesem Hintergrund wird in der Studie argumentiert, dass Deutschland die bisherige Pfadabhängigkeit überwinden und den Aufbruch in eine postfossile Mobilitätsgesellschaft schaffen kann. Deutschland verfügt über ein hohes technologisches Vermögen und eine aktive Zivilgesellschaft, die eine Energie- und Verkehrswende zum Schutze des Klimas und der Ressourcen und zur Verbesserung der Lebensqualität ermöglichen: Im ersten Kapitel werden unter der Überschrift „Keine Energie- ohne Verkehrswende“ zunächst der Status Quo im Verkehr analysiert und die Möglichkeiten und Grenzen umrissen, wie die vom Verkehr verursachten Treibhausgase (THG), so drastisch wie für einen wirksamen Klimaschutz nötig, verringert werden können. Denn die gesellschaftliche und kulturelle Grundstimmung für einen Abschied aus dem Zeitalter der konventionellen Verbrennungskraftmaschinen ist da. Die digitale Revolution macht Dinge möglich, die vormals undenkbar oder mit hohen Transaktionskosten verbunden waren. Im zweiten Kapitel werden die energietechnischen und -wirtschaftlichen Voraussetzungen einer auf „100 Prozent Erneuerbaren Energien beruhenden Mobilität“ beleuchtet. Tenor dieses Kapitels ist: im Prinzip sind alle Elemente für den Wandel vorhanden. Der Ausbau der fluktuierenden Erneuerbaren Energien Wind und Solar treibt auch die Elektrifizierung des Verkehrs voran. Umgekehrt profitieren beide auch von einer neuen, intelligenten Organisation des Verkehrs, die netzstabilisierend wirkt (Glättung von stochastischen Residuallasten). Allerdings erfordert dies einen fundamentalen Strukturwandel.

Der Umbau von einer zentralen zu einer dezentralen Versorgungswirtschaft ist im Strombereich bereits in vollem Gange. Der Verkehrssektor verharrt hingegen in Stagnation, weil die Zahl der Kraftfahrzeuge weiterhin das Maß das Dinge bleiben und Veränderungen blockieren. Die überfällige „Transformation des Verkehrs“ in eine multimodale Verkehrspraxis, in der alle Verkehrsträger neu kombiniert werden, steht daher im Zentrum des dritten Kapitels. Darin wird die postfossile Vision als Ergebnis einer „schlauhen Vernetzung“ von Verkehrsmitteln und Energieanlagen in dezentralen Netzen entwickelt, wobei die Ausprägungen sich in der Stadt und auf dem Land erheblich unterscheiden. In allen Varianten wird den „Prosumenten“ und daran anknüpfend innovativen Dienstleistern eine Schlüsselrolle übertragen. Um diese Zukunftsvorstellung zu illustrieren und zu personalisieren werden drei Kurzzechnarien eingestreut. Sie sollen veranschaulichen, dass die postfossile Mobilität von morgen kein von Verzicht geprägtes karges Leben bedeutet, sondern vielmehr eine Optionsvielfalt für viele eröffnet und nicht nur einer kleinen privilegierten Schicht vorbehalten bleibt.

Die „Neue Verkehrswelt“ fällt jedoch nicht vom Himmel. Sie muss vielmehr bewusst und proaktiv hergestellt werden. Welche „Weichenstellungen für die Transformation“ empfohlen werden, wird im abschließenden vierten Kapitel erörtert. Dabei werden Anleihen aus der Geschichte der Durchsetzung des Automobils als Massenverkehrsmittel genommen. Denn auch für dieses heute so populäre Gerät musste der Erfolg erst erzwungen werden. Hieraus werden Strategien für einen erfolgreichen Einstieg in die postfossile Mobilität abgeleitet und strategische Stellschrauben identifiziert. Ambitionierte Grenzwerte für CO₂-Emissionen sowie eine flächendeckende, qualifizierte Bewirtschaftung von Verkehrs- und Parkflächen sind dabei die wirksamsten Mittel, um eine schlaue Organisation des Verkehrs voranzutreiben, die Auslobung von dezentralen, gesellschaftlichen Laborräumen soll die Potenziale der Zivilgesellschaft als eine bedeutsame Unterstützerguppe der Energie- und Verkehrswende heben.

Es braucht dazu eine „Allianz der Willigen“: wenn alle Erneuerbaren Energien Beiträge zu einer drastischen Reduzierung der Treibhausgasemissionen leisten und auch die Schiene und die öffentlichen Verkehrssysteme wirksam und in neuer Form eingebunden werden, dann kann aus einer Überflusswirtschaft mit einem Zuviel an immer gleichen Gerätschaften eine effiziente und nachhaltige Gesellschaft entstehen.

1.1 Die Herausforderung

Der Ausgangspunkt für diese optimistische Transformation ist ein absehbares Problem. Schon in wenigen Jahren werden wir in Deutschland die Hälfte unserer Primärenergie für den Transport von Personen und Gütern verwenden. Der motorisierte Individualverkehr – also das Auto – ist alleine für fast vier Fünftel der Verkehrsleistungen im Personenverkehr verantwortlich, der Anteil der nicht fossilen Brennstoffe ist gering und wird im Wesentlichen durch Biokraftstoffe gedeckt. Selbst der spurgeführte und strombetriebene öffentliche Verkehr hat den Anteil der regenerativen Energien beim Fahrstrom für den gesamten Nah- und Fernverkehr bisher nur wenig über ein Drittel der eingesetzten Energiemengen steigern können. Vor diesem Hintergrund lauten die zentralen Fragen der vorliegenden Studie:

- Wie kann es gelingen, den Verkehr mit Personen und Gütern zukünftig vollständig mit Erneuerbaren Energien zu betreiben?
- Wie sieht dazu die Prognose der Verkehrsnachfrage, ihre Verteilung auf die verschiedenen Verkehrsträger und wie die Abschätzung des künftigen Verkehrsverhaltens bis 2030 und darüber hinaus aus?
- Was muss getan werden? Wie sehen Empfehlungen für förderliche Rahmenbedingungen und für eine politische Strategie für eine nachhaltige Mobilität von morgen aus?

1.2 Optionen für eine postfossile Verkehrszukunft

Eine Energiewende, die mehr als eine Stromwende ist, wird es ohne eine **Verkehrswende** auch nicht geben.

Dabei sind die Voraussetzungen des Wandels und des Übergangs in eine postfossile Mobilitätskultur bereits heute gegeben. Deutschland verfügt als hochindustrialisiertes Land über das technologische Potenzial und über das zivilgesellschaftliche Vermögen für eine nachhaltige Verkehrszukunft und kann damit Modell für den Wandel in eine nachhaltige Versorgungswirtschaft auf der Basis einer Kombination unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger sein. Eine sukzessive Elektrifizierung der Flotte der Pkw und leichten Nutzfahrzeuge wird dazu führen, dass Biokraftstoffe ihre Anteile bei den schweren Nutzfahrzeugen und Bussen sowie mittel- und langfristig auch im internationalen Luftverkehr vergrößern werden. Veränderte Wertpräferenzen und die Optionen der digitalen Informations- und Kommunikationstechniken erlauben eine enge Verzahnung der Verkehrsträger und damit eine integrierte und bequeme Nutzung aller Verkehrsmittel weit über das bisher gekannte Maß hinaus. Möglich wird der Wandel, weil das Auto als langjähriger Fixpunkt der Verkehrspolitik kein knappes und heißersehntes Produkt mehr ist. Autos werden wie Gas, Wasser oder Strom zu einer Commodity, sie sind einfach massenhaft verfügbar. Man kann also damit beginnen, sie schlauer und damit effizienter einzusetzen und mit anderen Verkehrsmitteln, insbesondere mit Bussen und Bahnen, zu einem Gesamtangebot zu integrieren. Gleichzeitig können überschüssige Erneuerbare Energien genutzt werden, denn der steigende Anteil von volatilen Erzeugungsformen erfordert den Einstieg in komplementäre, dezentrale Netzstrukturen. In diesen neuen Versorgungsformaten laufen die Energieproduktion und die Verkehrsorganisation zusammen.

In den Großstädten ist eine **intermodale Verkehrspraxis** schon heute alltäglich, der ständige Wechsel zu dem gerade passenden Verkehrsmittel eine gängige

Praxis. So schwinden in den Agglomerationsgebieten und sogar im ländlichen Raum die Ansprüche, ein eigenes Auto besitzen zu müssen. Moderne „Hub-and-Spoke-Konzepte“ schaffen die Voraussetzung für eine hohe Verfügbarkeit und eine effiziente Bewirtschaftung auch im kleinräumigen Verkehr. Wohn- und arbeitsortnah stehen Fahrzeuge für private und gewerbliche Zwecke jederzeit in flexibler Bedienform bereit. Bahnhöfe erleben eine Renaissance und werden zum Nukleus der Zusammenführung von Energie- und Verkehrswende, sie synchronisieren die Verbindung der unterschiedlichen Systeme, sie repräsentieren als Hub dezentrale Versorgungsleistungen. Alles funktioniert digital und transaktionskostenarm. Der Schwerlastverkehr, der zum erheblichen Anteil mit Biokraftstoffen betrieben wird, wird ebenfalls mit Hub-and-Spoke-Verfahren organisiert, wobei die Verteilung noch weitgehend im Einzelwagenverkehr auf der Straße abgewickelt wird.

Diese „neue Verkehrswelt“, in der der Überfluss an Gerätschaften und Energien in intelligenter Weise und für die Nutzer bequem und effizient organisiert ist, muss aber auch gewollt und aktiv organisiert werden. Hierzu sind mutige und weitblickende Entscheidungen notwendig, die von der Einsicht in die Notwendigkeit des Wandels getragen werden. Davon gilt es konkrete Maßnahmen abzuleiten, die kurzfristig wirksam werden können, um den Prozess des Wandels einzuleiten. Denn der historische Vergleich zeigt: Die über viele Jahre geltende Fixierung auf das eigene Fahrzeug als zentrales Element des modernen Lebens musste durch eine Vielzahl von Infrastrukturinvestitionen sowie durch finanz- und ordnungspolitische Privilegien erst „hergestellt“ werden. Das Deutsche Reich startete den Autobahnbau als großtechnisches Projekt zu einer Zeit, als es noch gar keinen privaten Automarkt gab. Der Westberliner Senat fasste Ende der 1950er Jahre den Entschluss, die Straßenbahnen abzuschaffen und auf den Autoverkehr zu setzen, obwohl zu dieser Zeit zwei Drittel des gesamten Personenverkehrs der geteilten Stadt mit diesem Verkehrsmittel absolviert wurde.

1.3 Voraussetzungen, Trends und Maßnahmen

Die Studie geht von folgenden Trends und Voraussetzungen aus:

- Der Zubau an fluktuierend einspeisenden Erneuerbaren Energien wird stetig und ambitioniert fortgesetzt, die Zahl der dezentralen Erzeuger nimmt dabei weiter zu, die Gestehungskosten für die produzierte Kilowattstunde sinken deutlich.
- Die Zahl der zugelassenen Pkw und Lkw steigt bis 2020, wenn auch etwas moderater.
- Digitale Informations- und Kommunikationstechniken bestimmen den Zugang zu Verkehrsmitteln, jedes Gerät hat eine eigene digitale Signatur und wird Teil des „Internets der Dinge“.
- Die sich verschiebenden Wertpräferenzen und der Überfluss an Gerätschaften führen dazu, dass das persönliche Eigentum an Verkehrsmitteln zunehmend an Bedeutung verliert.
- Das zivilgesellschaftliche Engagement nimmt zu, Bürger wollen nicht mehr nur gefragt werden, sondern beteiligen sich als „Prosumenten“ aktiv an der Energiewende.

Die in dieser Studie formulierten politischen Maßnahmen werden von der Leitidee inspiriert, dass eine postfossile Mobilität nicht nur eine hohe Lebensqualität und eine erweiterte zivilgesellschaftliche Beteiligung bedeuten, sondern auch ein enormes technologisches Modernisierungsprogramm darstellt. Die vorgeschlagenen Maßnahmen zielen darauf, eine effiziente Versorgungsstruktur zu etablieren und das Abdriften in eine bloß verschwenderische Massengesellschaft zu vermeiden. Während die bisherigen Programme von Bund und Ländern in erster Linie reine Technologieförderprogramme waren, müssen künftig der Ordnungsrahmen mitgedacht und neue Beteiligungsmodelle eingeführt werden. Der reine Überfluss an Gerätschaften schafft keinen Mehrwert und lässt sich nicht exportieren, nur eine intelligente und beteiligungsoffene Gesellschaft hat Aussicht auf eine ökonomisch auskömmliche und nachhaltige Zukunft.

1.4 Erläuterungen und Hintergründe

Erste Schritte auf dem Weg in eine Nullemissions-Gesellschaft sind bei der Stromerzeugung gemacht, der Anteil der Erneuerbaren an der bundesdeutschen Stromproduktion von 28 Prozent im Jahr 2014 ist dafür ein beeindruckendes Zwischenergebnis. Der Verkehr steht hier erst am Anfang, er muss ebenfalls grundlegend umgestaltet werden. Der Löwenanteil wird auch weiterhin durch den Individualverkehr erbracht, durch eine digitale Vernetzung gewinnen aber auch Busse und Bahnen an Bedeutung. Durch die Vielzahl der Gerätschaften lassen sich neue Nutzungskonzepte realisieren, die eine deutlich effizientere Verkehrsorganisation erlauben. Die Unternehmen der öffentlichen Verkehrswirtschaft übernehmen dabei in wachsendem Umfang logistische Aufgaben bei der Bereitstellung sowie der Disposition der Verkehrsmittel.

Für die anstehende Verkehrswende ist die Erfolgsgeschichte der Erneuerbaren Energien im Stromsektor ermutigend, weil sie eben kein technokratisches Projekt „von oben“, sondern vielmehr ein dynamischer Prozess „von unten“ ist. Viele Menschen, Initiativen, Projekte und Firmen haben damit begonnen, die Produktion und Distribution von Strom sowie – bisher weniger häufig – auch Wärme in die eigenen Hände zu nehmen. Die Zivilgesellschaft ist in der Form von Energiegenossenschaften wichtiger Akteur der Energiewende geworden. Über 900 Energiegenossenschaften gibt es bereits in Deutschland, davon haben sich allein im Jahr 2013 mehr als 150 gegründet, um Solar- oder Windenergieanlagen zu errichten. Dieses Potenzial gilt es auch bei der „Selbstorganisation der Verkehrsmittelnutzung“ zu nutzen.

Die Erneuerbaren Energien sind vorwiegend in dezentralen Erzeugungsstrukturen eingebettet. Das bedeutet zugleich, dass die Verantwortung für Strom, Wärme und Mobilität dorthin wandert, wo die Zivilgesellschaft eigene Kompetenzen erwirbt, wo Städte und Gemeinden eine neue Handlungs- und Gestaltungsmacht entwickeln können und wo sich auch für Unternehmen neue Chancen einer stärkeren eigenen Versorgung eröffnen. Über Jahrzehnte war die En-

ergieproduktion eine Angelegenheit großer Versorgungsunternehmen, eingebunden in einer hierarchischen Netzstruktur. Mit einem steigenden Anteil der Erneuerbaren funktioniert das nicht mehr. Es ist offensichtlich, dass in einer „Bottom-up“-Perspektive der Bedarf und das Angebot an Energie durch ein dezentrales Lastmanagement besser auszugleichen sind und diese Netzorganisation daher an Bedeutung gewinnen wird. Allerdings bleibt in solchen „Schlaufen Netzen“ mit seinem steigenden Anteil an selbstversorgender, volatiler Energie das Speicherproblem auf der Tagesordnung und die Versorgungssicherheit muss durch den Netzbezug im Sinne der Übernahme von Gemeinschaftslasten bezahlt werden. Dezentralität bedeutet nicht den Ausstieg aus der Solidargemeinschaft, sondern den Einstieg in eine effiziente, neue Versorgungslogik, die zu einer transparenten Lastenzuschreibung und demokratischen Lastenverteilung führt.

Das Zusammenschalten dezentraler Anlagen in virtuellen Kraftwerken, Lastverschiebungen und verteilte vorhandene Speicherkapazitäten können helfen, das mit steigenden EE-Anteilen an der Stromproduktion wachsende Problem zu lösen, mit stark schwankenden Residuallasten umgehen zu müssen. Hier kommen die elektrischen Fahrzeuge ins Spiel – und zwar neben den traditionellen elektrischen Schienenverkehrsmitteln ebenso Autos, die sowohl batteriegeladen sind als auch künftig auf der Basis von Brennstoffzellen mit Wasserstoff betrieben werden. In E-Mobilflotten lassen sich das Gesamtsystem entlastende Speicherleistungen und neue Verkehrsformen gleichermaßen organisieren. Die Entlastungen bestehen sowohl im Sekunden- und Minutenbereich von Verteilnetzen als auch im Stundenbereich, um tageszeitliche Schwankungen auszugleichen. Variable Tarife können für eine Annäherung von Produktion und Nachfrage ein taugliches Instrument sein und Flottenbetreiber und private Haushalte zu bidirektionalem Laden veranlassen. Überdies bietet die Umwandlung überschüssigen EE-Stroms in Wasserstoff oder EE-Gas und von Biogasen in Biomethan die Chance, auch über Tage und Wochen Ausgleichsenergie zu speichern. Eine solche mehrfache Pufferfunktion kön-

nen EE-Fahrzeuge am besten erfüllen, wenn sie professionell und unter Einsatz präziser Angebots- und Nachfrageprognosen in Flotten eingesetzt werden. Für mehrere Millionen Fahrzeuge, die als Mietwagen oder beispielsweise als Auslieferungsfahrzeuge genutzt werden, ist eine solche erweiterte Flottenkonzeption umsetzbar. Die technologische Kompetenz ist in Deutschland dazu sehr hoch, die Beteiligungsbereitschaft der Bevölkerung gegeben, es mangelt an geeigneten Rahmenbedingungen und ökonomischen Anreizen diese Potenziale zu nutzen.

Im Verkehrsbereich sind die Veränderungen in den Grundeinstellungen bereits erkennbar. Jugendliche in Städten erwerben zwar wie ihre Altersgenossen auf dem Land nach wie vor den Führerschein, sie fahren aber deutlich weniger mit dem Auto. Für sie gewinnen Busse und Bahnen, aber vor allem das Fahrrad an Bedeutung. Beim Kaufverhalten gibt es seit Jahren eine deutliche Verschiebung weg vom eigenen Auto. Bei den persönlichen Anschaffungen haben Mobiltelefone und Tablets bei den jungen Generationen die höchste Priorität. Es wird zunehmend beliebt, Autos nicht mehr zu kaufen, sondern zu teilen. Privates Autoteilen und professionelles Carsharing nehmen gleichzeitig zu, zumal über Echtzeitinformationen und Buchungssapplikationen auf dem Smartphone das Handling des Autoteilens so einfach wie nie zuvor ist. Alle großen Verkehrserhebungen zeigen: Die Einstellungen und Präferenzen verschieben sich zugunsten von intermodalen, also vernetzten Verkehrsangeboten. Die Loslösung vom exklusiven Privatfahrzeug hat dort begonnen, wo Smartphone-gewöhnte Städter einfach und zuverlässig auf Alternativen zugreifen können und Flexibilität mehr schätzen als statusanzeigenden Privatbesitz. Es vergeht kaum ein Monat, an dem nicht ein weiteres Start-Up mit einer neuen „App“ Verkehrsdienste anbietet. Pragmatisch und unter der Hand realisiert sich der Gemeinschaftsgedanke und vorhandene Transportkapazitäten werden besser ausgelastet.

Diese Tendenzen gilt es zu nutzen. Allerdings ist außerhalb der großen Städte durch die über Jahrzehnte gewachsene autoaffine Siedlungsstruktur die Bedeu-

tung des Autos weiterhin hoch. Die eingeübte Praxis, das Leben um das eigene Auto herum zu gruppieren, wirkt noch über Jahre nach. Die gewünschte „De-karbonisierung“ kann aber auch dort gelingen. Denn selbst auf dem Land lösen sich mehr und mehr die emotionalen Bindungen zum Auto. Gleichzeitig droht aber die Zahl der Fahrzeuge in dramatischer Weise zu steigen, wenn nicht durch intelligente Nutzungen mehr Effizienz und eine Lebensqualität erreicht werden. Die Grundregel lautet: der kleinräumige Verkehr wird in individualisierten Fahrzeugen unternommen („Spoke“), längere Strecken („Hubs“) mit der Schiene absolviert, wobei die Übergänge fließend und barrierefrei sind. Für eine Übergangszeit werden effiziente und zumindest anteilig mit Biokraftstoffen betriebene Autos mit Verbrennungsmotorteknik weiterhin eine wichtige Rolle spielen. Schon heute lässt sich beispielsweise ein VW Eco Up mit Biogas fahren, das je nach Verfahren der Verwertung von Bioreststoffen bis zu 90 Prozent weniger CO₂ als konventionelle Kraftstoffe freisetzt. Auch im Jahr 2030 entfallen voraussichtlich noch die Hälfte der Personenkilometer und etwas mehr als 50 Prozent der Tonnenkilometer auf „Alttechnik-Fahrzeuge“. In der Übergangsphase auf dem Weg zu einer postfossilen Mobilität verschieben sich aber gleichzeitig für die volkswirtschaftlich so bedeutsame Automobilindustrie die Wertschöpfungsanteile. Weniger die Geräte selbst, sondern mehr die Dispositions-, Zugangs-, Buchungs- und Abrechnungsdienstleistungen werden wichtiger.

Die beschleunigte Einführung von Fahrzeugen auf Basis Erneuerbarer Energien ist möglich und für die Erreichung der gesteckten CO₂-Reduktionsziele notwendig. Netzfremde E-Fahrzeuge können vor allem in Flotten gesteuert be- und entladen werden. Die Integration der E-Mobilität in dezentrale Netze wird durch die digitale Verknüpfung des Verkehrs zu einer intermodalen Verkehrspraxis führen, bei der der Schienenverkehr das Rückgrat darstellt. Die Industrie wird von der Nachfrage nach mehr Dienstleistungen auf Grundlage einer leistungsfähigen Informationstechnik profitieren. Eine postfossile Mobilität kommt aber nicht einfach so, dafür müssen die Rahmenbedingungen geschaffen werden. Das ist angesichts der

chinesischen, koreanischen und japanischen E-Fahrzeug-Strategien nicht zuletzt ein industriepolitisches Postulat. Neben den klassischen Instrumenten ambitionierter Emissionsgrenzwerte ist ein Regulierungsrahmen zu setzen, der Prosumenten adressiert und Anreize für einen Lastausgleich schon auf der Verteilnetzebene schafft. Vieles wird gesellschaftspolitisch bereits dann erreicht, wenn das Prinzip der „(Verkehrs-)Flächengerechtigkeit“ zum Leitmotiv für den Zugang zu Stadt- und Verkehrsflächen wird. Aber es gilt auch weiter zu experimentieren und die neuen Formen der Zusammenarbeit zu erproben, denn keine der existierenden Geschäftsmodelle sind auf diese neue Welt vorbereitet. Offene technische, wirtschaftliche und die konkrete Nutzung betreffende Fragen sollen in umfangreichen Praxistests untersucht werden. Ziel ist dabei immer, die vorhandenen Möglichkeiten experimentell unter Realbedingungen zu nutzen, um schlau organisiert, effizient, bequem und nachhaltig unterwegs zu sein.

Das Ziel der Elektromobilitätsinitiative der Bundesregierung, 1 Million Elektrofahrzeuge bis 2020 auf Deutschlands Straßen zu haben, ist nur zu schaffen, wenn es neu justiert wird: Es geht um alle Antriebsformen, die auf der Basis der Erneuerbaren zu betreiben sind und um eine effiziente Kombination aller Verkehrsmittel. Nur wenn auf das gesamte Angebot der Erneuerbaren zurückgegriffen wird und batterieelektrische Elektrofahrzeuge mit dem schon weitgehend elektrifizierten Verkehr auf der Schiene verknüpft sind, kann die Energie- und Verkehrswende gelingen. So lassen sich alle technologischen Optionen in einer neuen intelligenten Weise kombinieren und für mehr Lebensqualität sorgen.

2 Keine Energie- ohne Verkehrswende

2.1 Stand heute: Verkehr ist das klima- und energiepolitische Problem

Die Energiewende in Deutschland ist bisher eine Stromwende. Die Sektoren Wärme/Kälte und Verkehr sind träge, in den letzten Jahren hat sich beim Verkehr der Anteil der Erneuerbaren gemessen in Terrawattstunden (TWh) nur leicht erhöht und relativ zu den fossilen Energien sogar noch etwas verringert (siehe Abb. 1).

Der kleine EE-Anteil im Verkehr wird fast ausschließlich von den Biokraftstoffen getragen, Tendenz sinkend. Der seit 2009 vielfach angekündigte „Markthochlauf“ der Elektromobilität, der nicht zuletzt auf einem bevorzugten Einsatz von EE basieren sollte, bleibt bisher aus. Dabei bietet der Paradigmenwandel vom Verbrennungsmotor zur Elektromobilität erhebliche Chancen, weil er zu Innovationen zwingt, die über das

bisherige Muster der inkrementellen Verbesserungen der Fahrzeugtechnik hinausgehen (vgl. Canzler, Knie 2011). Das Auto – so wie wir es kennen – einfach 1:1 durch Antriebe auf Basis von Erneuerbaren zu substituieren macht keinen Sinn, weil damit die bestehenden Verkehrsprobleme nicht zu lösen sind. Es gibt einfach zu viele Fahrzeuge, deren Nutzungsintensität mit steigenden Zulassungen auch noch abnimmt. Der Grenznutzen sinkt, die Probleme des Ressourcenverbrauchs und vor allen Dingen die Flächenkonkurrenzen steigen hingegen an. Ein innovatives Antriebskonzept braucht daher auch eine neue Nutzungsform, die die Vorteile der Erneuerbaren auch in tragfähige und wirksame Verkehrskonzepte übersetzt und dabei hilft, alle Verkehrsträger einzubinden und wirksam zu vernetzen. Sonst bleibt es einfach dabei, dass wir weiterhin viel zu viel vom Gleichen haben.

2

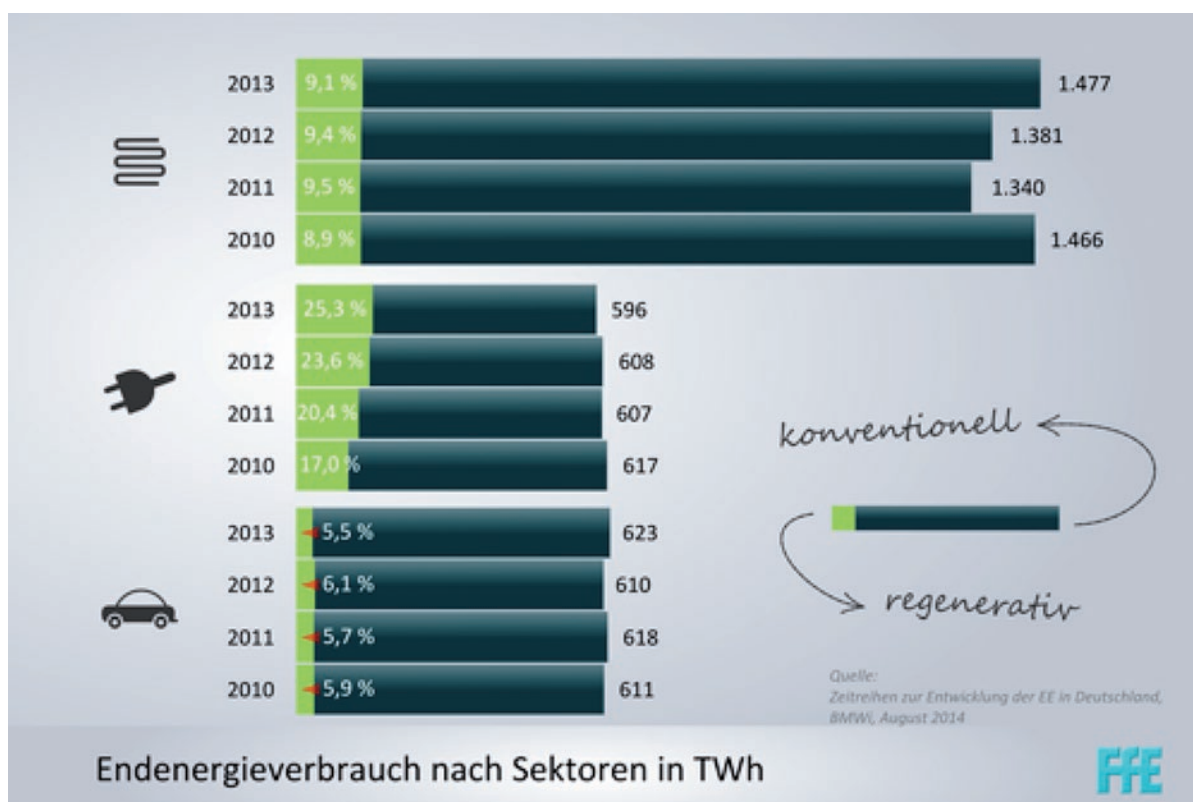


Abb. 1: Erneuerbaren-Anteile der verschiedenen Sektoren. Quelle: ForschungsVerbund Erneuerbare Energien 2013

Daten. Fakten. Trends

Die letzten 20 Jahre waren Jahre des Zuwachses im Verkehr. Es wurden mehr Personen- und mehr Tonnenkilometer zurückgelegt, der Luftverkehr boomte, mehr Autos wurden zugelassen. Der Transport von Gütern hat als Folge und als Treiber der Globalisierung daran großen Anteil (vgl. Prokop/Stoller 2012: 12 ff.). In dieser Studie konzentrieren wir uns allerdings auf den Personenverkehr. Die Personenverkehrsleistung hat sich um ein Viertel erhöht, sie liegt derzeit bei 15.000 Kilometern pro Bundesbürger und Jahr. Davon hat der motorisierte Individualverkehr (MIV) einen Anteil von mehr als 80 Prozent (BMVBS 2014). Jeder Bundesbürger ist also im Schnitt ungefähr 12.000 Kilometer im Jahr mit dem Auto unterwegs. Das zeigt, wie stark der motorisierte Individualverkehr den Verkehrsmarkt immer noch beherrscht.

Das ist kein Wunder bei seiner Verbreitung: auf je 1.000 Einwohner kommen mehr als 500 Autos, insgesamt sind 2012 mehr als 43 Millionen Pkw zugelassen (Dena 2012: 13). Ende des Jahres 2014 werden rund 44 Millionen Pkws auf Deutschlands Straßen fahren oder doch vorwiegend stehen. Dieses hohe Motorisierungsniveau besteht in der alten Bundesrepublik bereits seit den 1980er Jahren, in den neuen Bundesländern wurde es nach einer kurzen Phase der nachholenden Automobilisierung Mitte der 1990er Jahre erreicht. Eine Sättigung scheint nunmehr erreicht (Adolf u.a., 2014). In den letzten Jahren sind die Zuwachsraten deutlich abgeflacht, in den Stadtstaaten gab es sogar eine leichte Abnahme der Zulassungszahlen (ebenda: 68). Schaut man sich die Neuzulassungen in den Jahren 2007 bis 2011 näher an, dann fällt auf, dass die Geländewagen auf Kosten der Kompakt- und Mittelklasse deutlich zulegen. Dazu passt auch, dass gleichzeitig die Motorleistung der neu zugelassenen Fahrzeuge allein in diesen vier Jahren von 95 auf 134 PS gestiegen ist. Diese Segmentverschiebung und die generelle motorische Aufrüstung sind Teil eines Reboundeffektes im Verkehr. Ein Großteil der Verbrauchsoptimierungen, die durch effizientere Motoren und sonstige fahrzeugseitige Verbesserungen zwischenzeitlich erreicht werden konn-

ten, wurde wieder aufgeessen. So ist der absolute Primärenergieverbrauch im Personenstraßenverkehr trotz erheblicher Effizienzgewinne durch verbesserte Fahrzeug- und Motortechnik lediglich um 2,8 Prozent gesunken (UBA 2012: 30).

Nachholende Modernisierung

Nun sind diese Tendenzen der Motorisierung und die Verschiebungen zwischen den Fahrzeugklassen in einem gesättigten Markt wie dem deutschen in einem globalen Maßstab fast unbedeutend. Viel dynamischer geht es in den Weltregionen zu, die noch am Anfang der Motorisierung stehen. Wo neben einer autofixierten Oberschicht erst eine kaufkräftige Mittelschicht entsteht, die ebenfalls auf das eigene Auto setzt, sind die Zuwachsraten enorm. Die deutschen Hersteller verkaufen mittlerweile mehr als die Hälfte ihrer Fahrzeuge in diesen boomenden Märkten außerhalb Europas. Auf den Verkehrsmärkten der BRIC-Staaten – insbesondere und vor allen Dingen in China – spielt die Musik. Denn nach den USA ist China mittlerweile der zweitgrößte Automobilmarkt der Welt. Die Smogbilder aus Peking gingen Anfang 2013 um die Welt. Dabei werden die großen Zulassungswellen erst noch erwartet. Auch die anderen Wachstumsregionen stehen vor enormen Zuwächsen bei den Pkw-Verkäufen. Die Markterwartungen ähneln sich. Denn mit steigenden Einkommen für eine größere Zahl von Haushalten ist in den BRIC-Staaten von einer weiteren Zunahme der Nachfrage nach Automobilen auszugehen. Der Auto-Weltmarkt wächst daher weiterhin in Nordamerika und in Asien, wie die jüngsten Zulassungszahlen belegen (vgl. die Tabelle der Abb. 2).

Verkauft wird dabei immer die klassische Grundform des Automobils, die „Rennreiselimousine“ mit konventionellem Verbrennungsmotor. Zwar werden in den Zukunftsprojektionen weitere Effizienzverbesserungen und eine fortschreitende Ausweitung der Angebotspalette mit zusätzlichen Hybridvarianten unterstellt, aber im Kern gehen alle Prognosen beim Gros der Verkäufe vom familientauglichen Klein- und Mittelklassefahrzeug mit fossiler Antriebseinheit und

	2011	2012	2013*	2014*
Afrika	1.320	1.520	1.514	1.569
Mittel-/Osteuropa	4.357	4.554	4.528	4.292
Lateinamerika (inkl. Light Trucks)	5.663	5.959	6.023	5.699
Westeuropa	12.786	11.740	11.526	12.001
NAFTA (inkl. Light Trucks)	15.161	16.968	18.192	19.081
Asien-Pazifik/Naher Osten	27.010	31.079	33.715	35.582
Weltweit	66.298	71.820	75.498	78.223
* vorläufige Schätzungen				

Abb. 2: Anzahl der weltweiten Pkw-Neuzulassungen von 2011 bis 2014 nach Regionen (in 1.000). Quelle: Statista 2014

den gewohnten Leistungsmerkmalen aus. Doch was bedeutet das für den Energiebedarf und für den globalen CO₂-Ausstoß und damit letztlich für den Klimaschutz? Ungefähr 1,5 Milliarden Autos, also noch einmal die Hälfte mehr als zur Zeit, fahren nach diesen Prognosen in 5 bis 6 Jahren auf dem Globus herum (vgl. Shell 2014), davon die allermeisten mit einem Antriebsaggregat, das im günstigen Fall ein Zehntel weniger Klimagase emittiert als ein heutiger Motor. Je erfolgreicher das klassische Auto-Konzept ist, desto problematischer sind die Folgen für das Weltklima.

Kritische CO₂-Emissionen

Die Fakten zum Verkehr zeigen vor allem eines: Es kann bei der Energiewende und bei der klimapolitisch gebotenen Reduktion der Treibhausgasemissionen nicht nur um Strom gehen. Schauen wir auf die Treibhausgasemissionen der verschiedenen Sektoren in Deutschland, zeigt der Vergleich, dass der Verkehr – ebenso wie die Landwirtschaft – hinsichtlich der angestrebten Reduktion der CO₂-Emissionen auf der Stelle tritt (vgl. Abb. 3).

Seit Jahrzehnten gibt es bei den Automodellen zwei sich ergänzende Trends: zum einen fächert sich die Modellpalette laufend aus. Im Jahresrhythmus kommen neue Typvarianten hinzu. Für die Kunden verfeinert sich das Angebot damit, Typklassen erhalten Unterklassen, zugleich wächst die Vielfalt der Varianten innerhalb eines Modelltyps. Mithilfe von Plattform- und Bausatzstrategien können die Autobauer diese Angebotserweiterung zu vertretbaren Produktionskosten leisten. Gerade die deutschen Hersteller halten sich zugute, mit ihrer Produktdiversifizierung die Wettbewerber auf Abstand halten zu können. Zum anderen sind die Autos im Durchschnitt fast durchgängig größer, schwerer und schneller geworden. Auf den

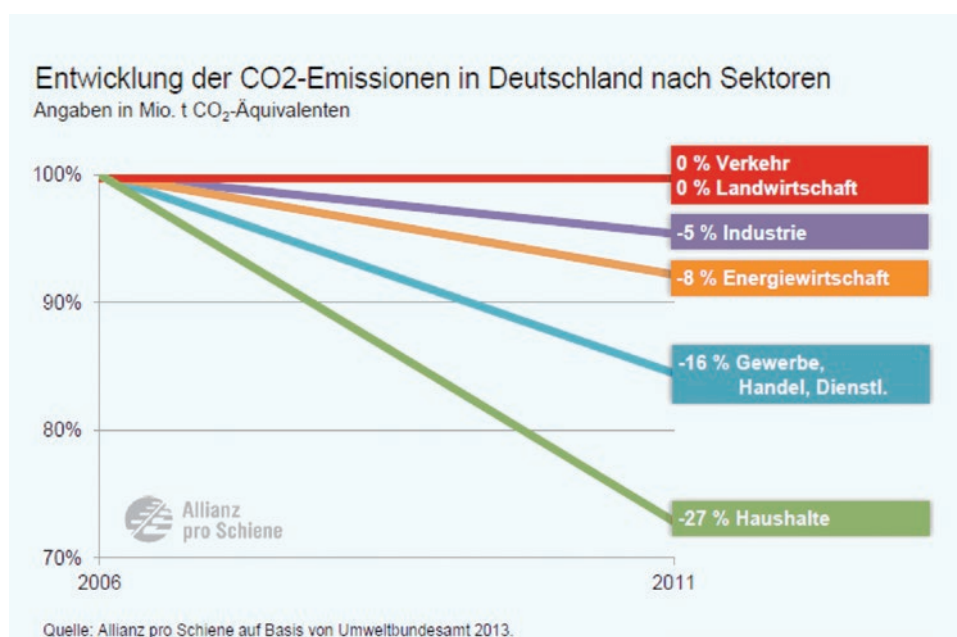


Abb. 3: Anteil der verschiedenen Sektoren am CO₂-Ausstoß in Deutschland

deutschen Automarkt bezogen, sind mit Ausnahme einer kurzen Phase nach Einführung der Abwrackprämie 2009 seit Jahrzehnten die neu zugelassenen Autos diesem Muster gefolgt. Beide Trends vermischen sich seit einigen Jahren im Boom der bereits erwähnten sportlichen Geländewagen. Viele Limousinen- und Schrägheckmodelle haben mittlerweile einen großen „SUV-Bruder“ erhalten, der auf dem gleichen Chassis aufsetzt, aber durch seine spezifische Form und wegen seiner höheren Motorleistung eben auch mehr verbraucht und folglich mehr CO₂ emittiert. Beispielsweise stößt der mit einem 110 PS-Dieselmotor ausgestattete VW Tiguan 139 Gramm CO₂ je Kilometer aus, während der mit einem 105 PS-Dieselmotor angetriebene VW Golf nur 99 Gramm emittiert (Dudenhöffer 2013). Im Jahr 2012 lag der SUV-Anteil bei den Neuzulassungen schon bei 16 Prozent. Für die deutsche Autoindustrie gehört der SUV zum Kern ihrer „Premium-Strategie“, so rühmt sie sich der besonderen Fortschritte, die gerade die SUV in den letzten Jahren bei den CO₂-Emissionen gemacht haben (VDA 2012). Das verwundert nicht wirklich, da dieses Segment nicht mehr nur aus den großen „Offroadern“ besteht, sondern im Zuge der Diversifizierung der Modellpalette insgesamt jetzt auch verschiedene Derivate in anderen Fahrzeugklassen umfasst.

Mit Blick auf die Grenzwertvorgaben der EU-Kommission für die durchschnittlichen CO₂-Emissionen wird es für die deutschen Premiumanbieter allerdings zum Problem, wenn der SUV-Anteil bei den Neuzulassungen weiter steigt. Da die CO₂-Emissionen aus den Verbrennungsmotoren direkt an den Verbrauch gekoppelt sind, können die Zielvorgaben der Bundesregierung und der EU-Kommission, nämlich bis zu 60 Prozent weniger CO₂-Emissionen im Verkehr bis 2050, nur bedeuten: weniger Verkehr, sparsamere Fahrzeuge und andere Verkehrskonzepte. Eine technische Lösung etwa über Filter oder Abscheidesysteme gibt es nicht und ist auch nicht in Sicht.

Die EU-Grenzwerte sind dabei – ganz unabhängig vom Boom der SUV und den besonderen Problemen der deutschen Premiumstrategie – noch wenig ambitioniert (EU-Kommission 2012). Die 130 gr/km

bis 2015 sind für die meisten Anbieter schon länger absehbar zu erreichen (Lamparter 2012). Daher sind die beschlossenen 95 gr/km für das Jahr 2021 keineswegs besonders ehrgeizig. Die neue S-Klasse der Daimler AG schafft es mit Hilfe der Hybridtechnik bereits jetzt, deutlich unter 90 gr/km zu kommen. Außerdem sollte unserer Ansicht nach – auch noch weitergehender, als es das Zukunftsszenario der Umweltverbände jüngst gefordert hat (vgl. WWF Deutschland et al. 2014) – über das Jahr 2021 hinaus frühzeitig eine weitere ehrgeizige Absenkung festgelegt werden. Weitere schrittweise jährliche Reduktionen könnten so das Momentum des Umbaus der Antriebe auf Erneuerbare noch weiter verstärken. Das schafft Planungssicherheit für Fahrzeughersteller und verbessert die Einführungsbedingungen für alle alternativen Antriebe. Klar ist aber auch: die Grenzwerte sind zukünftig nicht das Wichtigste. Es geht um andere Autos, weniger Autos in der Stadt und um umfassende Verkehrsdienstleistungen, bei denen insbesondere der Verkehrsträger Schiene verstärkt eingebunden wird. Es geht also nicht mehr länger um immer mehr vom Gleichen, sondern um Vielfalt und Vernetzung. Die Kunst des Gelingens besteht darin, den Wunsch nach individueller, räumlicher Bewegung durch eine hoch effiziente Nutzung aller bestehenden Verkehrsmittel zu erfüllen.

2.2 Antriebstechniken und CO₂-Reduktionspotenziale im Überblick

Die CO₂-Emissionen der verschiedenen Verkehrsmittel differieren, ihr Mix entscheidet über den persönlichen ökologischen Fußabdruck. Die Durchschnittswerte hängen jedoch wesentlich vom Besetzungsgrad ab – wie die Übersicht in der Abbildung 4 zeigt, die auf für die Bundesrepublik realistischen Besetzungsgraden beruht.

Die Übersicht ist allerdings unvollständig. Es ist Zeit auch die Verkehrsmittel zu unterstützen, die gar nicht aufgeführt sind: das Zufußgehen und das Fahrradfahren (vgl. Schade et al. 2011; UBA 2014). Im Interesse

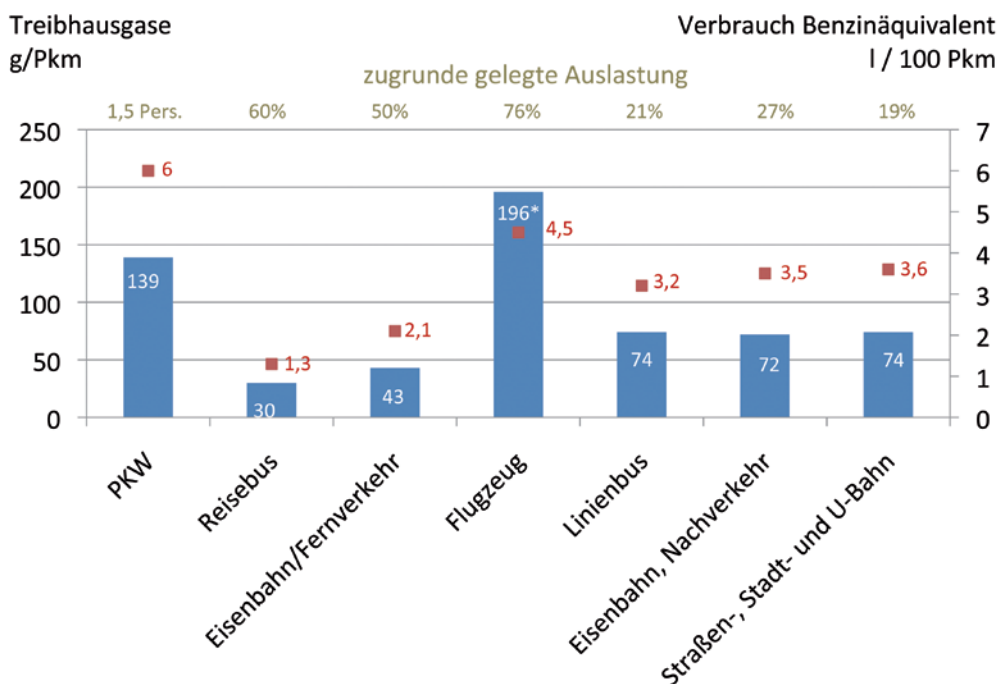


Abb. 4: Vergleich der Treibhausgasemissionen und des Verbrauchs als Benzinäquivalent einzelner Verkehrsträger im Personenverkehr – Bezugsjahr 2012; *: unter Berücksichtigung aller klimawirksamen Effekte des Flugverkehrs (EWF = Emission Weighting Factor = 2). Quelle: Umweltbundesamt v. 5.9.2014 nach TREMOD 5.41

des Klimaschutzes sind beide nach Kräften zu fördern. Das passiert zumindest beim Fahrrad in allen Städten, die sich eine moderne nachhaltige Stadtentwicklung auf die Fahnen geschrieben haben. Ob Kopenhagen, Mailand, London oder New York: Die Verkehrsplaner in den großen Metropolen sind sich einig: Das Fahrradfahren soll eine neue Renaissance erleben und zu einem (wieder) wichtigen urbanen Verkehrsmittel werden. Dafür wird in Fahrradwege, Abstellplätze und Verleihsysteme investiert.

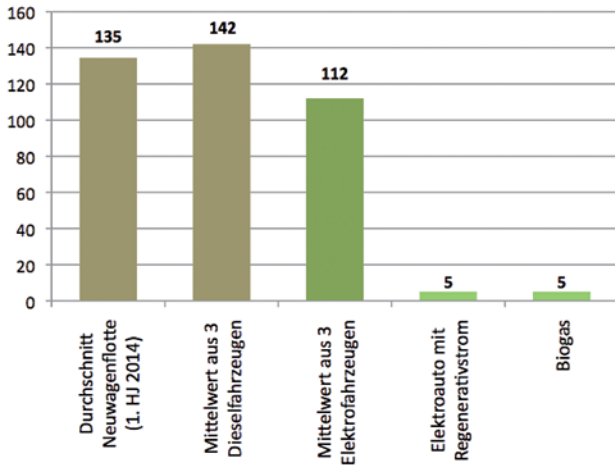
Doch selbst die fahrradfreundlichste Stadt braucht den motorisierten öffentlichen und auch den privaten Verkehr. Nun bieten technische Innovationen wie die Elektrifizierung auf Basis der EE und die Substitution fossiler durch biogene Kraftstoffe die Chance, die Emissionen im motorisierten Verkehr gegen Null zu drücken. An technischen Alternativen wird seit langem geforscht, aber die Zukunft der postfossilen Mobilität ist keineswegs nur eine technische Frage. Einseitige Interpretationen in hochspezialisierten Fachkreisen zugunsten theoretisch für möglich gehaltenen

Optimierungen bewährter Techniken und kaum kalkulierbare potenzielle Innovationen erschweren die Beurteilung unterschiedlicher Optionen zudem. Bei aller Unsicherheit hilft es dennoch, einen Überblick zu gewinnen, welche Antriebstechniken und Kraftstoffvarianten verfügbar und welche Perspektiven mit ihnen verbunden sind. Im Folgenden geht es daher um eine skizzenhafte Abschätzung sowohl der konventionellen Antriebstechniken einschließlich der aus erneuerbaren Quellen gewonnenen alternativen Kraftstoffe als auch um die verschiedenen Varianten von E-Mobilität. Die CO₂-Emissionen von Pkw lassen sich im Überblick wie in Abb. 5 dargestellt bilanzieren.

Konventionelle Techniken

Ein Großteil der Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen in der Autoindustrie wird nach wie vor für die Optimierung der konventionellen Antriebstechnik eingesetzt. Dabei stehen die Verbrauchsreduktion und die Minimierung von Schadstoffemissionen im

CO₂-Emissionen von PKW [g/km]



CO ₂ Emissionen in gr/km	BEV*	Diesel
Smartfortwoed/SmartFortwoCoupécdi	87	88
Nissan Leaf / Audi A3 1.9 TDI e	114	119
Tesla Model S / Mercedes S 320 CDI	135	220

I* im Ø = Strommix in Deutschland 2013

.Quelle:AnmerkungBiogas:5gr/kmbeieinerErzeugungausAbfallstoffen und dezentraler Verteilung

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Statista 2014 und ADAC-Autotests 2008–2013

Abb. 5: CO₂-Emissionen nach Antriebs- und Kraftstoffvariante

Vordergrund. Partiiell ergeben sich dabei Zielkonflikte, die nicht zuletzt mit verbesserten Treibstoffen gelöst werden sollen. Bezogen auf die CO₂-Emissionen wird in der Branche einhellig von einem Einsparpotenzial von 25 bis 30 Prozent bei der innermotorischen Verbrennung ausgegangen. Darüber hinaus wird immer wieder der Karosseriebau adressiert, wo mit leichten Materialien eine Umkehr der Tendenz zur Gewichtszunahme der Fahrzeuge erreicht werden soll. So sollen in Summe theoretische Effizienzgewinne von 40 Prozent und mehr realisiert werden (vgl. BMVBS 2013).

Die Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors als aus der Sicht der Autoindustrie bewährtem Antriebsaggregat steht im Mittelpunkt aller Bemühungen um weniger Verbrauch und damit weniger Klimagasausstoß je Kilometer (vgl. Schade et al. 2012: 97 ff.). Gemeint sind neben Downsizing und Turboaufladung die Direkteinspritzung, der so genannte variable Ventiltrieb

sowie die Verringerung der innermotorischen Massen und Reibungswiderstände. Zusätzlich wird an einer temporären Abschaltung von Zylindern und an der Verbesserung von Start-Stopp-Systemen gearbeitet. In den letzten Jahren wurden in entsprechenden FuE-Vorhaben durch den Einsatz dieser Technologien Effizienzgewinne beim Ottomotor erreicht, die dazu geführt haben, dass der lange Zeit signifikante Verbrauchsvorteil des Dieselmotors geschrumpft ist. Allerdings sind bisherige Einsparerfolge bei den Antriebsaggregaten und infolge des Leichtbaus durch eine verbreitete motorische Aufrüstung, durch eine Modellpflege zu mehr und schwereren Zusatzausstattungen und nicht zuletzt durch eine Segmentverschiebung auf den etablierten Märkten in Richtung SUVs weitgehend kompensiert worden. Dabei ist zudem zu berücksichtigen, dass die tatsächlichen Alltagsverbräuche und die Ergebnisse der zertifizierten Verbrauchstests teilweise weit auseinander liegen (vgl. ICCT 2014).

Generell sind Effizienzgewinne in der Verbrennungsmotorteknik nur noch mit erheblichem Aufwand zu erzielen. Nach mehr als hundert Jahren ist die Technik zwar ausgereift, dabei ist sie mit Blick auf den Gesamtwirkungsgrad aber prinzipiell gegenüber den Varianten der Elektromobilität im Nachteil. Die thermische ist einer direkten elektrischen Energiewandlung unterlegen, selbst wenn die Wirkungsgradverluste in den Schritten vorher wie bei der Brennstoffzelle hoch sind (vgl. Abb. 6).

Eine Zeitlang waren biogene flüssige Kraftstoffe der Hoffnungsträger der Autoindustrie. Biofuels haben eine annähernde Energiedichte wie fossile Benzin- und Dieselmotorkraftstoffe. Außerdem können sie im Prinzip in den vorhandenen Anlagen gelagert und betankt werden. Aus diesen Gründen schienen Biokraftstoffe viele Jahre als Ausweg aus der fossilen Sackgasse. Auf dem Weg der Beimischung sollte der Anteil an den konventionellen Kraftstoffen sukzessive steigen. Allerdings konnten sich die Hoffnungen bislang nicht erfüllen. Wir schlagen vor, diese Alternative genauso wie die anderen Alternativen aus Erneuerbaren sinnvoll zu einer Gesamtstrategie zu verknüpfen und nicht länger gegenseitig auszuschließen (vgl. ausführlich dazu Kap. 3).

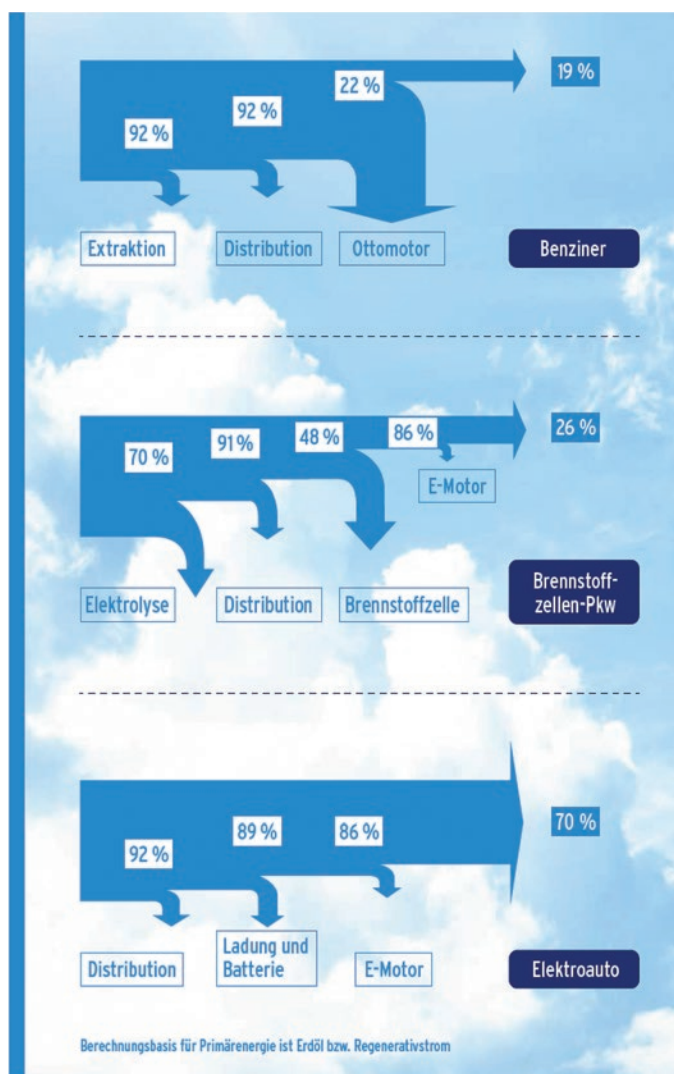


Abb. 6: Wirkungsgrade verschiedener Antriebe.
Quelle: BMUB (2012): Erneuerbar mobil: 12

Elektromobilität

Elektrische Antriebe sind im Verkehr schon lange bekannt und auch verbreitet. Daher ist die E-Mobilität gar nicht so neu wie sie oft präsentiert wird. Straßen- und Untergrundbahnen wurden früh elektrifiziert, die Eisenbahn fährt seit mehr als 100 Jahren elektrisch. Selbst Straßenfahrzeuge wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts größtenteils elektrisch angetrieben. Selbst als der Verbrennungsmotor die automobilen Antriebstechnik absolut dominierte, gab es immer wieder FuE-Vorhaben und auch Prototypen von E-Autos, sowohl batteriebetrieben als auch durch eine Brennstoffzelle. Einer der ersten größeren FuE-Vorhaben des vereinigten Deutschland war der Feldversuch von

E-Fahrzeugen auf der Insel Rügen, initiiert von der damaligen Bundesumweltministerin Angela Merkel (vgl. Canzler, Knie 2011). Es blieb allerdings bei Piloten und Prototypen, zu einer Großserienfertigung ist es nie gekommen. Erst in den letzten Jahren setzte ein regelrechter Aufschwung in der Elektromobilität ein. Elektrifiziert wurden beinahe alle Verkehrsmittel und Fahrzeugtypen, wobei vor allem das elektrisch unterstützte Fahrrad, das Pedelec, erhebliche Marktanteile gewonnen hat. Dieses Segment zählt zu den eigentlichen Erfolgsgeschichten der jüngsten Elektromobilitätswelle. Auch im Gütertransport gibt es Ideen – abseits des Schienenverkehrs – zum Beispiel mit einer „Elektrifizierung der rechten Spur“ von zentralen Autobahnabschnitten elektrische Fahrzeuge einzusetzen. Hierzu gibt es u.a. Ansätze, Konzepte und Technologievorschlüsse für eine Umsetzung beispielsweise von Siemens, die allerdings unter Verkehrswissenschaftlern und -praktikern höchst umstritten sind.

Ob die Elektrifizierung des Verkehrs zur postfossilen Mobilität beiträgt, hängt ganz entscheidend davon ab, wie der Strom produziert wird. Für die CO₂-Bilanz macht es einen bedeutenden Unterschied, ob dieser aus Windkraftanlagen oder aus Kohlekraftwerken stammt. Ausführlich wird dies in Kapitel 3 behandelt.

Die Herausforderung des Öffentlichen Verkehrs

Der Öffentliche Verkehr (ÖV) insgesamt und der Schienenverkehr im Besonderen stellen unter bestimmten Umständen die Alternative zum privaten Individualverkehr dar. Sie sparen nicht nur Platz, abhängig vom Besetzungsgrad sind sie im Vergleich zum Auto deutlich energieeffizienter. Wird der ÖV gut genutzt, ist er in der Umweltbilanz auch beim derzeitigen Strommix weitaus überlegen (vgl. Abb. 4). Die Eisenbahn hat dennoch ein hohes eigenes Interesse, den benötigten Strom auf erneuerbare Quellen umzustellen, nur so kann sie den spezifischen CO₂-Ausstoß je gefahrenen Kilometer reduzieren und die klimapolitischen Erwartungen erfüllen. Im Jahr 2013 lag der EE-Anteil am Fahrstrom des Schienenverkehrs bereits bei 35

Prozent und damit höher als in allen anderen Sektoren des Verkehrs. Die Deutsche Bahn AG plant diesen Anteil weiter zu erhöhen. Bis 2050 – so das Ziel der DB AG – soll der gesamte Verkehrsträger Schiene CO₂-frei betrieben werden (Deutsche Bahn 2014a).

Ob und inwieweit der ÖV seine verkehrs- und umweltpolitischen Vorzüge ausspielen und durch Modalverschiebungen die erwünschten CO₂-Reduktionen im Verkehr tatsächlich erreichen kann, hängt auch stark von den politischen Rahmenbedingungen ab. So wird der Schienenverkehr, das Rückgrat des ÖV und der neuen Verkehrswelt, sowohl mit einer EEG-Umlagebeteiligung als auch durch die Erfassung im CO₂-Emissionshandel belastet. Im Jahr 2015 rechnet die Deutsche Bahn mit rund 160 Millionen Euro Kosten alleine aus der Verpflichtung zur Beteiligung an der für den Schienenverkehr deutlich erhöhten EEG-Umlage (Deutsche Bahn 2014b: 4).

Sowohl verkehrs- als klimapolitisch ist es geboten, den ÖV und insbesondere den Schienenverkehr als wichtigen Teil des Umweltverbundes und als Backbone aller künftigen intermodalen Mobilitätsangebote zu stärken. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen. Neben höheren Investitionen in die Infrastruktur kann die Verringerung der Belastung des ÖV mit Steuern und Umlagen dazu beitragen. Dabei muss aber darauf geachtet werden, dass weiterhin ein Beitrag zur Finanzierung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien geleistet wird.

Entscheidend wird aber sein, inwiefern es gelingt durch neue Verkehrsdienstleistungen Effizienzpotenziale des ÖV wirkungsvoll einzubringen. Dazu müssen sich seine Marktanteile drastisch erhöhen und die bisherigen Mengengerüste deutlich verschieben. In Deutschland können im Jahre 2014 der öffentliche Personennah- und Fernverkehr zusammen lediglich rund 15 Prozent der Verkehrsleistung auf sich vereinigen (InnoZ 2014) – viel zu wenig, um hier durch einen konsequenten Ausbau der Erneuerbaren einen wirksamen Hebel in Richtung postfossile Mobilität zu erhalten. Neben den veränderten Finanzierungsstrukturen sind hier sicherlich auch neue Wettbewerbs-

und Geschäftsmodelle notwendig, um die innovativen Potenziale der Branche weiter anzureizen. Den Verkehrsunternehmen muss dabei mehr und mehr die Chance eröffnet werden, über ihren Beitrag zur staatlichen Daseinsvorsorge hinaus unternehmerisch tätig zu werden und eine eigenständige Produktentwicklung zu betreiben (Projektgruppe Mobilität 2004).

2.3 Neue Trends: Verschiebungen in den Wertpräferenzen und die digitale Revolution

Aus globaler Sicht scheint der Siegeszug des Automobils ungebremst. Dabei ist auffällig, dass es sich um eine „nachholende Motorisierung“ handelt, d. h. dass insbesondere die erwähnten BRIC-Länder konsequent Trends und Entwicklungen kopieren, die in den USA und Europa vorgelebt werden. Man kann also mutmaßen, dass Änderungen im Verhalten in den USA bzw. Europa, dokumentiert in verschiedenen Formen tatsächlich gelebter intermodaler Praktiken, wiederum Auswirkungen auf das weltweite Verkehrshandeln haben (Canzler, Knie 2011). Verfolgt man genauer die Veränderungen in den Einstellungen und Verhaltensweisen, dann erkennt man hinter der auch in Deutschland weiter ansteigenden Fahrzeugmenge Hinweise auf einen Wandel, der paradoxerweise gerade eine Folge des großen Erfolgs des Automobils ist. Das „immer-mehr-vom-Gleichen“ hat zu einer Überversorgung mit Fahrzeugen geführt. Das Automobil ist kein Knappheitsgut mehr, es ist praktisch überall, zu jeder Zeit für nahezu alle verfügbar. So wird bereits seit mehr als 10 Jahren ein Trend bei Jugendlichen erkennbar, der auf eine langsame „Säkularisierung“ des Automobils hindeutet. Der Führerschein wird deutlich später erworben, die Entscheidung ein Fahrzeug zu kaufen oder zu leasen wird seltener getroffen und zugleich verliert das Auto für viele seinen Rang als Statussymbol (vgl. Abb. 7). Auf der anderen Seite werden gerade in der Altersklasse zwischen 20 und 30 Jahren deutlich mehr Fahrten im ÖV unternommen. Schließlich hat auch der Fahrradverkehr vielerorts zugenommen. In Berlin beispielsweise konnte sich der Anteil des Rades

Trends: Kauf und Besitz Pkw, Mobilitätsverhalten

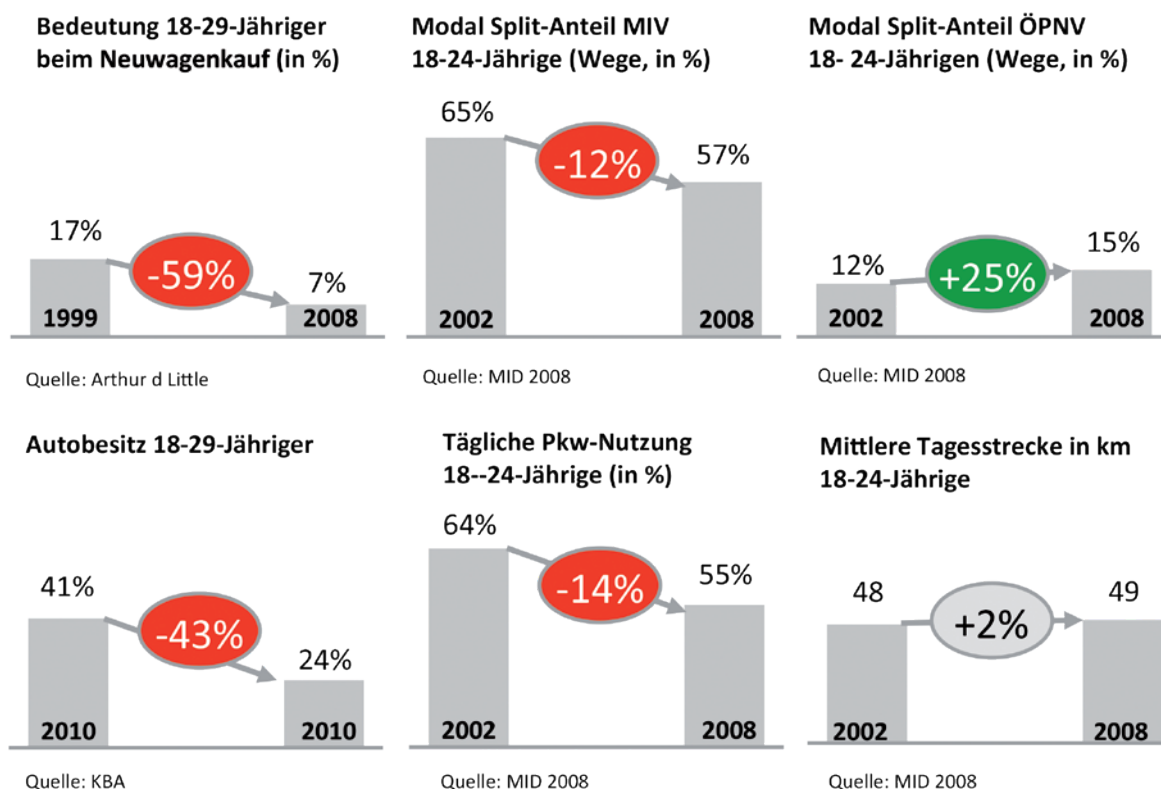


Abb. 7: Trends zum Verhältnis der Jungen zum Auto. Quelle: Eigene Grafik nach MID 2008, KBA und Arthur D. Little

in der Innenstadt in den letzten 10 Jahren mehr als verdoppeln.

Zu diesen Trendverschiebungen gehört auch, dass sich das Carsharing, die organisierte Form des Autoteilens, langsam aus der Nische herausbewegt und zu einer sichtbar gelebten Verkehrspraxis wird. Ende des Jahres 2014 werden in Deutschland deutlich mehr als 1 Million Kunden bei den verschiedenen Anbietern registriert sein (BCS 2014).

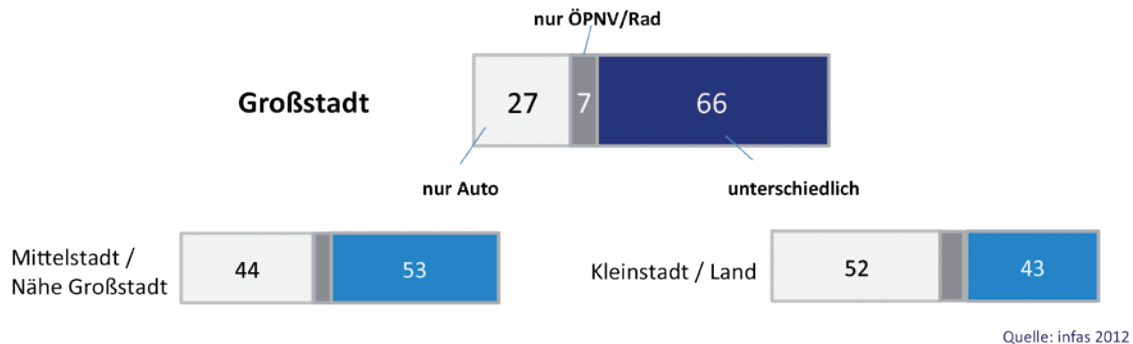
Ferner zeigen Ergebnisse verschiedener Erhebungen in den letzten fünf Jahren, dass sich insbesondere in den Großstädten insgesamt das Verkehrsverhalten von einer monomodalen zu einer multimodalen Praxis verschoben hat (InnoZ 2014). Das bedeutet, dass mehr und mehr Stadtbewohner sowie auch die Besucher dieser Städte sich nicht mehr auf ein Hauptverkehrsmittel festlegen, sondern sich ganz

pragmatisch verhalten und abhängig vom Anlass, der Verfügbarkeit und der Zugänglichkeit verschiedene Verkehrsmittel nutzen bzw. diese kombinieren. Mal bewegt man sich zu Fuß, dann mit dem Auto, auch Busse und Bahnen gewinnen an Bedeutung und auch das (Leih-)Fahrrad wird verstärkt genutzt, (vgl. Abb. 8).

Die Menschen in großen Städten bewegen sich vernetzt, also „intermodal“. Je kleiner jedoch die Städte sind und je ländlicher der Raum ist, desto öfter ist dann wieder das Automobil das Hauptverkehrsmittel.

Hinzu kommt ein weiterer Trend, der sich gravierend auf die Verkehrsmittelwahl auswirkt. Mit der raschen Verbreitung der Smartphones sind für Konsumenten vielfältige neue Wahlmöglichkeiten geschaffen worden. Bereits jetzt besitzen rund 90 Prozent der Menschen zwischen 20 und 30 ein solches Gerät, in fünf Jahren

Verkehrsmittelnutzung Deutschland nach Regionen (in %)



Autofreie Haushalte Deutschland / ausgewählte Großstädte (in %)

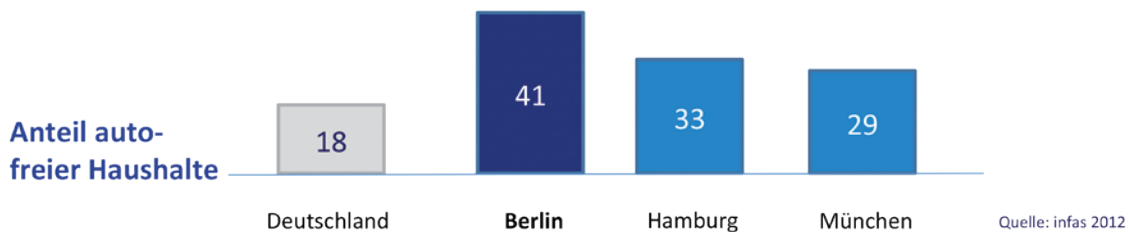


Abb. 8: Verkehrsmittelnutzung und Autos pro Haushalt. Quelle: Eigene Grafik nach infas 2012

wird nahezu jeder Erwachsener im Besitz dieser digitalen Option sein. Dadurch, dass Fahrzeuge eine digitale Signatur erhalten, sind sie jederzeit erkennbar und nutzbar. In dieser neuen Verkehrspraxis spielt das einzelne Fahrzeug eine immer weniger wichtige Rolle und damit sind auch die technischen Eigenschaften nicht mehr alleinentscheidend, sondern die Wahl folgt in aller Regel nach opportunistischen Motiven: es wird das Fahrzeug gewählt, das gerade passt. Die physikalische Beschaffenheit ist zwar noch für das „Nutzungsprofil“ relevant, aber es ist kein Alleinstellungsmerkmal mehr bei der Wahlentscheidung. Vielmehr entwickelt die Verfügbarkeit der Option „im Kopf“ eine hohe Relevanz. Die Attraktivität wird durch die Präsenz in der unmittelbaren Entscheidungssituation im Alltag bestimmt: Wo ist welches Fahrzeug, wie kann ich es schnell und einfach nutzen? Erscheint das Fahrzeug auf meinem Smartphone, wie schnell kann ich darüber den Zugang organisieren, wie stellen sich die Preise dar? Wer keine solche „digitale Signatur“ hat, der existiert bei den Multimodalen einfach nicht mehr.

Diese Erkenntnis ist vor allen Dingen für alle Verkehrsmittelanbieter eine neue Wahrheit, die sich weiterhin um das „technische Ding“ herum positionieren. Als BMW (gemeinsam mit Sixt) das Carsharing-Angebot DriveNow platzierte, geschah dies auch unter der strategischen Prämisse, dass die verfügbaren Fahrzeuge (Mini und 1er BMW) durch ihre technische Faszination Strahlkraft auf das Publikum ausüben und damit Kunden gewinnen und binden sollten. Dieses Kalkül ging zunächst auf, die ersten Nutzenden waren vor allem technikinteressierte Männer. Doch mit einer heterogeneren Mitgliedschaft und mit einer wachsenden Zahl von Wettbewerbern verschob sich die Präferenz mehr und mehr in Richtung digitale Verfügbarkeit. Wo bekomme ich JETZT und HIER ein Fahrzeug: das ist im Alltag wichtiger als die Frage, wo jetzt der nächste Mini steht. Die Zahl der Zylinder, der Hubraum, das Design ist nicht mehr relevant, wichtig ist alleine die digitale Präsenz und unmittelbare Verfügbarkeit.

Durch die ständig steigende Verbreitung von mobilen Endgeräten sowie aufgrund der wachsenden Zahl von Verkehrsmittelkombinierern löst sich die Attraktivität eines Fahrzeuges mehr und mehr von seinen physi-

kalischen Eigenschaften. Sie wird vielmehr durch die Verfügbarkeit in den digitalen Medien bestimmt. Wie die App funktioniert, ist für das Marktsegment dieser sogenannten Metromobilen bereits heute entscheidender als die Marke des technischen Fahrgerätes. Wie der Zugang zu möglichst vielen Fahrzeugen situationsabhängig hergestellt und wie die Preise und Bedingungen verglichen werden können, ist relevanter als die Angebote im Flottenprogramm selbst.

Um keine Missverständnisse aufkommen zu lassen: Die Gerätschaften müssen gut funktionieren und nachhaltig betrieben werden. Alleine eine App bringt niemanden von A nach B. Aber die bloße Fahrzeugbereitstellung entscheidet nicht mehr über den Erfolg der Nutzung. Ihre digitale Signatur, ihre Präsenz in den Köpfen wird ausschlaggebend. Markentechnisch könnte man von einem „Grauschleier“ sprechen, der sich auf die Gerätschaften gelegt hat. Denn die Kommunikation verlagert sich auch vom „Geräteverwalter“ zum digitalen Provider. Die Kundenkommunikation und damit auch die Kundenbindung finden in der digitalen, vernetzten Welt statt. Und wer den Kundenkontakt bekommt, hält und pflegt, der wird auch mittel- und langfristig die Konditionen der Nutzung bestimmen.

Dies alles gilt zunächst nur für den städtischen Raum, bei den Metromobilen. Da angenommen werden kann, dass dieser Markt weiter wächst, hat das erhebliche Folgen für die Wertschöpfungskette – dies kann man ja bei anderen Branchen bereits beobachten. Warenhäuser werden mehr und mehr durch digitale Versandhausplattformen abgelöst. Die ehemalige Garagenfirma Zalando macht mehr Umsatz als der Karstadt-Konzern. Es ist auch kein Zufall, dass der Hardwarekonzern Nokia vom Softwareproduzenten Microsoft mir-nichts-dir-nichts gekauft und zerlegt wurde. Es hat den Anschein, dass die Geräte regelrecht ins digitale Netz fallen und – was ganz entscheidend ist – auch die hinter ihnen stehenden Unternehmen zu verschwinden drohen. Zumindest sind die Kapitalmärkte davon überzeugt, dass digitale Plattformen wie beispielsweise Uber auf kurz oder lang bedeutender sind als die Gerätebetreiber selbst. Wer

auf analoge, lineare und monomodale Gerätschaften und Vertriebskanäle setzt, scheint zumindest in der Konsumgüterbranche im Zeitalter der „Digital Kids“ verloren zu sein. Den kalifornischen Giganten Facebook, Google oder Twitter ist es jedenfalls gelungen, mit der Digitalisierung von Dingen und sozialen Beziehungen soviel Aufmerksamkeit zu finden, dass weltweit Milliarden Menschen hieran teilhaben wollen (Knie 2014b).

Der Auftritt des US-amerikanischen Unternehmens Uber zeigt, wie schnell auch scheinbar stabile Wettbewerbsordnungen ins Wanken geraten können. Von praktisch überall in der Welt aus kann man eine digitale Gemeinschaft bilden und die traditionsreichen Anbieter der Gerätschaften in Sekundenschnelle zu Lieferanten herabstufen. Es braucht eine gute Idee und es muss unmittelbar und direkt ein hoher Kundennutzen entstehen. Und dabei werden diese Ansätze sogar noch von lauterer Motiven unterstützt: Was spricht dagegen, vorhandene Transportkapazitäten besser zu nutzen? Wenn Menschen Zeit haben, Lust auf Gemeinschaft und noch dazu ein Auto besitzen, warum sollen sie nicht zu Transporteuren werden? Rechtliche Vorschriften, Verfahrens- und Versicherungsvorschriften, Regeln, die bisher um das öffentliche Transportgewerbe herum entwickelt wurden, drohen schnell an Legitimation zu verlieren (Schmidt, Rosenberg 2014).

Die digitalen Medien bieten daher für die postfossile Mobilität vielversprechende Optionen. Die Vielzahl der Gerätschaften lässt sich intelligenter nutzen. Kapazitätsauslastungen, effiziente Nutzungen und hoher Gebrauchswert sind keine Gegensätze mehr, sondern ergänzen sich. Damit kann das Zuviel vom Gleichen in eine vernetzte Form der Vielfalt transformiert werden. Das bereits vorhandene multimodale Verkehrsverhalten verstärkt sich, die Angebote des ÖV können sich neu bewähren und erhalten durch die digitale Signatur eine neue Präsentationschance.

3 Einhundert Prozent erneuerbare Mobilität: Energietechnische und -wirtschaftliche Voraussetzungen

3.1 Die Erneuerbaren Energien als Treiber und Nutznießer

Der bislang dominierende Trend der (nachholenden) konventionellen Motorisierung stößt an seine Grenzen, er braucht zuviel Raum und ist mit den Zielen einer substanziellen Reduktion von Treibhausgasemissionen unvereinbar. Gleichzeitig ist der Verkehrsmarkt in Bewegung geraten, neue Mobilitätsdienstleistungen sprießen wie Pilze aus dem Boden. Die Digitalisierung macht vieles einfach möglich, was vorher mit hohen Transaktionskosten verbunden war. Dabei verliert das Auto seinen Nimbus, seine digital organisierte Verfügbarkeit ist wichtiger als exklusiver Besitz. Vor diesem Hintergrund geraten die Erneuerbaren Energien in die Rolle eines Innovationstreibers, denn alternative Antriebs- und Mobilitätskonzepte erhalten eine glaubwürdige Null-Emissionsperspektive. Umgekehrt können auch die Erneuerbaren profitieren, da mit ei-

ner Verbreitung alternativer Fahrzeuge und Kraftstoffe zusätzliche Flexibilitätsoptionen im Gesamtsystem der fluktuierend einspeisenden erneuerbaren Energieerzeugung entstehen.

Wind- und Solarenergie: Überschüsse intelligent nutzen

Angesichts sinkender Gestehungskosten für Strom aus erneuerbaren Quellen ist mit einem zügigen Ausbau insbesondere von Windenergie- und PV-Anlagen zu rechnen. Das FhG-ISE erwartet auf der Grundlagen von Lernkurven die deutlichsten Kostenreduktionen bei der Photovoltaik und gleichzeitig höhere Gestehungskosten bei den konventionellen Energietechniken, insbesondere bei der Steinkohleverstromung und bei Gasturbinen (vgl. Abb. 9):

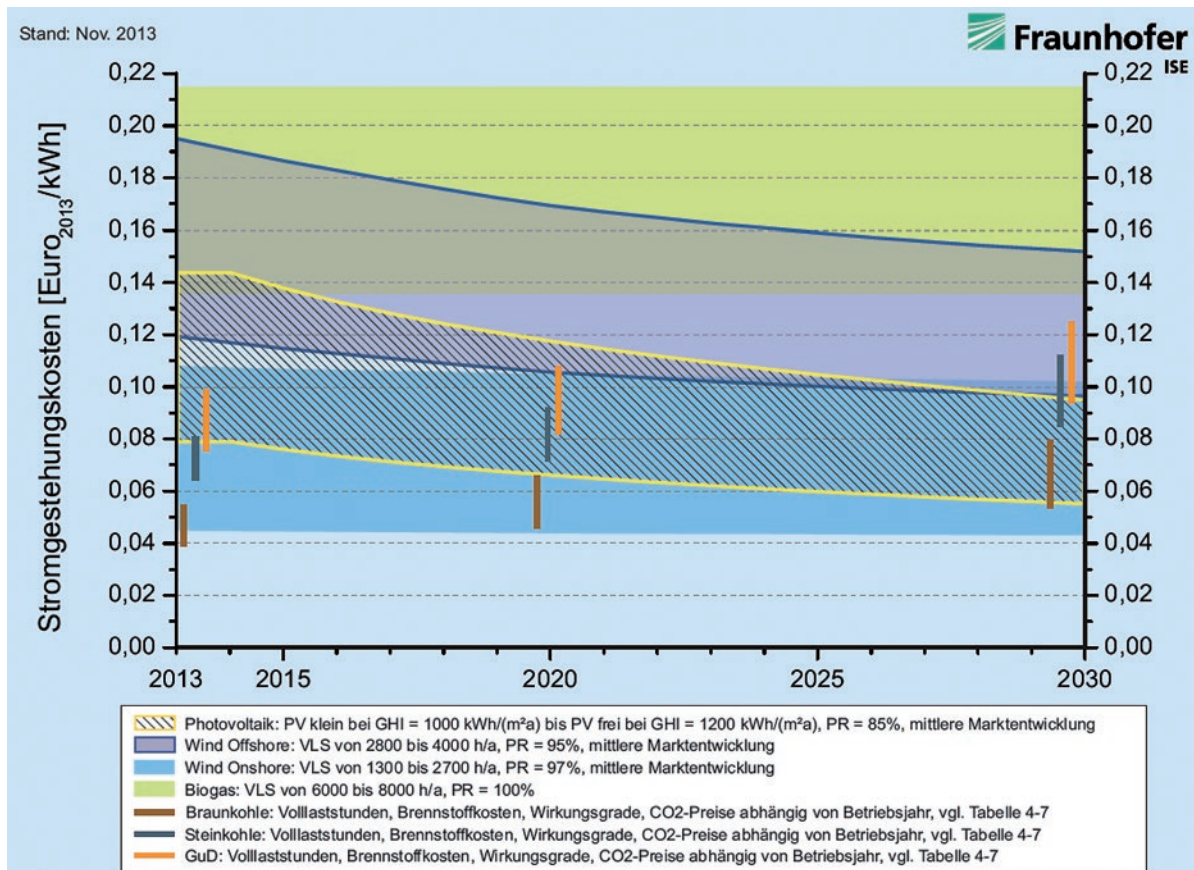


Abb. 9: Stromgestehungskosten bis 2030. Quelle: FhG ISE 2013: 3

Installierte EE-Leistung [GW _{el}]	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Wasserkraft	4,8	5,2	5,4	5,6	5,6	5,8	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3
Wind Onshore	6,1	18,4	27,0	33,8	38,8	51,2	60,4	70,0	77,0	79,8	80,0	80,0
Wind Offshore (am Netz)	0,0	0,0	0,1	0,5	2,1	6,5	12,5	19,9	27,4	34,5	42,0	50,0
Fotovoltaik	0,1	2,1	17,6	35,9	42,8	61,4	76,7	83,1	87,6	93,0	97,7	101,7
feste Biomasse, biog. Abfall	0,9	2,4	3,4	3,7	4,0	4,8	5,2	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
gasf., flüssige Biomasse	0,4	1,1	3,2	4,3	4,5	4,8	4,9	5,0	5,2	5,4	5,5	5,7
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,0	1,4	2,0	2,7
Gesamt in D	12,3	29,2	56,7	83,8	97,8	134,6	166	190	209,7	225,7	238,8	251,8

Abb. 10: Zubau der Erneuerbaren nach Szenario 100-II. Quelle: Nitsch 2014: 17

Die meisten Prognosen zum weiteren Ausbau der EE bis 2030 sehen mehr als eine Verdoppelung der Erzeugungskapazitäten gegenüber dem Jahr 2014 vor. Die Anteile der einzelnen EE-Techniken verteilen sich beispielsweise im Szenario 110-II aus der GROKO II-Kurzexpertise von Nitsch (2014) für den BEE wie in Abb. 10 dargestellt.

Das Ausbauszenario des BEE aus dem Jahr 2012 sieht noch einmal eine etwas höhere installierte Leistung im Jahr 2030 vor. Mit dieser Leistung wird ein EE-Anteil am Stromverbrauch von 79 Prozent erreicht. Würde man den Ausbaukorridor im EEG lockern und den so zusätzlich zugebauten Erneuerbaren Strom für die Elektromobilität einsetzen, hätte man ein en-

ormes Potenzial an Kapazitäten für einen annähernd emissionsfreien Antrieb. Vor allem zwischen 2020 und 2030 werden die Fluktuationen in der Stromerzeugung erheblich zunehmen (vgl. auch Krizikalla et al. 2013).

Angesichts dieses Ausbauszenarios von Anlagen zur Nutzung fluktuierender Wind- und Solarenergie wächst der Bedarf an Flexibilitätsoptionen immens. Grundsätzlich eignen sich neben verschiedenen Speichervarianten das Demand Side Management (DSM), die Einspeisevariation bei den Erneuerbaren Energien selbst sowie die Zuschaltung von konventionellen Kraftwerken (bzw. Kraftwärmekopplung), um Ungleichzeitigkeiten zumindest teilweise auszugleichen

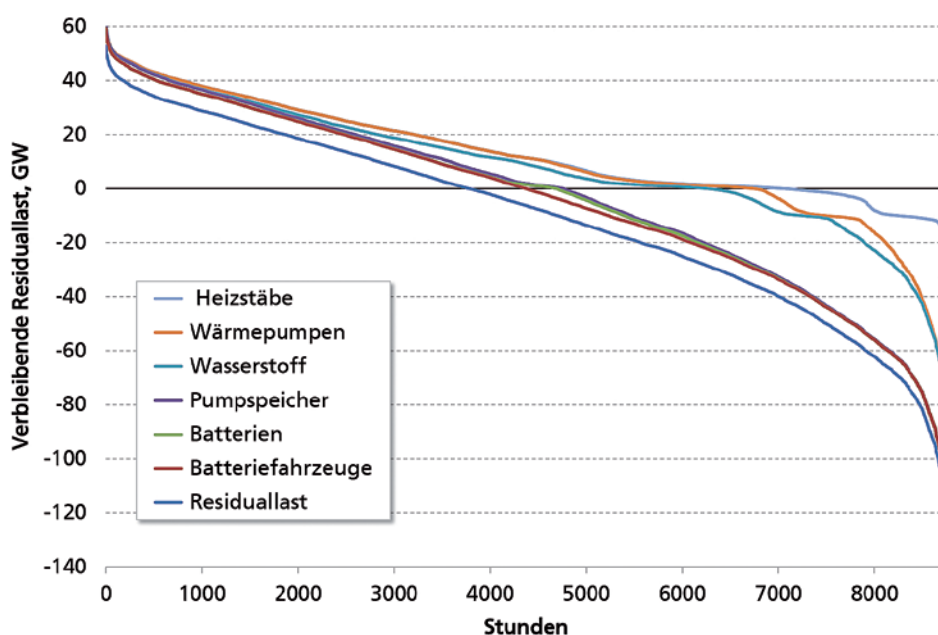


Abb. 11: Residuallastverlauf und Abbau der negativen Residuallast durch Nutzung von Stromüberschüssen in verschiedenen Verbrauchssektoren. Quelle: Fraunhofer ISE 2013: Energiesystem Deutschland 2050, S. 29

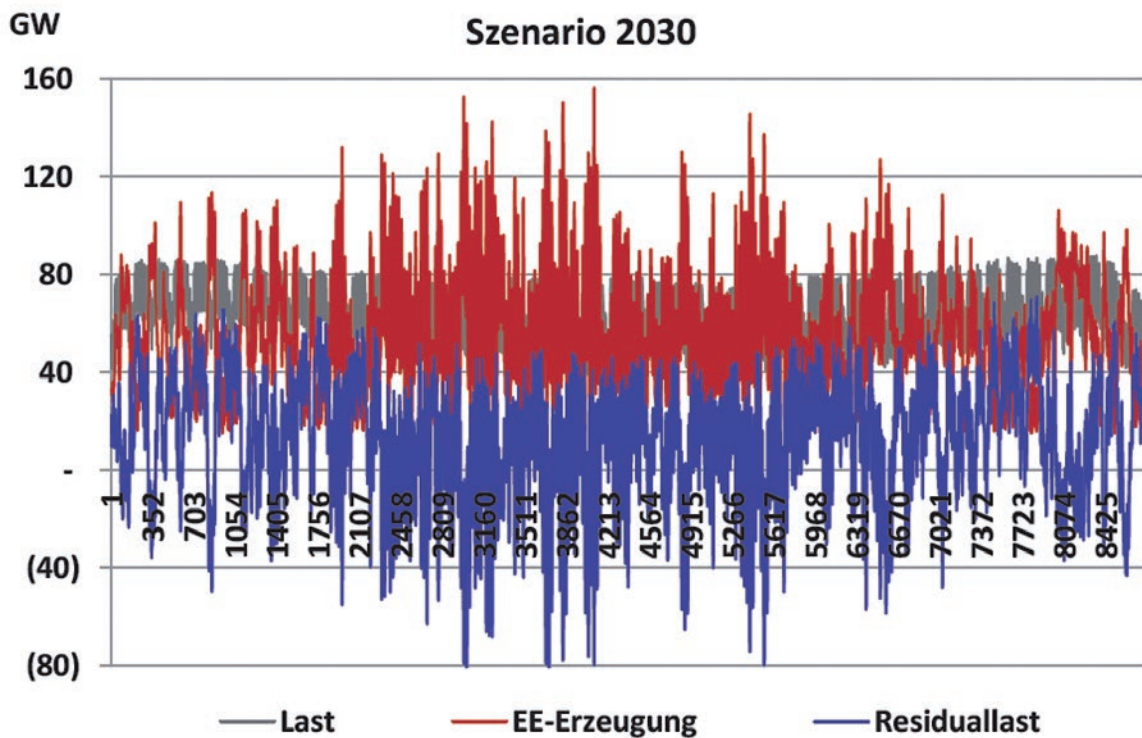


Abb. 12: Prognose stochastische Residuallasten 2030. Quelle: Krzikala et al. 2013: 17

und die Lücke zwischen Dargebot und Nachfrage zu verkleinern. Zugleich entstehen neue Optionen, den Überschussstrom zu nutzen. Verschiedene Kandidaten kommen dafür in Frage, sie gehen mit unterschiedlichen „Residuallasttauglichkeiten“ ins Rennen, wie eine Untersuchung der FhG ISE zeigt (siehe Abb. 11).

Die Residuallast ergibt sich aus dem Strombedarf abzüglich der Einspeisung Erneuerbarer Energien. Dabei wird zwischen negativer Residuallast (Stromüberschüsse) und positiver Residuallast (Stromdefizite) unterschieden. Zu erwarten ist, dass die negative Residuallast künftig wesentlich häufiger als bisher zu bewältigen sein wird. Zum Ausgleich negativer Residuallast werden verstärkt die Erzeugung von Wasserstoff, Heizstäbe zur Wärmeproduktion sowie Wärmepumpen eingesetzt, da sie flexibel zu steuern und schnell einsatzfähig sind. Welche Bedeutung stationäre Batterien und batterieelektrische Fahrzeuge für die Dämpfung der negativen Residuallast haben können, hängt nicht nur von ihrer Größe, der nutzbaren Ka-

pazität und ihrer Netzfähigkeit, sondern auch davon ab, ob es gelingt, wirtschaftlich tragfähige Puffermodelle zu etablieren. Diese wiederum dürften nur dann zu realisieren sein, wenn genügend Zeitintervalle als Speicherperioden oder zumindest als zu bezahlende Speicheroption vergütet werden. Wie stark die Residuallastfluktuation ausfallen wird, wird an einer Simulation auf Stundenbasis für das Jahr 2030 mit einer unterstellten installierten EE-Leistung von weit mehr als 200 GW deutlich, die das Institut BET Aachen auf Basis der BEE-Prognose erstellt hat (siehe Abb. 12).

Die vom BEE in Auftrag gegebene Studie „Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus Erneuerbaren Energie“ aus dem Jahr 2013 gibt einen umfassenden Überblick über die Flexibilitätsoptionen, ihre spezifischen Kosten und ihre zeitliche Einführung aus heutiger Sicht (Krzikala et al. 2013). Dabei werden die beiden verkehrsrelevanten Speicheroptionen, nämlich Batteriespeicher und Power-to-Gas, insgesamt als im Vergleich zum Lastmanagement, einem flexiblen Einsatz von Biogas- und KWK-Anla-

gen sowie der Stromnutzung für den Wärmebereich teurere Varianten eingeschätzt, die erst spät – gegen Ende der 2020er Jahre – zum Einsatz kommen (ebenda: 10 und 80). Mittlerweile zeigt sich jedoch bei den Batterien eine drastische Kostensenkung. Erste stationäre Batterien wie der 5 MWh-Speicher des Berliner Unternehmens Younicos mit Batterien von Samsung SDI stabilisieren bereits für die WEMAG in Schwerin das Netz. Weitere Kostensenkungen bei den Batterien sind von den Batterieherstellern angekündigt. Außerdem geht die Studie zum einen von einem weiteren Netzausbau gemäß der bisherigen Planung aus und modelliert zum anderen die EE-Überschüsse allein im bundesweiten Durchschnitt. Lokale Überschüsse und punktuelle Netzengpässe können dazu führen, dass die Frage „abschalten oder speichern“ in zunehmend mehr Einzelfällen bereits wesentlich früher zu beantworten ist. Eine nationale Durchschnittsbetrachtung hilft einzelnen Regionen mit einer hohen EE-Produktion und/oder limitiertem Netzzugang wenig. Dort wird der Druck steigen, mit neuen flexiblen Lasten in sektorenübergreifenden Smart Grid-Lösungen zu experimentieren (vgl. Canzler, Knie 2013).

Darüber hinaus können schon kleine Batterien auf der Verteilnetzebene kurzfristige Schwankungen ausgleichen. E-Autos, die am Netz hängen, sind potenzielle Puffer, sobald sie sich im Modus des gesteuerten Ladens befinden. Gerade auf der Niederspannungsebene ist ein schneller Ausgleich nötig, wenn viele fluktuierende Einspeiser angeschlossen sind. Doch wie realistisch ist diese Idee der Netzstabilisation durch E-Fahrzeuge im Konzept des „vehicle-to-grid“ (V2G)? Ein zeitversetztes Laden innerhalb einer definierten Periode ist in frühen E-Mobilitätsprojekten beispielsweise in einem gemeinsamen Projekt von BMW und Vattenfall erfolgreich erprobt worden (vgl. Verbundprojekt V2. 2011). So ergibt sich schon dann ein interessanter Spielraum für den Stromeinspeiser, wenn bei einer Nachtladung lediglich vereinbart wird, dass morgens um 7 Uhr die Batterie des E-Autos vollständig geladen sein soll, das Fahrzeug aber bereits ab 21 Uhr an der Steckdose hängt. Innerhalb von zehn Stunden kann das Energieversorgungsunternehmen dann gesteuert laden, wenn es zur Stabilisierung des

Netzes anderenorts nicht nachgefragten Strom loswerden möchte. Langzeittests von E-Autos, die mit PV-Anlagen gekoppelt sind und so einen Teil ihres Strombedarfs direkt aus den Solarmodulen aufnehmen, zeigen überdies, dass sich so die Betriebskosten senken lassen und dass die Mittagsspitze das Netz weniger belastet (vgl. <http://www.solar77.de/>). Im nächsten Schritt erhöht sich die Flexibilität durch das bidirektionale Laden, das eben bei Bedarf auch eine Rückspeisung aus der Batterie ermöglicht. Bisher ist ein bidirektionales Laden lediglich mit zwei Modellen von Mitsubishi möglich, aktuell findet beim Automobilzulieferer Jopp Automotive GmbH im bayerischen Bad Neustadt ein kleiner Flottenversuch mit 5 Mitsubishi EV statt (vgl. <http://presse.mitsubishi-motors.de/press.php?id=201411240>). Darüber hinaus plant Vattenfall gemeinsam mit der TU Cottbus und der Firma German ECars analoge Versuche im Rahmen des Berliner Schaufensters Elektromobilität. Der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungscampus „Mobility-2Grid“ am Berliner EUREF wird im Jahre 2015 ebenfalls zu einem Testfeld für bidirektionale Ladetechniken ausgebaut.

Offen ist, ob und in welchem Umfang Privatanutzer über das Nachtladezeitfenster hinaus die Souveränität über ihr Fahrzeug abgeben, um die potenzielle Ladezeit zu verlängern und damit beispielsweise in den Genuss vergünstigter Stromtarife zu kommen. Die Bewirtschaftung von Flotten bieten dazu ganz andere Grundlagen. Eine potenzielle Zielgruppe für gesteuertes Laden könnten Pendler sein, die auf Betriebsparkplätzen ihr Fahrzeug ans Netz anschließen und damit auch zur Absorption der PV-Mittagsspitze beitragen. Weitergehende Chancen eröffnet der professionelle Flottenbetrieb: Sowohl das zeitlich versetzte Puffern als auch vor allem das bidirektionale V2G ist vor allem deshalb für Flotten eine realistische Perspektive, weil diese ein vorausschauendes Lastenmanagement wesentlich einfacher und verbindlicher gewährleisten als es die individuelle private Nutzung kann. Flottenmanager sind darin geschult, die verfügbaren Fahrzeuge optimal einzusetzen. Das geregelte Laden von E-Fahrzeugen ist für die Flottendisposition

ein zusätzlicher Parameter in ihrem logistischen Kerngeschäft.

Alle Prognosen gehen von – teilweise drastisch – sinkenden Batteriepreisen aus (vgl. Übersicht in Abb. 13). Das bedeutet zum einen sinkende Fahrzeugpreise und zum anderen sinkende Kosten für die Integration von Batteriespeichern in Smart Grids und generell als Puffer für fluktuierend einspeisende Erneuerbare.

Prognosen zu Batteriepreisen im Überblick:

Institution	Jahr	Batteriepreis [€/KWh]
NPE (Juni 2012)	2011	600
	2020	200
Bosch (März 2012)	2012	500
Jonson Controls (März 2012)	2017	350
AAB (März 2012)	2015	318
EIA (Juli 2012)	2015	330
Bloomberg (Juni 2012)	2020	280
	2025	150
	2030	110
McKinsey (Juli 2012)	2020	160
batteriezukunft.de (2014)	2020	130
	2025	130
PIKE Research (Juli 2014)	2020	300
Ankündigung Tesla	2017	330
	2017	180

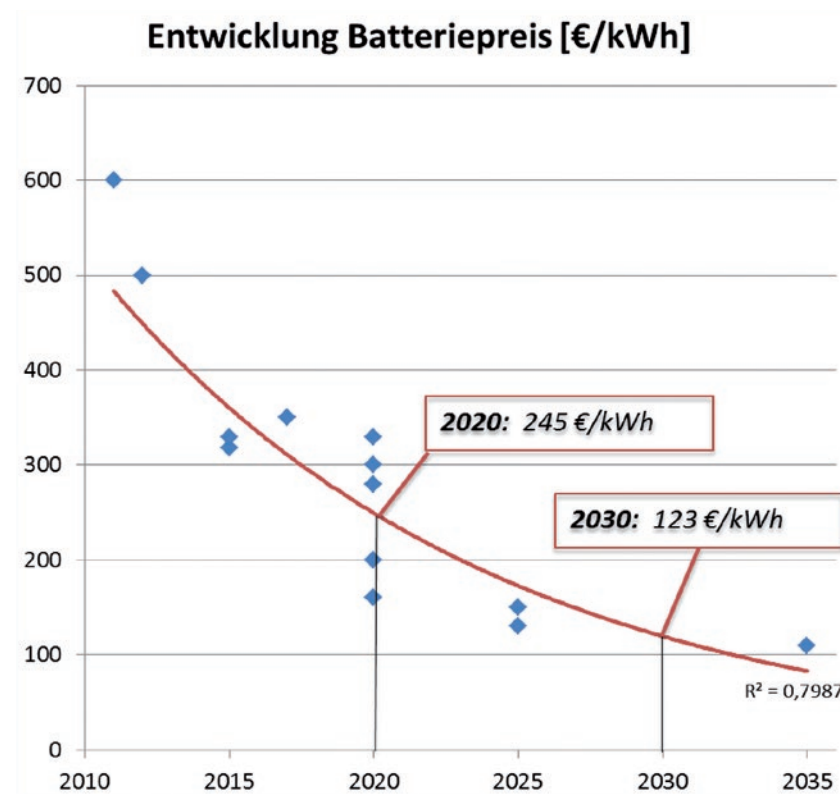


Abb. 13: Prognosen Batterieentwicklung. Quelle: eig. Zusammenstellung

Derzeitig befinden sich verschiedene neue Batteriekonzepte im Forschungsstadium wie bspw. der Lithium-Luft- oder der Aluminium-Luft-Akkumulator. Ziel ist eine höhere Speicherdichte, um dem Gewichts- bzw. Reichweitenproblem entgegenzuwirken. Zur Erreichung der Marktreife müssen jedoch technische Probleme wie die Zyklenfestigkeit und der Feuchtigkeitsschutz von Lithium gelöst und vor allem potenzielle Skaleneffekte in der Produktion zu erzielen sein. Nur mit höheren Energiedichten der Batterien können Elektrofahrzeuge perspektivisch überhaupt in andere Bereiche des Straßenverkehrs, wie bspw. dem Schwerlastverkehr, vordringen (vgl. Heymann 2013).

Tarife und Boni als Anreize für mehr Flexibilitäten

Voraussetzungen für gesteuertes Laden im ersten und für bidirektionales Laden im zweiten Schritt sind differenzierte Tarife und Einspeisevergütungen für überschüssigen EE-Strom. Die Diskussion um Flexibilitätsoptionen auch durch Tarifspreizung hat begonnen (vgl. aktuell Jansen et al. 2015). Auch Boni für Netzstabilisierungsleistungen sind denkbar. Entsprechende Vorschläge zur flexiblen Gestaltung eines Netzintegrationsausgleiches für die E-Mobilität hat der Bundesverband Solare Mobilität (BSM) bereits vor einigen Jahren vorgelegt. Sie sehen vor, dass E-Mobile nicht nach den tatsächlich bewegten Energiemengen, sondern gemessen an der im Bedarfsfall verfügbaren Leistung (in KW), die das Stromnetz unterstützen kann, gefördert werden. Der BSM schlägt die Formel „Zeit, die das Fahrzeug mit dem Netz verbunden ist x Leistung, die zur Netzstützung verfügbar ist = Netzintegrationsbonus“ vor. Bei einer Anrechnung von einem Cent je KW und Stunde und einer Ladeleistung von drei KW ergibt bei einer zehnstündigen Netzverbindung eine Summe von 105 Euro pro Jahr. Auf zehn Jahre garantiert macht das eine Förderung von 1.050 Euro. Bei einer Leistung von elf KW sieht die Rechnung schon erheblich lukrativer aus: Zehn Stunden mal 365 Tage mal elf KW mal einen Cent/KWh ergeben circa 400 Euro, also knapp 5.000 Euro in zehn Jahren (BSM 2010). Während private Kunden hier bereits vor dem Problem stehen, diese „Stunden am Netz“ auch wirklich verbindlich zur Verfügung zu stellen, können Flottenbetreiber eine solche Fahrzeugdisposition zuverlässig gewährleisten. V2G-Modelle stehen und fallen letztlich mit der technischen Fähigkeit der Speichereinheiten im Fahrzeug, präzise und zuverlässig speichern und rückspeisen zu können. In der Batterieforschung und in der weiteren Optimierung der Steuerungselektronik ist diesem Ziel daher hohe Priorität einzuräumen.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass es infolge des weiteren Ausbaus der EE und der damit wachsenden Schwankungen in der Stromerzeugung zunehmend aufwändiger wird, Angebot und Nachfrage einander

anzugleichen. Die mit Ausnahme der KWK bisher weitgehend separierten Sektoren Strom, Wärme und Verkehr werden voraussichtlich stärker verbunden; unter den Formeln „power2heat“ und „power2mobility“ werden heute schon künftige Geschäftsfelder durchdacht, die auf einer stärkeren Sektorkopplung beruhen. Ob diese realisiert werden können, hängt wesentlich von den wirtschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen und nicht zuletzt von den Transaktionskosten einer komplexen Netzstabilisierung ab. In dem hier vorgestellten Verkehrskonzept sind E-Fahrzeuge – zunächst vorwiegend batterieelektrisch und mittel- sowie langfristig mit einem steigenden Anteil von Brennstoffzellen-Fahrzeugen – in einem erheblichen Maße Teil von Flotten, die zudem ganz oder teilweise in Smart Grids integriert sind. Ihr Charakter verschiebt sich damit vom Speicher hin zum Bestandteil eines komplexen Lastmanagements.

3.2 Energiewirtschaftliche Effekte der Transformation des Verkehrs

Mengengerüste bei Vehicle to grid (V2G)

Wieviel zusätzlichen Strom erfordert eine zunehmende Elektromobilität? Für die angepeilten 1 Million E-Fahrzeuge im Jahr 2020 geht die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) von einem Mehrverbrauch von 0,6 Prozent aus (vgl. NPE 2011), bei einem unterstellten EE-Anteil in dem Jahr von 47 Prozent würde das einen ungefähren zusätzlichen Anteil von 1,4 Prozent Strom aus erneuerbaren Quellen bedeuten. Bei einem hypothetischen Bestand von 10 Millionen E-Autos im Jahr 2030 wird ein Strombedarf von ca. 20 TWh aus EE hochgerechnet (vgl. AEE 2014: 37). Noch nicht berücksichtigt sind dabei mögliche Effekte eines gesteuerten Ladens in Flotten bzw. eines noch weitergehenden Lastmanagements über V2G-Ansätze.

Wirklich interessant werden V2G-Modelle erst bei einer höheren Verbreitung von E-Fahrzeugen und insbesondere bei einer breiten Realisierung von Power-to-gas-Anlagen. In dem hier skizzierten Transformationsprozess sind die BEV-Fahrzeuge zu einem beträchtlichen Teil eben nicht passive Verbraucher, sondern – energietechnisch gesprochen – ab- und zuschaltbare Lasten. Einen Großteil des für den Fahrbetrieb nötigen Stroms erhalten die Fahrzeuge dadurch, dass sie zur Glättung der Residuallastkurve beitragen. Eine Beispielrechnung sieht vereinfacht so aus: Angenommene 8 Millionen batterieelektrische (BEV) und 2 Millionen brennstoffzellenbetriebene Elektrofahrzeuge (FCV) im Jahr 2030 mit einer durchschnittlichen Antriebsleistung von 20 KW werden zur Hälfte fuhrparktechnisch professionell betreut. Vier Millionen BEV sind als netzfreundliche potenzielle Elemente von Smart Grids verfügbar und 1 Million FCV können mit grünem Wasserstoff versorgt werden. Grundsätzlich unterscheiden sich beide Fahrzeugsegmente in ihrer Speicherfunktion sehr: BEV sind unmittelbare Netzteilnehmer, während FCV Konsumenten von chemisch zwischengespeichertem überschüssigen Strom sind. Insofern sind beide komplementär. Von den groben Mengengerüsten wird Folgendes angenommen:

- 25 Prozent von 4 Mil. BEV sind im Durchschnitt mit mindestens 50 Prozent der disponiblen Batteriekapazität (10 KW) am Netz, ihre max. Pufferkapazität beträgt also 5 TWh, innerhalb dieses Maximums sind Lastverschiebungen im Prinzip möglich.
- 1 Mil. FCV mit einer durchschnittlichen Wasserstoffmenge von 5 Kilogramm pro Tankfüllung, die für 500 Kilometer Fahrleistung reichen, ergeben bei einer Jahresleistung von 20.000 Kilometer ein Gesamtvolumen von 200 Millionen Kilogramm, was einer elektrischen Leistung von 6,7 TWh entspricht. Bei einem Umwandlungsverlust von 50 Prozent sind also 13,4 TWh überschüssiger EE-Strom nötig, um 1 Million FCV mit grünem Wasserstoff zu betanken.

Diese Überschlagsrechnung ist vor dem Hintergrund der 2030 voraussichtlich zu erwartenden Stromüberschüsse zu sehen. Laut Abschätzungen der vom BEE beauftragten Studie ist insgesamt mit einer Stromüberschussmenge von 34,5 TWh zu rechnen, was 7,7 Prozent der EE-Erzeugung entspricht (Krzikalla et al. 2013: 20). Die für die insgesamt optimistische Verbreitung der Elektromobilität im Jahr 2030 nötigen EE-Stromvolumina sind also grundsätzlich vorhanden, auch wenn vermutlich ein Teil davon auch für Wärmepumpen und andere „Power-to-heat-Anwendungen“ genutzt wird. Weiter ist zu berücksichtigen, dass die Perioden so genannter „negativer Residuallast“ zum einen unregelmäßig auftreten und zudem auch so lange zusammenhängende Zeiträume mit Überschussproduktion möglich sind, dass die Batteriekapazitäten früh erschöpft sind. Künftige Geschäftsmodelle der vernetzten Mobilität müssen diese stochastische Residuallastkurve bewältigen und ein optimales Verhältnis von potenzieller Speicherzeit und faktischen Mobilitätsanwendungen austarieren.

Mit Skaleneffekten zur chemischen Energiewandlung

„Power-to-gas“ ist eine Option, um überschüssigen EE-Strom zu nutzen, die erst ganz am Anfang steht.

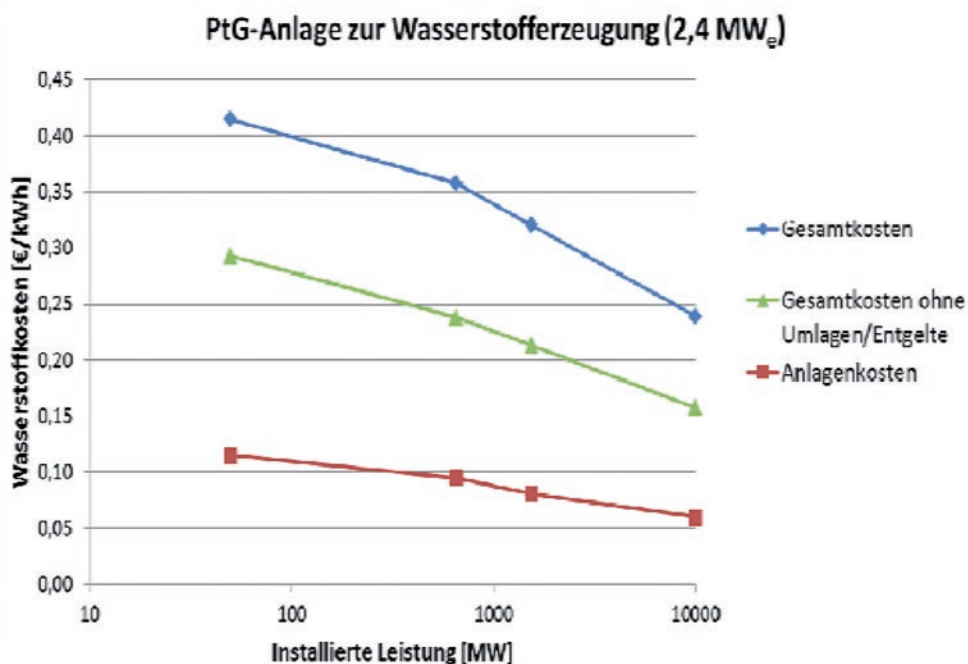


Abb. 14: Prognose Kosten der Wasserstoffherzeugung. Quelle: Albrecht et al. 2013

Neben Biomethan sind es der Wasserstoff und das EE-Methan, die als chemische Speicheroption in Frage kommen. Von Vorteil ist, dass sie in erheblichem Umfang in das bestehende Gasnetz eingespeist werden können. Das Elektrolyse-Verfahren für die Produktion von Wasserstoff und EE-Methan ist hinlänglich ausgereift, allerdings bisher noch nicht kostengünstig. Mit der Installation weiterer Elektrolyseanlagen sind Skaleneffekte zu erwarten, (vgl. hierzu Abb. 14).

Wasserstoff wurde bisher vor allem in stationären Anwendungen eingesetzt. Eine Abschätzung der künftigen Kosten der Herstellung von Wasserstoff aus überschüssigen Energien hat ergeben, dass sich sein Einsatz am ehesten in Fahrzeugen lohnt (Albrecht et al. 2013: 11). Zwar werden seit Jahren Erfahrungen mit Prototypen von E-Fahrzeugen gemacht, die ihre Energie aus der chemischen Umwandlung von Wasserstoff in Brennstoffzellen beziehen. Die Daimler AG hat mehrere Generationen ihres F-Cell-Modells auf Basis der B-Klasse entwickelt, als erstes Brennstoffzellen-Serienfahrzeug wird jedoch der „Toyota Mirai“ ab 2015 erhältlich sein. Hyundai wird ebenfalls ab 2015 ein Fuel Cell-Modell auf den europäischen Markt bringen.

Auf Grundlage der Erfahrungswerte der F-Cell-B-Klasse von Daimler und der in verschiedenen Wasserstoff-Szenarien angenommenen Volumina künftig verfügbaren Wasserstoffs lässt sich in Abb. 15 zeigen, wie das Potenzial der wasserstoffbasierten E-Mobilität bis 2030 ist.

Eine Schwierigkeit für die Ausbreitung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien im Verkehr besteht darin, dass sie eine eigene Betankungsinfrastruktur benötigt. Die Speicherung und Betankung von Wasserstoff ist technisch aufwändig und kostenträchtig, es sind erhebliche Vorleistungen nötig, um das „Henne-Ei-Problem“ in der Etablierung dieser innovativen Techniken zu lösen (vgl. Wirtschaftswoche v. 26.11.2014).

Biokraftstoffe weiterhin wichtig

Die zunehmende Elektrifizierung des Verkehrs – sowohl auf Basis von Akkumulatoren als auch in Folge der Marktdurchdringung von Brennstoffzellen – heißt nicht, dass Biokraftstoffe überflüssig werden. Auch auf längere Sicht werden sie dort benötigt, wo eine

durchschnittlicher Verbrauch Mercedes B-Klasse FCV laut NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus):	0,97	kg _{H2} /100km	(= 32,3 kWh chem. Energie bei 700 bar)
angenommene Fahrleistung:	15.000	km/a	
GermanHy H ₂ Produktion (August 2009) (Szenario: Klimaschutz)	2020		2030
	3,3 TWh/a		37,5 TWh/a
Davon für Verkehrssektor zur Verfügung stehende H ₂ Menge:	50%		
Anzahl Fahrzeuge die mit H₂ versorgt werden können:	343.646		3.866.018

Abb. 15: Potenzial wasserstoffbasierter E-Mobilität 2030. Quelle: Daimler AG, eig. Berechnungen

elektrische Antriebstechnik allein nicht ausreicht. Das gilt vor allem für den Schwerlastverkehr auf der Straße oder auf dem Wasser, wo in einem nächsten Innovationsschub Hybrid-Antriebe mit einem starken Verbrennungsmotoranteil zu erwarten sind; dafür werden sukzessive höhere biogene Kraftstoffanteile benötigt. Auch im Flugverkehr können Biokraftstoffe zukünftig verstärkt verwendet werden.

Von diesen zukünftigen verkehrssektoralen Einsatzverschiebungen abgesehen, bieten Biokraftstoffe schon heute große Vorteile und verringern den Treibhausgasausstoß im Verkehrssektor in bedeutendem Umfang.

- So lässt sich beispielsweise ein mit Biogas betriebener VW Eco Up mit bis zu 90 Prozent weniger CO₂-Emissionen als mit einem konventionellen Verbrennungsmotor fahren, wenn das

Biogas aus Abfallstoffen gewonnen wird¹. Sowohl die Fahrzeuge als auch die Erzeugungs- und Tankinfrastruktur wäre verfügbar, eine fast klimaneutrale Automobilität auf der Basis der konventionellen Antriebstechnologie ist also im Prinzip schon heute möglich. Auch Biodiesel aus Rest- und Abfallstoffen erreicht eine Treibhausgasreduktion von über 80 Prozent im Vergleich zu fossilem Kraftstoff. Die Rest- und Abfallstoffpotenziale zur energetischen Nutzung sind jedoch sowohl für flüssige als auch gasförmige Biokraftstoffe begrenzt².

- Biodiesel und Bioethanol aus Anbaubiomasse erreichen bereits heute eine Treibhausgasreduktion von rund 60 Prozent. Durch die ab dem 1.1.2015 geltende Treibhausgasquote (Klimaschutzquote) besteht ein Anreiz für die Biokraftstoffindustrie, die Treibhausgasemissionen in Zukunft weiter zu senken, so dass in Zukunft

1. Für die Treibhausgasemissions-Bilanz von Biokraftstoffen ist entscheidend, wie, aus welchen Stoffen und mit welcher energetischen Vorkette sie gewonnen werden. In vergleichenden Well-to-Wheel-Untersuchungen (W-t-W) hat das aus festen Abfällen gewonnene Biogas gegenüber den fossilen Kraftstoffen den mit Abstand besten Wert. Die konkreten Bilanzergebnisse hängen von den gewählten Inputgrößen ab. So sieht eine optimistische Bilanzierung von CONCAWE et al. 2007 das Biogas bei 5 Gramm CO₂/km, es kommt damit auf die gleichen Emissionen wie der aus EE gespeiste batterieelektrische Antrieb (vgl. DENA 2011: 10). Demgegenüber wird in der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) für das Jahr 2012 eine Rechnung aufgemacht, nach der das „Biomethan aus Bioabfällen“ ca. 40 Gramm CO₂/km emittiert (BMVBS 2013: 66).

2. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass Ausnahmen – im Sinne von § 37 Bundes-Immissionsschutzgesetz - von restriktiven nationalen Regelungen, die den Einsatz von Biokraftstoffen aus bestimmten Rohstoffen (z.B. Tierfetten) behindern, nötig sind, um auch diese Rohstoffe im Sinne einer Kaskadennutzung nutzen zu können.

Bioenergie in der zukünftigen Mobilität

Seit dem 1.1.2011 gilt die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – zuletzt im November 2014 geändert und abrufbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biokraft-nachv/gesamt.pdf>. Danach müssen Biokraftstoffe im Rahmen ihres Herstellungsprozesses (Aussaat, Düngung, Ernte, Transporte etc.) mindestens 35 Prozent weniger Treibhausgase emittieren als fossile Kraftstoffe. Dieser Wert erhöht sich am 1. Januar 2017 auf mindestens 50 Prozent und am 1. Januar 2018 auf mindestens 60 Prozent, sofern der Produzent des Biokraftstoffs nach dem 31. Dezember 2016 in Betrieb genommen worden ist. Zudem dürfen Flächen mit hohem Naturschutzwert, mit hohem Kohlenstoffbestand (Regenwälder) und Torfmoore nicht zur Produktion von Rohstoffen für die Biokraftstoffherstellung genutzt werden, soweit sie nach dem 1.1.2008 in Ackerland umgewandelt worden sind. Diese Vorgaben gelten sowohl für europäische Biokraftstoffe als auch für Importe und werden von Zertifizierungsstellen weltweit überprüft. In Deutschland ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Umsetzung und Kontrolle der Nachhaltigkeitsverordnung zuständig.

In den kommenden Jahren ist zu erwarten, dass Biokraftstoffe aufgrund der am 1.1.2015 in Kraft tretenden 12. Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und der darin geregelten „Treibhausgasquote“ zu weiteren Reduktionen von Treibhausgasen führen. Durch das Gesetz wird die Mineralölindustrie in

Deutschland verpflichtet, Biokraftstoffe einzusetzen, um dadurch die Treibhausgasemissionen ihrer Produkte ab 2015 um 3,5 Prozent, ab 2017 um 4 schließlich ab 2020 um 7 Prozent zu senken. Die Biokraftstoffindustrie erhält damit einen Anreiz, ihre Herstellungsabläufe zu optimieren, um ihr Produkt durch eine hohe Treibhausgaseinsparung attraktiv für ihre Kunden – die Mineralölkonzerne – zu machen. Folglich werden die Einsparungen durch Biokraftstoffe zukünftig steigen. Dies schließt auch die Vorkette ein, das heißt die Landwirtschaft und die Ölmühlen.

Der in der „Treibhausgasquote“ gesetzlich geregelte marktwirtschaftliche Ansatz zur Verringerung von Treibhausgasemissionen ist ebenso sinnvoll wie die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung und hat Vorbildcharakter für andere Branchen. Entgegen der medial zugespitzten Berichterstattung über die „Teller-Tank-Debatte“ können Biokraftstoffe einen wertvollen Beitrag zum Umbau der Mobilitätsgesellschaft liefern. Denn trotz erheblicher Unsicherheiten in der steuerlichen und mengenbezogenen Behandlung der Biokraftstoffe einerseits und hinsichtlich der künftigen gesellschaftlichen Akzeptanz andererseits ist absehbar: Biokraftstoffe werden auf absehbare Zeit eine wichtige Rolle für die Dekarbonisierung des Verkehrs spielen. Absolut ist von einem leichten Wachstum der flüssigen Biokraftstoffe und einem starken Wachstum von Biogas bis 2030 – und darüber hinaus – auszugehen, vgl. Abb. 16.

deutlich höhere Werte zu erwarten sind (s. Kasten „Bioenergie in der zukünftigen Mobilität“).

- Allerdings ist fraglich, ob fossile Kraftstoffe in Bezug auf ihren Treibhausgasausstoß realistisch bewertet werden. So ist die Treibhausgasbilanz von fossilem Diesel und Benzin deutlich schlechter als der von der Europäischen Gesetzgebung genutzte Referenzwert. Würden die tatsächlichen Emissionen von fossilen Kraftstoffen berücksichtigt, die durch Biokraftstoffe ersetzt werden, wären die Treibhausgasreduktionen durch Biodiesel und Bioethanol bereits heute deutlich höher als durch die aktuell gesetzlich vorgeschriebene Berechnungsmethodik ersichtlich wird.

Der Blick ins Jahr 2050 offenbart noch weitreichendere Potenziale: Eine im Jahr 2012 veröffentlichte Studie der Universität Hohenheim kommt zu dem Ergebnis, dass bis zum Jahr 2050 erhebliche Biomassepotenziale für die energetische und stoffliche Nutzung zur Verfügung stehen (vgl. Zeddies et al. 2012). Dabei werden Aspekte der inländischen Nahrungsmittelproduktion wie auch Fragen der Welternährung ebenso berücksichtigt wie Kriterien des Umwelt – und Naturschutzes. Für Deutschland werden bis 2050 ein signifikanter Bevölkerungsrückgang und zugleich hohe Produktivitätssteigerungen angenommen. Die Zahlen der Studie spiegeln diese Entwicklungen wider: Von 17 Millionen ha landwirtschaftlicher Flächen werden 2050 nur noch 13 Millionen ha für die inländische Nahrungsmittelversorgung – bei gegebenem Import-

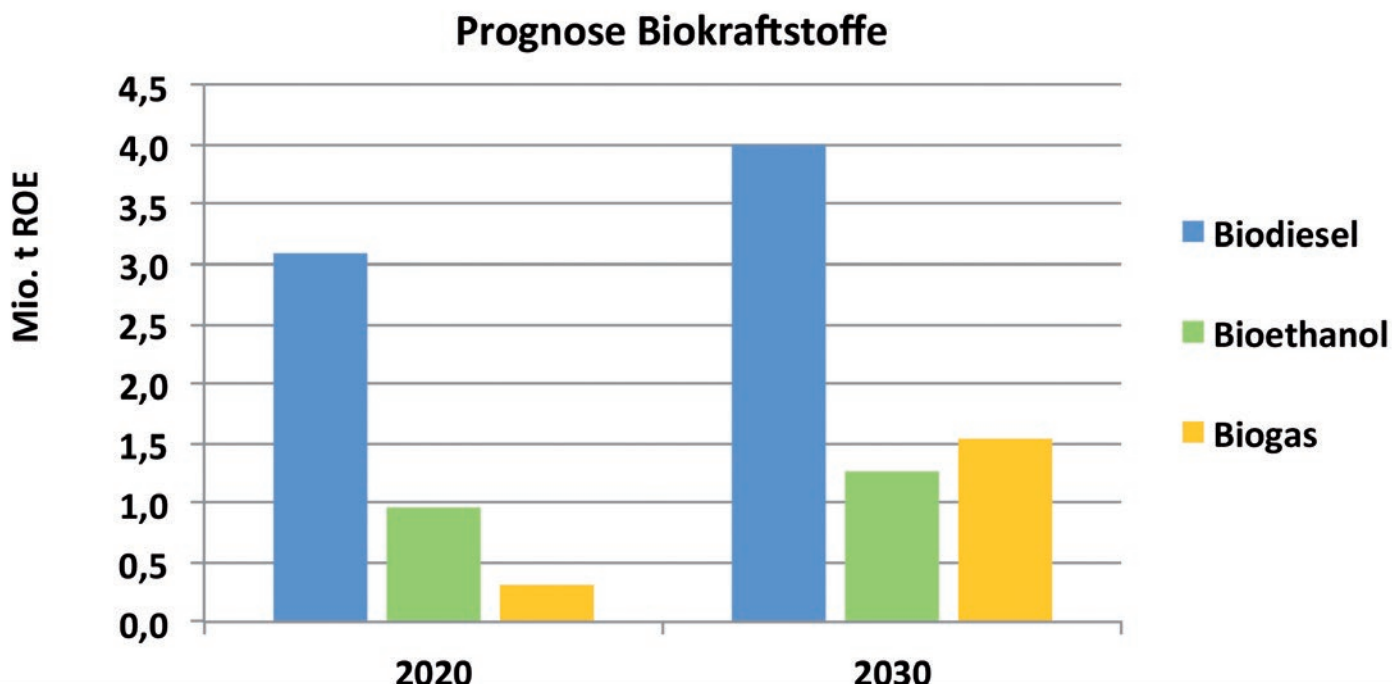


Abb. 16: Branchenprognose Biokraftstoffe bis 2030. Quelle: FvB, BEE 2014

Exportumfang – benötigt. 2 Millionen ha werden aktuell bereits für nachwachsende Rohstoffe verwendet und weitere 2 Millionen ha stünden aus Brachflächen und Exportabbau zur Verfügung.

Verschiebungen in den Verkehrssektoren

Nach heutigem Wissensstand ist davon auszugehen, dass bis 2030 in größerem Umfang vor allem die Segmente der Pkw und der leichten und mittelschweren Nutzfahrzeuge elektrifiziert werden. In beiden Segmenten wächst das Angebot an attraktiven Fahrzeugen auf dem Markt, gleichzeitig sinken die Kosten vor allem für die teuren Speichereinheiten und ein Zweitmarkt entsteht. Auch im städtischen Lieferverkehr ist ein vermehrter Einsatz von E-Fahrzeugen zu erwarten. Fahrzeuge im Auslieferungsdienst müssen eine tägliche Strecke von 100 bis 120 Kilometer absolvieren, das ist mit BEV in den meisten Fällen ohne Zwischenspeicherung zu schaffen. Im Segment des Güterverkehrs mit schweren Lkw und bei den Bussen wird es wahrscheinlich bis dahin keine wirtschaftlich und technisch tragfähigen Serienangebote

geben. Zur zusätzlichen Verlagerung auf die Schiene besteht eigentlich keine Alternative. Doch durch den „Güterstruktureffekt“ werden die zu transportierenden Mengen jedoch immer „kleiner, feiner, vielfältiger“ und sind damit weniger gut geeignet, auf Schienensystemen transportiert zu werden (Canzler, Knie 2011). Es ist also auch für die postfossile Zukunft ein Schwerlastverkehr- sowie auch ein Busanteil anzunehmen, der durch Erneuerbare in seinen CO₂-Emissionen drastisch reduziert werden muss. Verschiedene Ideen sind zu testen. Projekte wie Wasserstoffbusse oder in Pilotvorhaben zum induktiven Laden von E-Bussen an Haltestellen wurden schon gestartet. Auch die Idee der „Oberleitungsspur“ für Lkw auf der Autobahn gehört – wie bereits erwähnt – zu den möglichen Zukunftsoptionen (vgl. Hacker et al. 2014: 39).

Im Luftverkehr ist Biokerosin das derzeit favorisierte Substitut für fossiles Kerosin, allerdings reichen alle weltweit infrage kommenden Biokerosin-Kapazitäten für kaum mehr als ein Zehntel des jährlich verbrauchten Kerosins nur im deutschen Flugverkehr (vgl. BMVBS 2013: 48). Wenn zwei wichtige und im Trend wachsende Verkehrsbereiche wie der Straßengüter-

schwerer Verkehr und der Luftverkehr für elektromobile Innovationen auf absehbare Zeit praktisch ausfallen, hat das weitreichende Konsequenzen: Zum einen ist es nötig, die nur begrenzt produzierbaren biogenen Kraftstoffe für diese beiden Einsatzgebiete zu reservieren. Biokraftstoffe sind für einen längeren Zeitraum vermutlich die einzigen postfossilen Optionen für den schweren Straßengütertransport und für den Lufttransport von Menschen und hochwertigen Waren (vgl. AEE 2014: 46). Mithin steigt der Druck, die grüne Elektromobilität im Personenverkehr voranzutreiben und die Nutzung von Biokraftstoffen vom Individualverkehr hin zum Transportbereich zu verlagern.

bisher getrennter Verkehrsangebote. Das hat erhebliche Folgen für die Fahrzeughersteller und für die ganze Verkehrsbranche. Es bedarf weniger Autos, um die Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen, gleichzeitig sind zusätzliche Dienstleistungen zu erbringen, um die Integration der verschiedenen Verkehrsmittel und ihre Verknüpfung mit dem Stromnetz zu gewährleisten. Die Wertschöpfung verschiebt sich in der Automobilindustrie fundamental von der Produktion hin zur Dienstleistung.

Weitreichende Folgen für die Wirtschaftsstruktur

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Umstieg von der fossilen zur postfossilen Mobilität daher in erheblichem Maße vom rasanten Wachstum der Erneuerbaren Energien vorangetrieben wird. Auf der Verteilnetz-Ebene spielen Prosumenten, also Einzelhaushalte und Unternehmen, die sowohl Energieerzeuger als auch Verbraucher sind, eine zunehmend bedeutsamere Rolle für die Balance von Angebot und Nachfrage. Netztechnisch betrachtet, werden Fahrzeuge zu Flexibilitätsoptionen in einem fragilen Umfeld. Darüber hinaus bieten verschiedene V2G-Verfahren auch die Chance, über mittlere und längere Zeiträume hinweg überschüssigen EE-Strom für Verkehrszwecke zu nutzen. Schließlich sind Biokraftstoffe unverzichtbar, denn sie erlauben eine postfossile Energieversorgung in den Verkehrssektoren, die sich nicht elektrifizieren lassen.

Parallel zu den antriebs- und treibstoffseitigen Umbrüchen verändert sich auch der Charakter des Hauptverkehrsmittels moderner Gesellschaften, des Autos. Wie bereits beschrieben, ist ein fundamentaler Wechsel des Autos vom Privatgefährt zu einer Commodity, die von einem professionellen Anbieter als Teil einer intermodalen Dienstleistung angeboten wird, zu erwarten. Dieser Wechsel wird angetrieben durch eine transaktionskostenreduzierende digitale Verknüpfung

4 Die Transformation des Verkehrs: Neue postfossile Mobilität

Wir haben den Befund der zunehmend multimodalen Großstädter, wir haben die Jugendlichen, die immer mehr das Auto als bloßen Gegenstand begreifen und diesen entsprechend nutzen. Außerhalb der großen Städte sieht die Welt dagegen noch anders aus. Polyzentrische Raumstrukturen und disperse Siedlungsweisen auf der einen und flexible Arbeitszeiten sowie ein über Jahrzehnte gestiegener Freizeitverkehr auf der anderen Seite sind weiterhin dominante Tatbestände. Sie sind auch Ursache dafür, dass Verkehrsströme zerfasern. Das „Auto im Kopf“ als subtiles Instrument der Lebens- und Arbeitsplanung hat dazu geführt, dass sich der Verkehr kaum noch bündeln lässt. Auf dem Land und in den großflächigen Stadtrandgebieten kann wirtschaftlich vertretbar in der Regel kein klassischer ÖV mit Bussen und Bahnen mehr betrieben werden. Das mehr als 40jährige staatliche Versprechen auf Freiheit und Wohlstand mit dem Auto als der dafür notwendigen gerätetechnischen Entsprechung hat Wirkung gezeigt.

Der seit vielen Jahren immer wieder genährte „Traum vom guten Leben“ mit dem Häuschen im Grünen und dem eigenen Auto – „vorne die Ostsee, hinten die Friedrichstraße“ (Tucholsky) – scheint ausgeträumt. Dieser raumintensive Lebens- und Arbeitsstil ist nur um den Preis hoher Belastungen zu erreichen (vgl. Pinzler 2011). Das Verkehrsmengenwachstum ist eine direkte Folge disperser Strukturen und hat nicht nur enorme Folgen für die Umwelt und den Ressourcenverbrauch, sondern wird auch immer stärker als hoher Aufwand wahrgenommen. Die stetig ansteigende Menge an privaten und beruflichen Fahrten, die großen Entfernungen sowie die hohe Zahl von Staus verursachen gesundheitliche Belastungen, insbesondere die Zunahme der Herz- und Kreislauferkrankungen wird darauf zurückgeführt. Die Bereitschaft sich immer und überall ins Auto zu setzen und lange Fahrten für praktisch alles zu unternehmen stößt an ihre Grenzen. Mehr und mehr wird die Abhängigkeit von der fossilen Automobilstruktur als Last empfunden. Zwar sind im zweiten Halbjahr 2014 die Kraftstoffpreise drastisch gefallen, aber bei einem erneuten Anstieg werden – und damit ist zu rechnen – wieder die hohen

monetären Aufwände für diesen Lebensstil beklagt (Tatje 2014).

Gesucht und gefragt: Mobilitätsangebot aus einem Guss

Bei der Frage nach den Alternativen zu diesem entfernungintensiven Lebensstil bilden naturgemäß die Städte die Pionieräume des Neuen. Hier lassen sich die vorhandenen Fahrzeuge und Gerätschaften schnell vernetzen (vgl. auch Schade et al. 2011). Bislang wurden allerdings auch in Städten die Verkehrsträger sowie die darauf aufbauenden Geschäftsmodelle vorwiegend getrennt verhandelt und in einem öffentlichen Raum organisiert, der nach wie vor das private Fahrzeug privilegiert. Denn auch in den Städten werden die Verkehrsleistungen noch mehrheitlich vom Pkw abgebildet (vgl. SrV 2014), allerdings mit fallender Tendenz. Dies hat seinen Grund unter anderem darin, dass es auch in Städten bequem war, ein eigenes Automobil im öffentlichen Raum vorzuhalten. Die Anbieter des Öffentlichen Verkehrs haben sich wiederum auf ihr Klientel konzentriert und sich mehrheitlich für Kunden eingerichtet, die entweder freiwillig oder unfreiwillig dauerhaft oder temporär über kein eigenes Fahrzeug verfügen. Allerdings zeichnet sich angesichts fehlender öffentlicher Finanzierungsperspektiven hier ein Umdenken ab. Nahverkehrsunternehmen wie die Münchener Verkehrsbetriebe, die Hamburger Hochbahn oder die Stuttgarter Straßenbahnen beginnen damit, ihr klassisches Angebot auszuweiten. Der Roaminggedanke, der den Mobilfunk so erfolgreich gemacht hat, war im Verkehrsmarkt viele Jahre fremd, entwickelt aber neuerdings eine höhere Attraktivität. Die Idee, eigenen Kunden auch andere Verkehrsmittel verfügbar zu machen und umgekehrt von Konkurrenzunternehmen Kunden als anonyme Nutzer zu akzeptieren, war bislang undenkbar. Mehr und mehr gewinnt aber die Vorstellung Unterstützung, ob die unterschiedlichen Verkehrsmittel nicht doch zu einer einzigen Dienstleistung zusammengefasst werden sollten (VDV 2013). Denn die bereits zitierten „Metro-mobilen“, Großstädter also, die mehrere Verkehrsmittel nutzen, bewegen sich bereits multimodal durch die

Stadt. Durch die digitale Vernetzung lassen sich die unterschiedlichen Gefäße leicht zu einer Einheit verschmelzen und eröffnen ganz neue Effizienzvorteile. Bei einem gut ausgebauten Netz an Bussen und Bahnen mit direktem Anschluss an den Bahnfernverkehr lassen sich heute bereits Dienstleistungen entwickeln, die das Smartphone zu einem zentralen Buchungs-, Zugangs- und Abrechnungsmedium machen. Portale oder digitale Plattformen, wie es sie für Hotels und die Vermietungen von Pensionen und Privatwohnungen schon länger gibt, werden auch für die Verkehrswelt relevant. Automobilkonzerne wie Daimler gehen hier neue Wege. Daimler ist dabei, sich mit dem Angebot Moovel praktisch digital neu zu erfinden. Auch die Deutsche Bahn baut die Infoplattform Qixxit zu einem digitalen Buchungs- und Abrechnungsdienst aus. Am Ende werden jedenfalls die Kunden in der Lage sein, jederzeit über alle Optionen mit voller Kostentransparenz zu verfügen. Morgens wird einfach ein- und abends entsprechend wieder ausgecheckt. Welches Verkehrsmittel gerade genutzt wird, hängt von der Verfügbarkeit, dem Nutzungsanlass, Vorlieben, Wünschen und natürlich auch vom Preis ab (vgl. Knie 2014b).

Die Vision zeichnet sich bereits jetzt ab: Alle Verkehrsmittel der Stadt sind stromgeführt und somit vollständig auf der Basis von Erneuerbaren zu betreiben. Eine private Verfügbarkeit ist praktisch nicht notwendig. Es sind genug Optionen vorhanden und geteilte Nutzungsformen dadurch attraktiver als Eigentum. Die Zahl der Taxis, Selbstfahrervermietfahrzeuge, Limousinen-Dienste und privater oder gewerblicher Carsharing-Anbieter hat sich unter diesen Bedingungen vervielfacht. Da jedes Verkehrsmittel über eine digitale Signatur verfügt, lassen sich Verkehrssysteme viel effizienter als bisher betreiben: Bei Schwachlastverkehren kann den Individualtransportgefäßen ein größerer Raum gegeben werden, bei großen Verkehrsmengen wird den Großgefäßen Vorfahrt eingeräumt. Alle batterieelektrischen Fahrzeuge sind immer auch Teil der Speicherlandschaft. In dieser Welt ohne nennenswertes Eigentum an Verkehrsmitteln gewinnt dann insbesondere auch der Schienenfernverkehr eine neue Bedeutung. Wenn Bahnhöfe

mehr und mehr zu intermodalen Hubs werden und den bequemen Umstieg in den Fernverkehr der Bahn ermöglichen, ohne dass Parkplätze gesucht, Tickets gezogen, Abfahrtszeiten ermittelt und Fahrkarten gekauft werden müssen, wenn dieses alles „seamless“ – also übergangslos – geschehen kann, wird Bahnfahren zu einer wahren Freude. Insbesondere dann, wenn am Ende der Reise in der anderen Stadt die komplementäre Nutzung möglich ist. Einfach austiegen, das erstbeste Verkehrsmittel finden, einsteigen und weiterfahren. Die neuen digitalen Portale kennen keine „gebrochenen Verkehre“ mit unterschiedlichen Systemlandschaften und Abrechnungsformen mehr. Wie man mit einem Browser durch das Internet navigiert, so synthetisieren die neuen Dienste die unterschiedlichen Geräte und Baulichkeiten zu einer durchgehenden Fahrt.

„Hubs-and-spokes“ in Schlaun Netzen

In den ländlichen Gebieten oder in den ausgedehnten Agglomerationsräumen ist eine solche Dichte an Verkehrsgeräten nicht ohne weiteres möglich. Veränderungen in der Verkehrspraxis werden hier durch andere soziale Phänomene beschleunigt. Neben dem generellen Unbehagen an einem Überangebot an Fahrzeugen und dem tendenziellen Steigen des Preises fossiler Beweglichkeit wird der Wunsch nach dezentralen eigenen Versorgungsnetzen zu einem Leitmotiv des Umbaus. Akteur ist hier die Zivilgesellschaft, die über den Einstieg in die eigene Stromerzeugung Versorgungsleistungen übernimmt und damit in die Rolle des „Prosumenten“ schlüpft, d. h. dass der Produzent auch gleichzeitig der Konsument der Leistung wird (vgl. Toffler 1980). Wenn in dezentralen Erzeugungsgemeinschaften elektrisch betriebene Fahrzeuge Teil der Speicherlandschaft werden, rücken auch andere Fahrzeugbewirtschaftungsformen in den Mittelpunkt. Das klassische Auto kann gedanklich dann als Teil einer doppelt intelligenten Flotte gedacht werden: Einmal wird es Teil einer dezentralen Netzstruktur, zum anderen ist es in ein Flottenprogramm eingebunden, um als „Spoke“ die Verbindung zu einem „Hub“ herzustellen.

Vorangetrieben wird diese neue Verkehrswelt auf dem Land durch die dezentrale Stromproduktion. Zur Stabilisierung des Netzes kommen eine Reihe von Techniken und Dienstleistungen in Frage – eben nicht zuletzt auch Fahrzeuge wie im vorangegangenen Kapitel ausführlich dargestellt. Es entstehen neue Verbrauchs- und Speicherpartnerschaften über eine Verknüpfung mit anderen Verbrauchsfeldern wie dem Verkehr. Batterieelektrische Fahrzeuge können geladen werden, wenn überzähliger Wind- oder Sonnenstrom zu Verfügung steht. Noch wenig erprobt, aber mit einem enormen Potenzial verbunden ist das bidirektionale Laden: da funktionieren E-Fahrzeuge in Zeiten von Spitzenlast als mobile Energiespeicher und leiten Strom aus den Batterien bei Bedarf wieder zurück ins Netz. Bei großen Flotten von mehreren hundert Fahrzeugen können so relevante Strommengen als Regelenergie gewährleistet werden. Überschüssiger Wind- und Sonnenstrom kann aber auch durch Elektrolyse zur Produktion von Wasserstoff genutzt werden und damit Brennstoffzellen-Fahrzeuge antreiben, die ebenfalls in den nächsten Jahren in größerer Stückzahl zu erwarten sind. So kann der Verkehr zur Lösung der Probleme der Energiewende beitragen. Alle Komponenten sind vorhanden, aber als Gesamtkunstwerk gibt es solche Schlangen Netze noch nicht (vgl. Kapitel 3).

Im Kern geht es darum, dass künftig nicht in erster Linie mit der Energieproduktion das Geld zu verdienen ist, sondern mit Energiedienstleistungen (siehe Rifkin 2014). Eine Anbieterlandschaft der im wortwörtlichen Sinne Energieversorger entsteht, die sich Energiemengen sichern und auf dieser Basis Zugänge an den Endkunden verkaufen. Für die Energiekunden bedeutet das, dass er oder sie Verfügbarkeitsrechte erwirbt und für diese Rechte zu unterschiedlichen Zeiten variierende Preise zahlt. Der Handel mit Zugängen zu Energie kann dann zu einer wichtigen neuen Säule der Strombörse werden und neue Geschäftsmodelle wie „Energieversicherungen“ wären realisierbar.

Denn insgesamt wird der Handel mit Strom primär ein Versicherungsgeschäft sein, in dem Stromlieferrechte, also neuartige „Stromzertifikate“, gehandelt

werden. Für die Energieversorgung insgesamt werden Eigenverbrauch und dezentrale Inselösungen eine wichtige Rolle spielen, sie werden vermutlich jedoch nur im Ausnahmefall zur Autarkie führen. Denn auch lokale Smart Grids werden trotz steigender Eigenverbrauchsanteile am übergeordneten Stromnetz hängen und ihren Beitrag zur Gemeinlastverpflichtung zu zahlen haben. Im Regelfall werden Selbstverbraucher weiterhin vernetzt sein, und sei es nur für eine (faktisch selten in Anspruch genommene) Rückfalloption, für die sie allerdings auch zahlen müssen – nicht zuletzt, weil sonst das solidarische Netz weiter ausdünn. Grundsätzlich sind diese dezentralen Strukturen auch nur langsam und komplementär zur bestehenden Netzhierarchie zu denken. Je mehr aber eine Ausgleichs- und Entlastungswirkung dieser kleinteiligen Versorgungsgebiete nachgewiesen werden kann, umso schneller wird sich die Dezentralisierung in die bisherige Ordnungsstruktur einfügen.

So könnte eine dezentrale grüne Energielandschaft wie in Abb. 17 aussehen. Diese Darstellung eines integrierten Stromnetzes zeigt: Die künftige Energieversorgung ist dezentral, komplex und kennt eine Vielzahl von Akteuren. Die notwendige Speicherung muss sowohl kurzfristige Schwankungen in der Produktion von Energie als auch tages- und jahreszeitliche Unterschiede ausgleichen können. Die Bandbreite der Fluktuation ist riesig: von den lokalen Sekunden- und Minutenlücken im Niederspannungsbereich, die etwa durch eine Wolke über mehreren Solaranlagen entstehen, über die Tag-Nachtdifferenz bei der Sonneneinstrahlung bis hin zu den dunklen und manchmal bleiern Winterwochen, wo trübes Wetter weder die Sonne durchlässt noch einen Windhauch erlaubt.

Eine Speichertechnik, die passend für alle Anforderungen ist, gibt es nicht. Offensichtlich bedarf es verschiedener Speicherlösungen. Wasser- und Druckluftspeicher sind altbekannt und eignen sich vor allem für eine mittelfristige Speicherung. Voller Potenzial, aber weniger ausgereift sind Batteriespeicher und chemische Umwandlungsverfahren, die unter dem Label power-to-gas firmieren. Skeptiker wenden gerne ein, dass dezentrale Speicher wie Batterien und power-

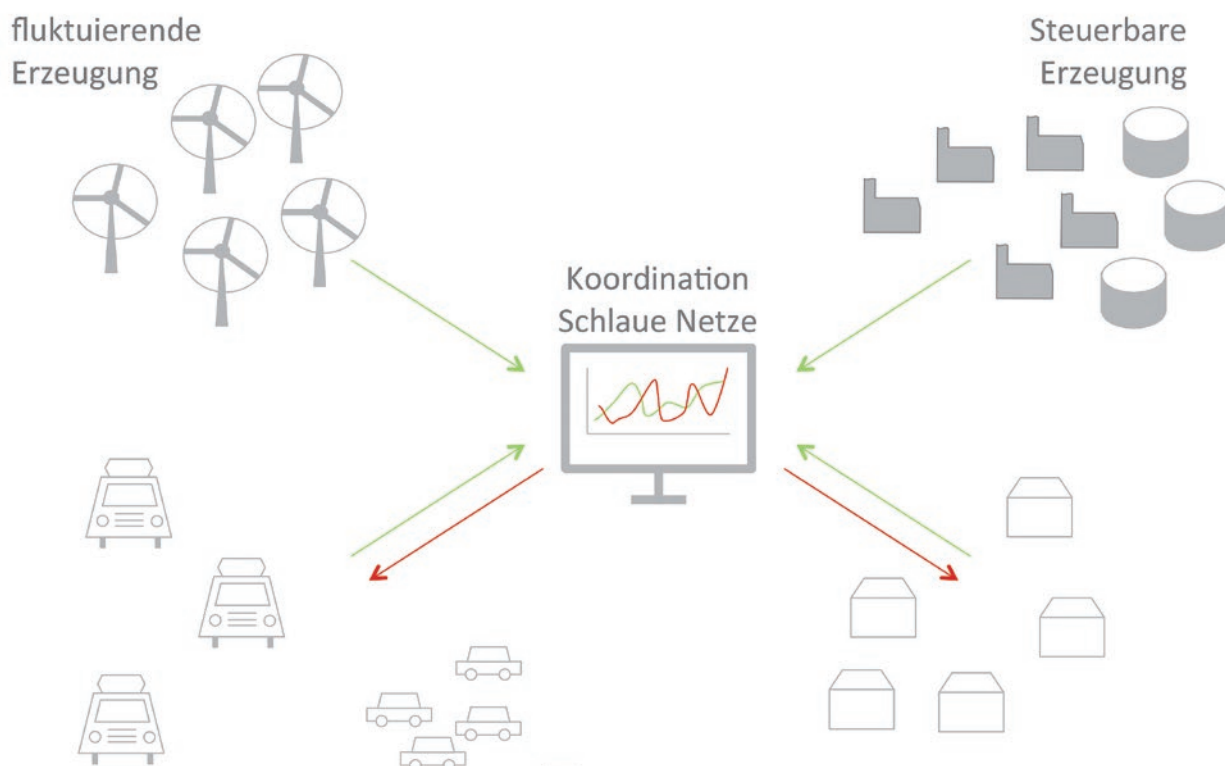


Abb. 17: Das intelligente Stromnetz

to-gas-Anlagen viel teurer seien als der Ausbau von Übertragungsnetzen. Überhaupt stehen die Kosten als Killerargument gegenüber Speicherlösungen im Mittelpunkt. Künftige Skaleneffekte werden allerdings in diesen Angriffen gegen die dezentrale Energieversorgung meistens ebenso wenig berücksichtigt wie die eingesparten Kosten für nicht zu bauende Übertragungstrassen und Verteilungssysteme.

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten: Allen Zweifelnden – oft natürlich interessengeleiteten – Einwürfen zum Trotz zeigt sich mit der fortgesetzten Installation von Wind- und PV-Anlagen der Charme dezentraler Netze. Sie erhöhen die Effizienz des Gesamtsystems, erlauben neue Geschäftsmodelle nicht zuletzt durch ein lokales Demand Side Management und binden Wertschöpfung vor Ort. Ein Energiekostenmanagement für Unternehmen durch Contracting mit dem Energielieferanten wird ein weiteres Modell für neue Dienstleistungen werden. Aber auch hier

müssen Nutzungskonkurrenzen ausbalanciert und unterschiedliche Ansprüche ausgeglichen werden. Für Fahrzeuge gilt das allemal. Sinnvoll betreiben lässt sich das Elektrofahrzeug als Teil von dezentralen Netzen nur im Flottenbetrieb. Erste Erfahrungen gibt es bereits. In verschiedenen Pilotversuchen konnte die prinzipielle Machbarkeit nachgewiesen werden (vgl. Scherf, Wolter 2013). Das Potenzial, dass fahrende Speicher ein Baustein solcher Systeme werden, ist vorhanden, wenn sie **vernetzt** vorausschauend gesteuert werden.

Während in den Städten und in den stadtnahen Räumen die intermodalen Angebote die meisten verkehrlichen Bedürfnisse umfassend bedienen können, bleibt in ländlichen Gegenden auch weiterhin das Auto dominant. Aber auch hier lassen sich die Verkehrsleistungen auf der Basis der Erneuerbaren absolvieren. Mit biogenen Kraftstoffen können bereits jetzt die Mehrzahl aller gewerblichen und privaten

Fahrten emissionsarm erledigt werden. Zukünftig wird auch auf dem Land die dezentrale Stromerzeugung der Treiber sein, weil davon auszugehen ist, dass einerseits die Preise für PV-Strom weiter fallen, aber andererseits der Bedarf an Speicherkapazität steigt.

Selbst in ländlichen Gebieten reichen für mehr als zwei Drittel aller Fahrten batterieelektrische Autos sowie elektrisch unterstützte Zweiräder vollkommen aus. Für längere Fahrten greift ein Konzept, das in der Luftfahrt schon lange bekannt ist und in dieser Studie bereits angesprochen wurde: „das Hub-and-Spoke-Konzept“. In dünn besiedelten Regionen steht ein dezentraler Fahrzeugpark zur Verfügung, der gemeinschaftlich bewirtschaftet wird und für alle kleinsten räumlichen Gelegenheiten jederzeit unbürokratisch für spontane und gebuchte Fahrten zur Verfügung steht. Die Zeiten, wo Haushalte auf dem Land für jeden Erwachsenen mindestens ein Fahrzeug vorhalten mussten, sind Geschichte. Diese Fahrzeuge dienen auch als Zubringer zum nächsten Hub, der als multimodaler Knoten den Umstieg auf Busse und Schienenverkehr ermöglicht. Die Hubs sind untereinander mit schnellen Schienenverbindungen verbunden, auch hier ist der Umstieg analog zu den städtischen Hubs ganz bequem. In den Hubs stehen Pkws oder auch Nutzfahrzeuge als Poolfahrzeuge zur Verfügung, deren Batteriekapazitäten gleichzeitig als Puffer eingeplant sind. Dispositionstechnik macht es möglich, dass Fahren, Speichern und bidirektionales Laden Teil eines modernen Lastmanagements sind.

Agenten des Umbaus

Stimmt der Ordnungsrahmen, dann erhalten die Akteure der Verkehrs- und Energiewende Planungssicherheit und neue Perspektiven. Diese Lektion kann man aus der Geschichte des EEG lernen. Sein Erfolgsgeheimnis lag in der für Jahrzehnte garantierten Vergütung und im Einspeisevorrang. Im Ergebnis haben vor allem private Investoren in Windenergie- und Solaranlagen investiert (vgl. trend research 2013). Mehr als die Hälfte der Erneuerbaren-Anlagen-Kapazität von immerhin circa 75 Gigawatt gehört daher

Hauseigentümern, Landwirten, sonstigen Gewerbetreibenden und Genossenschaften – also der Zivilgesellschaft. Diese sind auch die potenziellen Investoren und Betreiber der **Schlaunen Netze**, sie sind die Agenten des Umbaus.

Die Prämisse dieses dezentralen Modells lautet, dass die Zivilgesellschaft über einen hohen Grad an Selbstorganisationsfähigkeit verfügt, die durch entsprechende Anreize weiter stimuliert und entwickelt werden kann. Die Aktivposten der doppelten Verkehrs- und Energiewende kommen – so die Annahme – mehrheitlich aus der Zivilgesellschaft. Neben dem Engagement von Privaten und Genossenschaften soll darüber hinaus aber auch eine Reihe von neuen geschäftlichen Perspektiven selbst für etablierte Unternehmen entstehen. Dafür kommen verschiedene Kandidaten in Frage:

- Die Automobilhersteller wurden bereits mehrfach erwähnt. Sollen elektrische Fahrzeuge nicht nur mit Strom beliefert werden, wenn dieser im Übermaß vorhanden ist, sondern als Teil einer Speicherlandschaft integriert werden, dann werden neue technische Applikationen benötigt. Die Hersteller gehen mittlerweile dazu über, für ihre Fahrzeuge auch die entsprechenden Ladeinfrastrukturen mitzuliefern und außerdem Stromverträge von Kooperationspartnern anzubieten. Warum sollte man mit einem neuen teuren Batteriefahrzeug oder Plug-in-Hybrid nicht gleich die gesamte Energieversorgung eines Kiezes, einer kleinen Siedlung oder eines Blocks auf Erneuerbare umstellen? Da die Installation einer Stromnetz-Landschaft eine komplexe technische Angelegenheit ist, könnten sich hier neue Geschäftsfelder für Automobilhersteller entwickeln.
- Auch für einen weiteren „Big Player“ im Bereich der Mobilität entstehen neue Optionen: Die Deutsche Bahn (DB AG) bietet bereits mit der Einführung der ‚Grünen BahnCard‘ seit April 2013 für ihre Stammkunden CO₂-freie Zugreisen an, die mit den elektrischen Fahrzeugen der eFlinkster- oder Multicity-Carsharingflotte

zu insgesamt CO₂-freien Reiseketten im wörtlichen Sinne verlängert werden können. Die DB AG verfügt nicht nur über ein 33.000 Kilometer langes Schienennetz, sondern ist selbst ein großes Energieversorgungsunternehmen. Das eigene 110 kV Netz hat auf 16,7 Hertz Spannung mehr als 190 Einspeisepunkte für Schienenfahrzeuge und verfügt über mehr als 180 Mittelspannungsnetzwerke, die wiederum gut 5.800 Bahnhöfe versorgen. Bahnhöfe könnte man zu kleinen schlaun Netzen ertüchtigen. Zumal die DB AG gerade in ländlichen Gebieten über viele ungenutzte Flächen verfügt, wäre die Installierung von Kleinwind- und PV-Anlagen rund um einen Bahnhof herum eine ideale Voraussetzung zur Wiederbelebung kleiner Dörfer und Vorstädte. Während der Fahrstrom für die Züge in der für normale Verbraucher unüblichen Frequenz von 16,7 Hertz geleitet wird, finden sämtliche Anwendungen in und um Bahnhöfe herum im üblichen 50 Hertz-Frequenzbereich statt und wären damit der Kristallisationspunkt für neue Beteiligungsmöglichkeiten.

Die DB AG könnte auf diese Weise als Großkonzern den Prosumer-Gedanken wirkungsvoll unterstützen, wenn die bisherigen politischen Rahmenbedingungen deutlich verändert werden. Im und am Bahnhof würden sich unter der Federführung einer Gesellschaft der DB AG Anwohner, Läden, Kneipen oder kleine Betriebe zu einem Schlaun Netz zusammenfinden. Sie wären gleichermaßen mit Strom, Wärme und elektrischen Fahrzeugen auf Basis Erneuerbarer Energien versorgt. Aus Verkehrssicht könnte die Idee des Bahnhofs als „Multi-Modal-Arena“ verwirklicht werden. Um selbst erzeugten Strom zu nutzen, sind um jeden dieser Bahnhöfe herum attraktive Beteiligungsformate zu entwickeln. Die flächendeckenden Konzernstrukturen bieten günstige infrastrukturelle Voraussetzung für die Entwicklung ländlicher oder kleinstädtische Beteiligungsformen. Durch die lange Erfahrung des Konzerns in der Elektrotraktion von Zügen des Nah- und Fernverkehrs kann man im Übrigen einen weiteren Stimulus für den Ausbau der Speicheroptionen erwarten. Elektrische Triebfahrzeuge sind heute schon

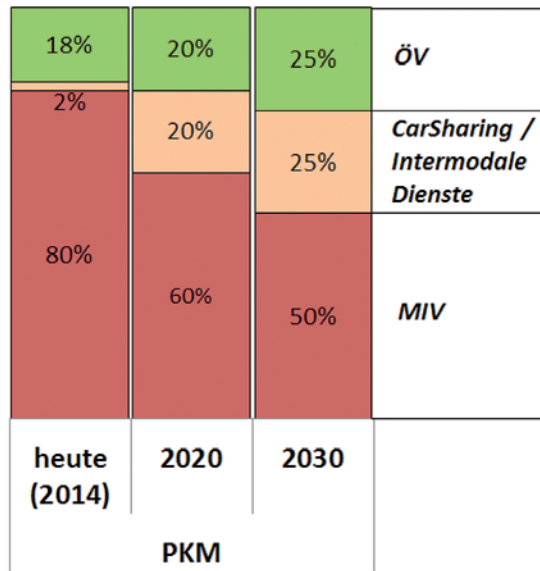
kinetische Speicher. Im Personenfernverkehr werden 11 Prozent und im Nahverkehr sogar bereits heute 14 Prozent des Fahrstroms von den Schienenfahrzeugen durch die Einführung einer „generatorischen Bremse“ wieder ins Netz zurückgespeist. Die Zuginfrastruktur bietet eine Reihe von Möglichkeiten, neben den elektrischen Straßenfahrzeugen weitere Stromspeicher einzubringen (Deutsche Bahn 2014b). Der Bahnhof würde dann nicht nur zum Nukleus und „Enabler“ zivilgesellschaftlicher und kleingewerblicher Aktivitäten, sondern gleichsam auch zum Synonym für universelle Erreichbarkeit mit CO₂-freien Mobilitätsformen. Denn nicht nur die örtlichen Prosumer könnten zu Nutzern des Fahrzeugparks werden, sondern ebenso anreisende Gäste und Besucher.

Hoher Anteil individueller Verkehrsleistungen bleibt

Auch wenn erhebliche Effizienzgewinne durch eine zunehmende intermodale Verknüpfung zu erwarten sind und auch die E-Fahrzeuge dank drastischer Kostenreduktionen insbesondere bei den Batterien erheblich preiswerter werden, ist bis 2030 von einem großen Anteil von Fahrzeugen sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr zu rechnen, die übergangsweise mit konventionellen Antriebstechnologien unterwegs sind. Im Güterverkehr wirkt erschwerend, dass der bereits erwähnte Güterstruktureffekt, nämlich der Rückgang an schweren Rohstoffen und Massenwaren bei gleichzeitiger Zunahme von Fertigwaren in kleinen und kleinsten Losgrößen, den Verkehrsträger Straße begünstigt und umgekehrt den Alternativen zu Wasser und auf der Schiene zu schaffen macht. Folgende Prognosen zu den Verschiebungen der Anteile der verschiedenen Verkehrsträger können dabei als optimistischer Ausblick eingestuft werden (vgl. Abb. 18).

Auch der ÖV-Sektor unterliegt der fortgesetzten Elektrifizierung. Der Dieselanteil insbesondere im Nahverkehr (NV) sinkt bis 2030 zwar drastisch. Dennoch ist auch dann immer noch von einem nicht-elektrischen Anteil von 10 Prozent auszugehen, der dann größten-

Hoher MIV-Sockel bleibt



Hoher Straßen-Anteil bleibt

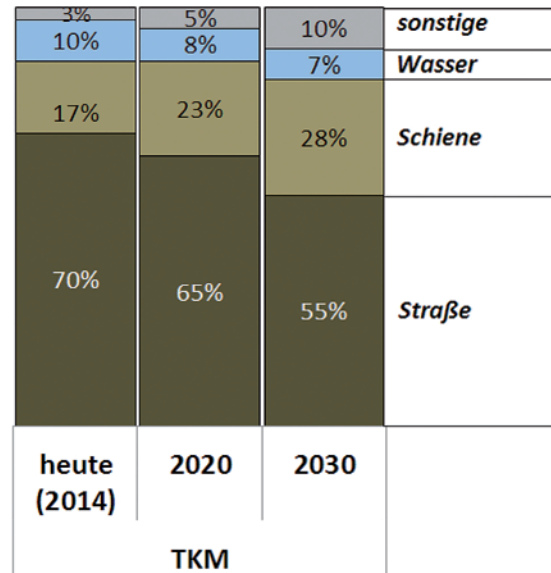


Abb. 18: Modal split Personen- und Tonnenkilometer 2020 und 2030. Quelle: eigene Berechnungen

teils durch Biokraftstoffe gedeckt werden könnte (vgl. Abb. 19).

Leitmarkt Elektromobilität?

Bei der Suche nach den Optionen einer postfossilen Mobilität hat die Bundesregierung im Jahre 2009 mit der „Nationalen Initiative Elektromobilität“ die Elektromobilität zu einem vordringlichen industrie- und innovationspolitischen Projekt erklärt und die „Nationale Plattform Elektromobilität“ als ein Diskurs- und Entscheidungsforum eingerichtet, das das Ziel von einer Million zugelassener E-Fahrzeuge bis 2020 formuliert hat. Motiviert wurde ihr Engagement primär mit dem Blick auf die Entwicklungen in China. Der chinesische Markt, der bereits jetzt für alle deutschen Automobilhersteller der mit Abstand wichtigste ist, setzt auch die technischen Zukunftstrends: Auf der von der Bundesregierung im Mai 2013 veranstalteten „Internationalen Tagung Elektromobilität“ erklärte der Vertreter der chinesischen Regierung allen Anwesenden unmissverständlich, dass das Auto in China nur eine Zukunft hat, wenn es elektrisch fährt.

Das erklärte Ziel der Bundesregierung ist es, „Leitmarkt für Elektromobilität“ zu werden. Dafür wurde neben dem 1-Million-Ziel bis 2020 auch die Zielmarke von fünf Millionen Elektrofahrzeugen auf deutschen Straßen bis 2030 ausgegeben (Bundesregierung 2009). Die Zulassungszahlen sind aber bislang äußerst bescheiden, von „Hochlaufphase“ kann noch keine Rede sein. Ende des Jahres 2014 gibt es zwar 16 Pkw-E-Modelle deutscher Hersteller, doch liegen mit Ausnahme des i3 von BMW die Verkaufszahlen hinter den Erwartungen. Selbst die „Nationale Plattform Elektromobilität“ geht in ihrem jüngsten Fortschrittsbericht davon aus, dass das 1-Million-Ziel klar verfehlt wird (NPE 2014). Im Bericht wird auch erstmals seit 2009 ausgesprochen, dass nicht nur eine Änderung des Antriebsstranges, sondern ganzheitliche „systemische Konzepte“ die Antworten auf die großen Herausforderungen sind. Ohne eine Änderung in den rechtlichen und steuerlichen Rahmenbedingungen wird jedoch der Durchbruch der E-Fahrzeuge nicht zu schaffen sein. Wie bescheiden die Anteile von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben nach den gängigen Prognosen in Deutschland in den nächsten 5 bis 10 Jahren veranschlagt werden, zeigt Abb. 20.

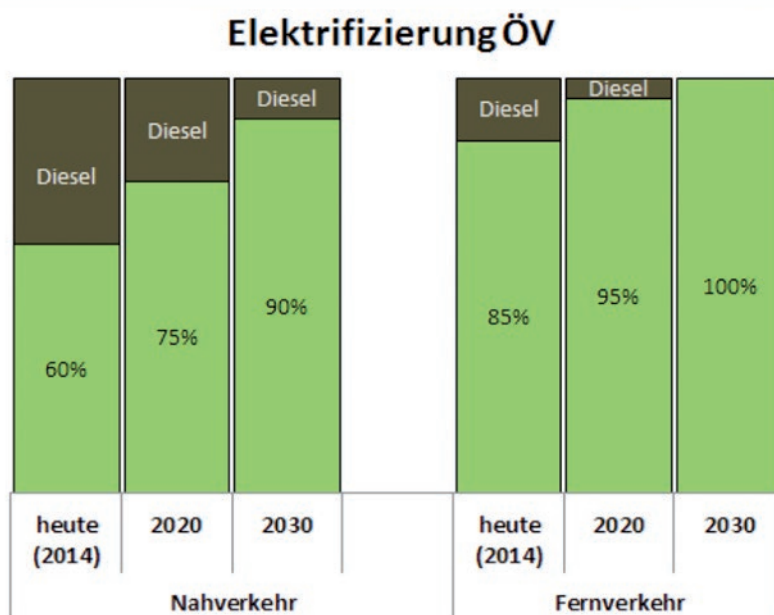


Abb. 19: Elektrifizierung des Öffentlichen Verkehrs 2020 und 2030. Quelle: eigene Berechnungen
Anmerkung: Biodieselanteile stark steigend

Rückgang der Mineralölsteuereinnahmen, Einsparungen bei den Ölimporten

Nimmt die Elektrifizierung des Verkehrs im Pkw- und auch die leichten Lkw-Segment aber doch Fahrt auf, wird die Frage dringlich: Welche steuerlichen Auswirkungen hat das? Weniger Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor bedeuten weniger Mineralölsteuereinnahmen. Diese beliefen sich im Jahr 2013 auf gut 33 Milliarden Euro und standen allein dem Bundeshaushalt zu. Bei einem möglichen postfossilen Anteil von 50 Prozent an der Verkehrsleistung im Jahr 2030 wäre unter ceteris paribus-Bedingungen mit einem Steuerminus gegenüber 2013 in der Höhe eines zweistelligen Milliardenbetrages zu rechnen. Gleichzeitig sind bei einem solch starken postfossilen Anteil im Verkehr viel weniger Ölimporte nötig. So wurde im Jahr 2012 Öl im Wert von fast 68 Milliarden Euro nach Deutschland importiert (s. Abb. 21).

Bei einer Halbierung des fossilen Verkehrs bis 2030 gegenüber 2012 ist also von verminderten Aufwendungen für Ölimporte von mehr als 30 Milliarden Euro

auszugehen – was immerhin ca. 1,7 Prozent des BIP ausmacht. Volkswirtschaftlich betrachtet wirkt sich die verringerte Abhängigkeit von Ölimporten durchaus positiv aus, selbst wenn man von einem weiterhin stark schwankenden Rohölpreis ausgehen muss.

Wie kann man sich nun ein „Postfossiles Leben“ im Jahre 2050 vorstellen? Abstrakt formuliert handelt es sich um umfassende dezentrale Versorgungsformen, die untereinander so vernetzt sind, dass ein Höchstmaß an Flexibilität mit hoher Versorgungssicherheit organisiert werden kann. Im Folgenden werden drei Kurzscenarien skizziert, die je ein Schlaglicht auf diese Vision werfen (siehe Kasten).

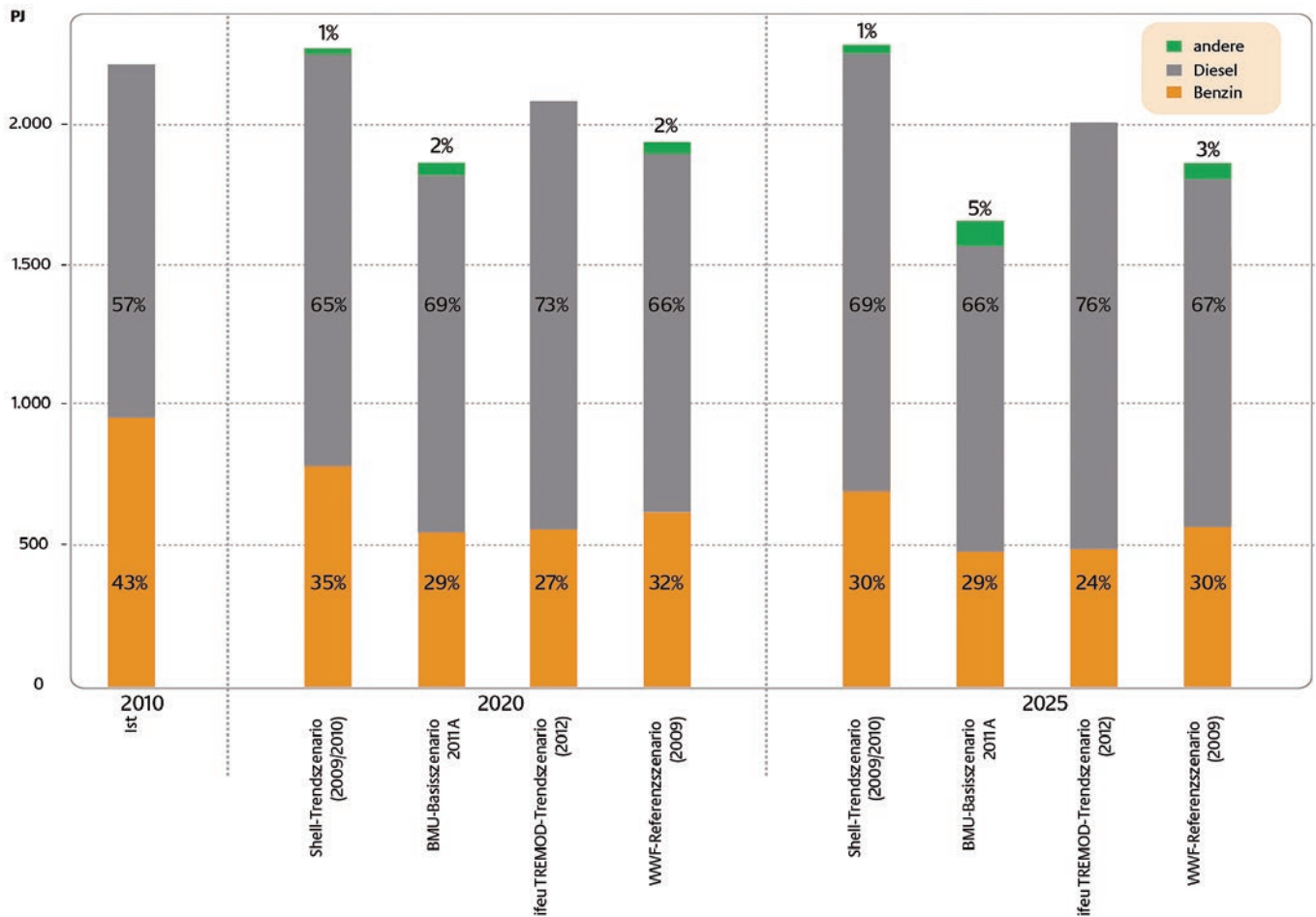


Abb. 20: Übersicht Nachfrageszenarien Benzin, Diesel und andere. Quelle: DENA 2013: 12

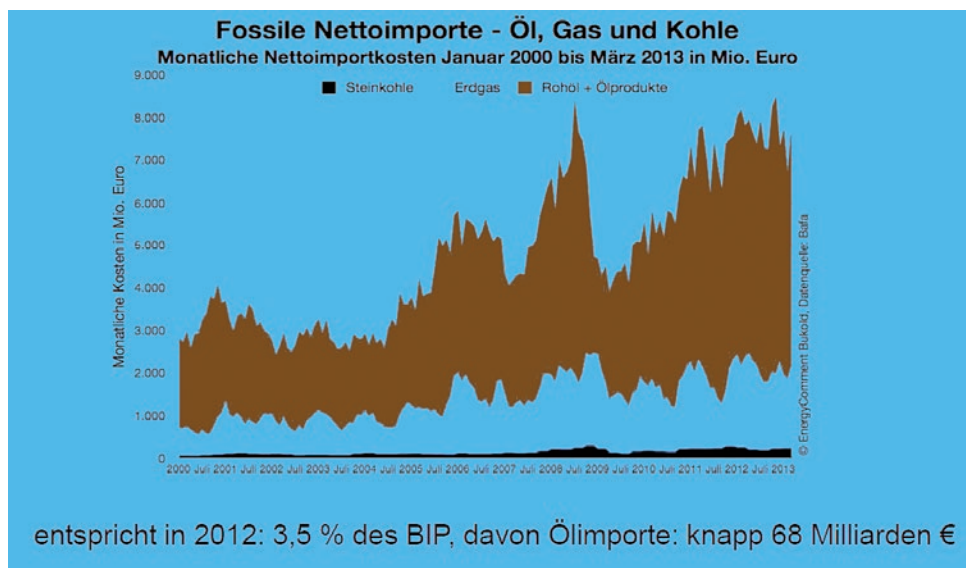


Abb. 21: Fossile Importe. Quelle: www.energycomment.de

Drei Kurzscenarien:

1. Die Berliner Metromobile

Schon wieder stehen Trauben von Touristen vor dem Berliner Nordbahnhof und blockieren die Parkplätze, die Charlotte ansteuert, um das E-Auto abzustellen, das sie sich ganz in der Früh in der Nähe ihrer Wohnung ausgeliehen hatte, um einen Freund zum Flughafenshuttle am Südkreuz zu bringen. Es war eng geworden, weil sie sofort anschließend einen Termin in Lichtenberg wahrnehmen musste. Berlin-Touristen bestaunen oft die Bahnhöfe, denn diese sind weltweit bekannt dafür, dass sie zum einen alle Verkehrsoptionen bieten, die sich der mobile Mensch nur wünscht. Zum anderen sind sie EE-Kraftwerke, mit allen Highlights des Marktes: Hochleistungs-PV-Module auf und weiße Module am Gebäude, transparente über den Gleisen, nach innen drehende Windräder im Spalier an den Ein- und Ausfahrten der Züge und um die Parkplätze herum, nicht sichtbare Batteriespeicher im Keller und in diversen Schalträumen und last but not least Fahrzeugparks mit E-Autos, von denen fast immer ein (wechselnder) Teil mit dem Stromnetz verkoppelt ist, als Puffer und Stabilisator für die fluktuierenden Erneuerbaren. Sie heißen traditionell noch Bahnhof, korrekt wäre die Bezeichnung „Bahn-Auto-Fahrrad-Energiehof“- aber das ist zu lang. Charlotte muss hupen, da sie es eilig hat und schnell mit der S 1 nach Oranienburg weiterfahren will. Sie ist Anfang 30 und eine erfolgreiche Innenarchitektin. Sie lebt im Szene-Viertel Wilmersdorf und kommt berufsbedingt viel herum. Viele Kunden sind in Berlin, aber etliche auch in Potsdam, Strausberg und in anderen

Orten im Berliner Umland. Charlotte ist eine der typischen Metromobilen, sie bewegt sich wie die meisten Menschen in Berlin sehr multimodal. Ein eigenes Auto hatte sie nie, ihr Privatrad steht schon seit Jahren bei ihrem Freund, mit dem sie ab und an eine längere Fahrradtour unternimmt. Im Alltag nutzt sie alle anderen Verkehrsmöglichkeiten, die sich ihr bieten: die Bahnen und Busse ebenso wie Leihautos, Mietfahrräder, Mitfahrgelegenheiten, manchmal auch Chauffeurdienste. Innerhalb der Stadt hat sie auf alles Zugriff mit ihrer „Berlinmobil-App“. Wenn sie weiter aus Berlin heraus will, wischt sie einfach auf die Nachbar-App mit dem naheliegenden Namen „Berlinmobilplus“. Ihrem Profil gemäß tauchen dann alle verfügbaren Optionen auf, sie kann wählen nach Kategorien wie Schnelligkeit, Bequemlichkeit oder Preis. Sie hat sich einmal angemeldet, die Bonitätsprüfung überstanden und muss sich seitdem keine Gedanken mehr über Tickets, Tarife, Umsteigen etc. machen. Am Ende des Monats erhält sie eine Rechnung mit einer Gesamtübersicht und einer Bestpreis-Garantie.

So ist es nicht verwunderlich, dass die Metromobilen keine kleine Minderheit mehr sind in der Hauptstadt. Charlotte fährt im wörtlichen Sinne gut mit dem optimal vernetzten Mobilitätsangebot, manchmal ertappt sie sich, wenn sie mal wieder damit angibt, klimafreundlich unterwegs zu sein und dabei meistens schneller und pünktlicher zu sein als einige ältere Kollegen, die immer noch mit ihrem eigenen Auto versuchen, alle Termine zu schaffen.

2. Zufrieden in Paderborn

Nach vier Wochen ohne Regen ist Ewald etwas überascht, wie unangenehm eine nasse Hose sich anfühlt, wenn man mit ihr auf dem Bürostuhl sitzt. Er hatte mit dem Regen nicht gerechnet. Nun beschließt er, ab morgen wieder seinen Mitsubishi FC zu nehmen, um ins Büro zu kommen. Schade, denn das Radfahren der letzten Wochen hat ihm 3 Kilogramm Gewichtsabnahme beschert und es war mittlerweile schon fast zur Routine geworden. Ewald lebt am westlichen Stadtrand von Paderborn, im Grünen mit Frau und zwei Kindern. Fünf Mal in der Woche fährt er in sein Büro, das gut 8 Kilometer entfernt liegt. Er ist von der Ausbildung her Elektroingenieur und über die IT zur Verwaltung gekommen. Nun leitet er die Verwaltung eines großen Krankenhauses und muss

regelmäßig vor Ort sein. Dienstreisen sind eher selten, in seiner Freizeit ist er als Trainer einer Jugendfußballmannschaft aktiv.

Mobil sein ist für Ewald ebenso wie für seine Frau eng mit dem Auto verbunden, Alternativen dazu sehen sie nicht. Nach intensiver Beschäftigung hat er sich erst vor kurzem für ein neues Auto entschieden, einen günstigen Kompakt-Pkw mit 4 Elektronabenmotoren, die von einer Brennstoffzelle ihre Energie erhalten, und den er von der örtlichen Energie-Genossenschaft bezogen hat, die ihrerseits günstige Einkaufskonditionen bei den Autoherstellern verhandeln konnte.. Seine Frau fährt einen geleasteten Toyota Prius Plug-in, der schon in die Jahre gekommen ist, aber dennoch für die meisten Zwecke mit einer Reichweite von weniger als 50 Kilometer rein elektrisch gefahren werden kann. Das elektrische

Fahren ist beiden wichtig, sie mögen einfach das leise Dahingleiten. Außerdem hat Ewald die Energieversorgung der beiden Fahrzeuge mithilfe einer PV-Anlage mit knapp 10 KW Leistung und einer Hausbatterie optimiert. Da ist der Elektroingenieur wieder durchgekommen. Der Eigenversorgungsgrad seines Haushaltes aus der PV-Anlage erreicht im jährlichen Durchschnitt fast 90 Prozent, nur im November und im Januar liegt er deutlich darunter. Dann muss der teure Netzstrom bezogen werden, denn einschränken möchten Ewald und seine Frau sich nicht. Der Netzanschluss selber ist in den letzten Jahren permanent teurer geworden und dient als Rückversicherung.

Insgesamt ist Ewald sehr zufrieden mit seinem geordneten Leben in Paderborn, seine Verwandten leben dort, er hat viele Freunde, die Kinder sind in einer guten Schule

und der Sport ist der ideale Ausgleich für einen fordernden Job. Zufrieden ist er auch damit, rechtzeitig auf die Photovoltaik auf dem eigenen Haus- und Carportdach gesetzt zu haben. Dank des hohen Eigenversorgungsanteils im Haushalt und bei den beiden Autos sind die Energiekosten überschaubar. Nur die Infrastrukturabgabe, die er zahlen muss, sobald er die Stadtgrenzen überschreitet, und das Entgelt für das Parken im Parkhaus unterm Krankenhaus und auch sonst innerhalb des Stadtgebietes, findet er eine Zumutung. Wenn er für längere Fahrten die Bahn nimmt oder manchmal mit dem eigenen Auto an der hohen „Wegemaut“ nicht vorbei kommt, merkt er immer, dass Mobilität seinen Preis hat. Insgesamt ist er aber gelassen und froh darüber, wie er sein (Mobilitäts-)Leben gestaltet hat in einer Zeit, in der viel von den notwendigen Kosten des Klimaschutzes gesprochen wird.

3. Eine Insel in der Uckermark

David lebt seit über 10 Jahren in einem Uckermärkischen Flecken mit insgesamt 16 Haushalten, ursprünglich kommt er aus Berlin und arbeitet in einem privaten Kindergarten in einem etwas größeren Ort im Norden der Uckermark, 23 Kilometer entfernt. Er hat mal Literaturwissenschaften studiert, auch mal eine online-Zeitschrift mitherausgegeben, doch jetzt verdient er sein Geld als Erzieher drei Tage in der Woche. Da bleibt Zeit genug, um als „Kümmerer für fast alles“ in seinem Flecken da zu sein. Das macht er gerne. Sein Organisations-talent hilft dabei, den Kontakt nach außen aufrecht zu erhalten, die Versorgung auch der Älteren zu unterstützen und zudem dafür zu sorgen, dass immer mal wieder Gäste aus der großen Stadt gegen einen Obolus in der Uckermärkischen Einsamkeit Kurzurlaub machen. Er kümmert sich auch um die Energie, denn in dieser Hinsicht ist man wie auf einer Insel. Der kleine Ort hat keinen Anschluss an das öffentliche Stromnetz, schon vor Jahrzehnten wurde der gekappt. Allerdings gibt es ein Ortsnetz, das mit Landesförderung vor zwei Jahrzehnten instand gesetzt und „Smart-Grid-fähig“ gemacht wurde. An diesem Schluen Netz hängen sämtliche Haushalte, alle erhalten Strom und alle speisen auch Strom ein. Insgesamt 12 PV-Anlagen verschiedener

Größe und Ausrichtung mit einer Gesamtleistung von 150 KW sowie 8 Kleinwindanlagen mit insgesamt 40 KW Leistung liefern ausreichend Strom. Dazu kommt ein Mini-BHKW mit der Wärme/Stromleistung von 60/40 KW, das allerdings fast nur in den kalten Perioden zum Einsatz kommt, weil das notwendige Biogas teuer ist und daher möglichst viel der so erzeugten Wärme auch genutzt werden soll. Abgesichert wird das kleine Schluen Netz durch vier stationäre Batterien mit einer Gesamtspeicherkapazität von 60 KWh. Schließlich können noch weitere 4 Elektroautos und 6 plug-in-Hybrid-Fahrzeuge angeschlossen werden.

Meistens reichen die EE-Erzeugungs- und Speicherkapazitäten bequem aus. Sie sind allerdings nicht redundant ausgelegt, sondern zugeschnitten auf die Bedürfnisse der Bewohner. So belastet ihre Finanzierung sie wenig und Betriebskosten im traditionellen Sinne fallen kaum an. David verfolgt die Wetterprognosen genau und weiß aus Erfahrung, wann es kritisch wird, dann übt er sich in Lastenmanagement und redet mit dem einen oder anderen Mitbewohner, ob die Waschmaschine doch bitte warten kann oder ob mal jemand sein voll beladenes E-Auto ans Netz bringt und auf eine Fahrt verzichtet.

5 Weichenstellungen für die Transformation und Handlungsempfehlungen

Die hergestellte Autodominanz

Im Jahr 2050 sind weder die Erneuerbaren Energien noch Fahrzeuge wirklich knapp. Wir werden zu viele Autos, ausreichend Biokraftstoffe und sehr viel Strom haben. Die Frage ist allerdings, ob wir die Kraft entwickeln, aus diesem Überfluss eine effiziente, nachhaltige Gesellschaft zu bauen. Denn dieses Zuviel insbesondere an Automobilen hat sich nicht einfach so eingestellt, sondern ist das Resultat eines bewusst herbeigeführten, über lange Jahre entwickelten und realisierten politischen Plans zur Etablierung einer Auto-Gesellschaft, dessen Folgen heute noch wirksam sind. Deutschland hat am Aufstieg des Pkw als weltweites Massenverkehrsmittel zu Beginn des 20. Jahrhunderts zunächst gar nicht teilgenommen. Weder vor dem Ersten Weltkrieg noch in den 1920er Jahren und bis zu Beginn der 1950er Jahren gab es einen nennenswerten privaten Pkw-Verkehr. In Deutschland dominierte die Reichsbahn und als Individualverkehr erfreute sich das Kraftrad großer Popularität. Die schwäbische Firma NSU war beispielsweise lange Jahre Weltmarktführer bei Kleinkrafträdern. Dennoch herrschte bei den Verkehrsplanern in der Weimarer Republik, während des Dritten Reiches sowie in beiden deutschen Staaten der Nachkriegszeit – also systemübergreifend – die Vorstellung vor, dass im privaten Automobil gleichsam der gerätetechnische Kern des „Traums vom guten Leben“ verkörpert ist. Städte, Landschaften und Infrastrukturen wurden zur Erfüllung dieses Traums regelrecht zuge richtet, um dem Autoverkehr im wahrsten Sinne des Wortes den Weg zu ebnen. Autobahnen, Schnellstraßen und die Straßenverkehrsordnung kamen hinzu, die Gesetzgebung zur steuerlichen Geltendmachung von Autos wurde eingeführt und der Öffentliche Verkehr, wie am Beispiel der Straßenbahn in Berlin-West dokumentiert, einfach aus dem Weg geräumt. Der heute so eindrucksvolle 80-Prozent-Anteil des motorisierten Individualverkehrs am Modal Split ist das Ergebnis von willentlich gesetzten politischen Rahmenbedingungen. Der private Besitz eines Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor wurde zu einem Standardprodukt definiert und dient der Industrie bis heute wie ein regulierungspolitisches Korsett zur Stützung dieser Verkehrsform. Der

Weg in eine postfossile Mobilität, die auf Basis der Erneuerbaren den Einstieg in eine multimodale, dezentral organisierte Versorgungslandschaft versucht, ist kein Mengenproblem, sondern ein Regulierungsproblem (Klenke 1993). Wer sich also wundert, warum die Zahl der Fahrzeuge auf Basis Erneuerbarer so gering oder warum die Zahl der Carsharing-Kunden immer noch vergleichsweise niedrig ist, der findet mit Blick auf die Geschichte politisch hergestellter Verhältnisse die Antworten.

Die Kunst des Gelingens

Wenn also mehr Vernetzung, mehr Effizienz, mehr Erneuerbare in den Verkehrssektor einziehen sollen, dann muss auch dieser Prozess politisch gewollt und aktiv eingeleitet werden. Dies kann augenscheinlich nur gegen herrschende Mehrheiten geschehen und ist daher auch wenig geeignet, vom Bund, von den Ländern oder von den Kommunen proaktiv aufgenommen zu werden. Ein seit über 20 Jahren diskutiertes Gesetz zur Förderung des Carsharings ist bis heute nicht erlassen und wird immer wieder mit dem Argument geblockt, dass die Straßenverkehrsordnung – bis auf Stellflächen für Behinderte – keine Privilegien kennt. Der private Automobilverkehr mit Verbrennern bleibt der Standard und wird durch die bestehende Rechtsordnung auch weiterhin festgeschrieben: Alle Alternativen werden mit dem Stigma des unzulässigen Privilegs belegt, es wird ihnen einfach die Legitimation entzogen.

Die Erfolgsgeschichte zur Durchsetzung des Automobils zeigt, dass zunächst ebenfalls gegen herrschende Mehrheiten operiert werden musste. Aber offenkundig haben es die Promotoren geschafft, eine vorhandene, aber nicht wirklich sichtbare Grundeinsicht in die Richtigkeit dieses Weges zu erreichen. Das Automobil wurde zur Ikone der Moderne und zum Kernelement des „Traums vom guten Leben“ stilisiert. Eine höhere Einsicht konnte mobilisiert werden, dass diese Fahrzeuge so oder so kommen. In Europa gelang dies besonders gut mit dem Verweis auf die USA, wo

das Auto praktisch schon seit den 1920er Jahren zu einem Alltagsgerät geworden war (Flink 1988).

Um erfolgreich zu sein sind daher Botschaften zu suchen, die eine Chance darauf haben, von der Mehrheit der Bevölkerung so eingeschätzt zu werden, dass sie so oder so kommen werden und dass die dazu unterstützenden Maßnahmen ebenfalls über kurz oder lang eintreten müssen. Damit wäre zumindest die Hoffnung auf eine höhere Einsicht verbunden, so wie dies bei der Einführung und Durchsetzung des privaten Automobils einst auch vorherrschte.

5

In dieser Hinsicht könnte die Elektromobilität Ausichten auf ein solches Potenzial entwickeln. In mehreren Stakeholder-Analysen haben das InnoZ sowie auch andere Forschungsinstitute bei Kunden, Beratern und Politikern, aber auch bei Autobauern selbst die Überzeugung vorgefunden, dass sich die Elektromobilität durchsetzt. „Die Elektromobilität kommt langfristig auf jeden Fall“: so klingt die Einschätzung in vielen Interviews (InnoZ 2012). Es scheint, dass im Vergleich zu allen anderen alternativen Antrieben und auch mit Blick auf die anderen Erneuerbaren wie die biogenen Kraftstoffe die Elektromobilität immer noch den höchsten gesellschaftlichen Konsens und die größte langfristige Überzeugungskraft für sich reklamieren kann und Ausichten auf die Aktivierung „höherer Einsichten“ an eine tatsächliche Realisierung genießt.

Selbst die Bundesregierung lässt sich in diesem Thema unter Druck setzen und bindet sich an ambitionierte Ziele. Während die zwar gewissenhaft recherchierte und über lange Jahre vorbereitete „Mobilitäts- und Klimastrategie“ ohne nennenswerte Forderungen oder gar Selbstverpflichtungen auskommt, steht die Bundesregierung bis heute immer noch in der Pflicht, bis zum Jahre 2020 1 Million E-Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu realisieren.

Dass dieses Ziel offensichtlich zu hoch gesteckt ist und selbst die NPE in ihrem neuesten Fortschrittsbericht davon ausgeht, dass es unter den gegebenen politischen Rahmenbedingungen nicht zu erreichen ist, trübt das Bild nicht entscheidend. Im Gegenteil:

Es wird im Jahre 2015 für die Bundesregierung die Notwendigkeit bestehen, entweder von einem groß angekündigten industrie- und innovationspolitischen Ziel Abschied zu nehmen oder doch Maßnahmen zu ergreifen, die eine Popularisierung dieser Antriebsart ermöglichen.

Die Elektromobilität als Trojaner

Wenn man sich an der Erfolgsgeschichte des privaten Kraftfahrzeuges orientiert, dann eignet sich die Elektromobilität als Fixierbild für die notwendige positiv assoziierte Zukunftsoption. Was früher mit dem Verweis auf die USA gelang, funktioniert nun mit der Referenz auf China. Dem Reich der Mitte wird ein konsequenter Gang in Richtung massenhafte Verbreitung elektrischer Fahrzeuge zugeschrieben und dies dient auch den deutschen Autobauern als Maß der Dinge. Denn China wird innerhalb der nächsten fünf Jahre zum weltweit größten Markt für Kraftfahrzeuge aufsteigen (NPE 2014).

Um die Zugnummer der Elektromobilität weiter aufrecht erhalten zu können und eine vorzeitige Abkündigung des Ziels zu vermeiden, scheint es sinnvoll, das Ziel zu erneuern und bei der Anrechnung auf alle Kraftstoffarten, deren Basis die Erneuerbaren sind, zurückzugreifen. Damit wären Wasserstoff, Methan und Biogase ebenfalls im Spiel, wenn sie auf Basis Erneuerbarer und nachweislich nachhaltig erzeugt werden. Nach Schätzungen des BEE ist bis 2020 das Mengenziel der 1 Million „Erneuerbarer Fahrzeuge“ tatsächlich – wie im vorletzten Kapitel dargestellt – zu erreichen und die umweltpolitische Botschaft des möglichen CO₂-freien Verkehrs könnte mit dieser Erweiterung weiter geschärft werden. Neben der industriepolitischen Komponente wäre die Bundesregierung auch in der Lage ihre Klimaziele im Verkehr glaubhaft zu vertreten. Wenn man daher alle Antriebe und Antriebsstoffe auf der Basis der Erneuerbaren unter den Leitbegriff der Erneuerbaren Elektromobilität bündelt, ist das Ziel der 1 Million Fahrzeuge zu erreichen. Damit könnte auch der verbreitete Glaube an die höhere Einsicht der Durchsetzbarkeit der Elektro-

Kurzfristige Maßnahmen

Zur maßvollen und nachhaltigen Entwicklung der flüssigen und gasförmigen Biokraftstoffe:

- einen kontinuierlichen Zielerreichungspfad für die THG-Quote festlegen und den Biokraftstoffanteil durch eine angemessene Anfangsquote mindestens auf dem heutigen Niveau stabilisieren
- eine sachgerechte THG-Bilanzierung für alle Kraftstoffarten, verbunden mit einer angemessenen Bewertung von THG-Emissionen
- günstige Voraussetzungen für die Abnahme von Reinkraftstoffen im Rahmen des Quotenhandels schaffen sowie europaweite verbindliche Ziele für den Verkehrssektor bis 2030 festlegen
- eine zusätzliche Nutzung der Potenziale von flüssigen Biokraftstoffen durch:
 - steuerliche Förderung fossiler Kraftstoffe in der Landwirtschaft sukzessive in den Markt für Biokraftstoffe umschichten
 - Anreize schaffen durch eine vorab steuerbegünstigte Sockelmenge für reine Biokraftstoffe
 - Zulassung genormter Sonderkraftstoffe mit höheren Beimischungsanteilen (z.B. B30) für freigegebene Nutzfahrzeuge und Pkw
- Darüber hinaus zur Nutzung der Potenziale von

gasförmigen Biokraftstoffen:

- praxistaugliche Regelungen zur Erzeugung und Nachweisführung von Biomethan, das auf die THG-Quote angerechnet werden soll.
- Anrechenbarkeit der CO₂-Einsparung durch den Einsatz von Biomethan in Fahrzeugflotten.
- Einführung einer transparenten Preisauszeichnung an der Tankstelle, die dem Kunden einen Kostenvergleich zwischen den einzelnen Kraftstoffen ermöglicht.
- Festlegung von Nachweisstandards für Biomethan, die eine sachgerechte Nachweisführung mit zumutbarem und verhältnismäßigem Aufwand ermöglichen

Zur Initiierung einer batterieelektrischen Flotte :

- Beschaffungsinitiative für die (teilweise) Umstellung öffentlicher Fuhrparks auf E-Fahrzeuge
- Fördernde Abschreibungsmöglichkeiten bei der Umstellung privater Fuhrparks auf E-Fahrzeuge
- Schaffung von Anreizmechanismen für die Nutzung von E-Fahrzeugen als mobile Energiespeicher zur Entlastung der Stromnetze
- Einführung einer rein CO₂-basierten Kfz-Steuer nach dem Bonus-Malus-Prinzip

fahrzeuge gestützt und neu beseelt werden. Soll die „Trojaner-Strategie“ glaubhaft und realistisch zugleich sein, sind neben der Zieldeklaration der 1 Million Erneuerbare-Fahrzeuge eine Reihe von kurzfristigen Maßnahmen anzugehen (vgl. Kasten).

Doch ist die Trojanerfunktion der Elektromobilität noch nicht ausgereizt. Elektrische Fahrzeuge mit dem Begriff der Mobilität zu assoziieren, deutet auf eine ebenfalls verbreitete Einsicht in der Gesellschaft hin, dass mit der zunehmenden Verwendung des Begriffs Mobilität mehr als nur ein Pkw oder Lkw verbunden wird. Mobilität assoziiert eine Vielzahl von Verkehrsmitteln – auch die des Umweltverbundes wie Busse, Bahnen und das Fahrrad. Elektromobilität ist daher nicht mehr

nur der Antrieb, der sich durchsetzt, sondern auch das Versprechen, dass stromgeführte Verkehrsmittel insgesamt auf lange Sicht etabliert werden (InnoZ 2014). Damit knüpft der Begriff an eine sich verbreitende Praxis der multimodalen Verkehrsmittelwahl an, bei der zunehmend mehr Menschen nicht mehr nur ein Hauptverkehrsmittel nutzen. Elektromobilität taugt daher auch für die Bahn und den Öffentlichen Verkehr als Modernisierungsoffensive, weil die Unternehmen hier gegenüber der Automobilindustrie ein höheres Maß an Erfahrung nachweisen können. „Wir fahren bereits mehr als 100 Jahre elektrisch!“ erklärt beispielsweise die DB AG zurecht (DB 2014). Unter dem Leitbild der Elektromobilität wird der Umweltverbund zum Stromverbund und kann seine Themen

regulierungspolitisch wirksamer adressieren, weil hier der Glaube an die Durchsetzungsfähigkeit aktiviert werden kann.

5 Elektromobilität und die damit assoziierte höhere Einsicht an eine spätere Durchsetzbarkeit stellt darüber hinaus neben der Verbindung zur Vielfalt der Verkehrsmittel auch eine direkte Kopplung bisher völlig getrennt geführter Diskurse der Energie- und Verkehrswende dar. Durch die Projekte der E-Mobilität waren Energieversorger plötzlich gezwungen, sich mit den Unternehmen der Automobilwirtschaft auseinanderzusetzen und nach gemeinsamen Geschäftsmodellen zu suchen. Einzelpersonen, Baugruppeninitiativen, Wohnungsbaugesellschaften, Akteure der Zivilgesellschaft brachten über die Elektromobilität die bisher getrennten Sektoren des Energie- und Verkehrsmarktes zu einem Projekt zusammen und konfrontierten die Versorgungswirtschaft unter der Regie von Konzernen durch dezentrale Aktivitäten mit ganz neuen Herausforderungen. Die Nationale Plattform Elektromobilität bot in den ersten fünf Jahren ihres Bestehens beispielsweise auch einen neuen Diskursraum auf der Suche nach neuen Allianzen und Geschäftsformaten (vgl. Canzler, Knie 2013).

Entscheidende Hebel

Zusammengefasst spricht viel dafür, das Thema Elektromobilität und die mit ihr verbundene Vermutung in eine höhere Einsicht auf spätere Durchsetzbarkeit als einen Aufsetzpunkt für noch einzuleitende Maßnahmen zu nutzen. Mit dieser Indizienkette lassen sich drei zentrale „Stellschrauben“ ableiten, die als Begründungsfolie für eine spätere Durchsetzbarkeit zumindest die Chance auf eine breite gesellschaftliche Akzeptanz haben, wenn sie entsprechend kommuniziert werden:

- Die Verabschiedung eines ehrgeizigen Planes zur Senkung der CO₂-Grenzwerte.
- Eine Änderung der Bewirtschaftungsregeln öffentlicher Räume zur Sicherung multimodaler Verkehrsformen.

- Experimente und Piloten zur Einübung in dezentrale Prosumentenstrukturen.

Während die NPE einen ganzen Maßnahmenkatalog zur Förderung der Elektromobilität verabschiedet hat, liegt hier – abgeleitet von der skizzierten Assoziationskette – der Fokus auf diesen drei strategischen Stellhebeln:

- Ambitionierte und transparente CO₂-Emissionsgrenzwerte: die für 2020 von der EU beschlossenen Grenzwerte für CO₂-Emissionen für Neufahrzeuge auf 95 Gramm je Kilometer, die ab dem Jahr 2021 von neu zugelassenen Pkw unterschritten werden müssen, sollten zügig und konsequent verschärft werden. Der Umweltausschuss des Europäischen Parlaments fordert für das Jahr 2025 einen Zielkorridor von 68 bis max. 78 Gramm/Kilometer, die Umweltverbände 65 bis 68 Gramm/Kilometer. Wir halten diesen Korridor noch für zu wenig ehrgeizig. Ein Wert von 50 Gramm je Kilometer wäre realisierbar, wie aktuelle Angebote auch der deutschen Automobilkonzerne zeigen. Ein solches 50-Gramm-Leitziel sollte zudem über 2025 hinaus mit festen weiteren Reduktionsschritten verbunden sein. Nach diesem Modell besteht genügend Planungssicherheit sowohl für die Autohersteller und Mobilitätsanbieter als auch für die Nutzerinnen und Nutzer. Das Instrument der Grenzwertvorgaben für Neufahrzeuge im Durchschnitt der Flotte hat sich grundsätzlich bewährt. Strenge Grenzwerte müssen jedoch langfristig vorgegeben werden und dürfen nicht zwischenzeitlich zur Disposition stehen. Neben den europaweiten Grenzwertzielen, die ja den Charakter von Mindestniveaus haben, lassen sich lokal oder regional begrenzte und darüber hinausgehende Grenzwertsetzungen denken. Es sollte ehrgeizigen Regionen und Kommunen möglich sein, Grenzwertanforderungen an Neuwagen über die bestehenden gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus zu verschärfen und ihre Einhaltung als „Gütesiegel“ zu incentivieren. Warum sollten nicht die Metro-

pole München oder die Region Stuttgart beispielsweise beschließen, schon im Jahr 2025 ambitioniertere Grenzwerte für Neuzulassungen vorzuschreiben?

- Eine konsequente Bewirtschaftung des öffentlichen Verkehrs- und Parkraumes: Ein wichtiger Hebel, um die jahrzehntelangen Privilegien des privaten Autos zu überwinden und die Nutzung des Öffentlichen Verkehrs zu erhöhen, ist eine flächendeckende Bepreisung des öffentlichen Raumes, der bisher kostenlos oder für einen eher symbolischen Preis genutzt werden kann. Die Parkraumbewirtschaftung ist neben einem obligatorischen Parkplatznachweis bei Neuzulassungen und Besitzumschreibungen – Praxis seit langer Zeit in Tokio und in anderen Metropolen – ein probates Mittel. Geteilte erneuerbare Autos sollten davon ausgenommen sein und im öffentlichen Raum ohne Beschränkungen parken dürfen, wie dies durch das neue Elektromobilitätsgesetz (EmoG) für E-Autos möglich und bereits heute in Stuttgart praktiziert wird. Die Chancen sind groß, dass sie dann zu Ermöglichungsmodi einer vernetzten und stadtfreundlichen Mobilität werden, die zudem den Beitrag zum Klimaschutz liefert, der längst überfällig ist, und von der höheren Einsicht in die erneuerbare Mobilität profitiert. Auch der Straßenraum wird mit wenigen gebührenpflichtigen Ausnahmen bisher von privaten (und bis auf die Bundesautobahnen auch von gewerblichen) Verkehrsteilnehmern kostenlos genutzt. Seine Erstellung und Erhaltung wird pauschal über Steuern abgegolten. Das widerspricht nicht nur dem umweltökonomischen Verursacherprinzip, sondern es lädt geradezu ein, das Gemeinschaftsgut öffentlicher Raum zu übernutzen. Es ist daher auch nicht verwunderlich, dass in der verkehrs- und umweltwissenschaftlichen Fachdiskussion seit langem Einigkeit darüber besteht, die Kosten der Straßeninanspruchnahme den Nutzern direkt anzulasten und nicht einfach den öffentlichen Haushalten aufzubürden. Nutzungstarife sind folgerichtig auch nicht als Flatrates zu konzipieren. Sie sollen vielmehr

möglichst genau die Inanspruchnahme gewichtet nach Kilometerleistung, Fahrzeuggewicht, Besetzungsgrad, Schadstoff- und Lärmemissionen etc. entgelten. Technisch ist dies über elektronische Erfassungssysteme grundsätzlich bereits jetzt möglich, allein fehlt es bislang am Mut und an der politischen Entschlossenheit, diesen Systemwechsel in der Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur – unter Wahrung des notwendigen Datenschutzes – anzugehen. Wir empfehlen hierüber auch eine Diskussion in Gang zu setzen, einen schnellen und umfassenden Umstieg von der steuerfinanzierten zu einer qualifizierten nutzerfinanzierten Unterhaltung von Verkehrsinfrastrukturen einzuleiten. Eine solche Umstellung ist auch im Sinne der gemeinsamen Verkehrs- und Energiewende aussichtsreich, denn geteilte Fahrzeuge auf der Basis der Erneuerbaren (bspw. E-Carsharing) würden deutlich weniger belastet und könnten auskömmlich betrieben werden.

- Die Unterstützung dezentraler Versorgungsgebiete. Die Etablierung von „Schlaun Netzen“ in Bürgerhand sollte als ein Experiment starten. Zu erproben ist, ob es unter überschaubaren Bedingungen und eigenverantwortlich zu gestaltenden Umständen gelingt, so viel (Speicher-)Vorsorge zu betreiben, dass auch in dunklen Monaten die für den gewünschten Lebensstil notwendige Energiemenge verfügbar ist. Anzureizen wären Initiativen verstärkter Eigenversorgung, die sich aber über einen obligatorischen Abschluss einer Energieversicherung in intelligenter und marktkompatibler Weise an der Solidargemeinschaft zu beteiligen haben. Denn hier ist man an einer gesellschaftspolitischen Grundsatzfrage angekommen. Es ist nämlich offen, wie viel Volatilität sich eine Gesellschaft leisten will und muss, die sich den Prämissen nachhaltigen Wirtschaftens verpflichtet. Angesichts der vielen Unsicherheiten und möglicher nicht-intendierter Effekte ist es sinnvoll, Pilotversuche unter Realbedingungen und mit einer hinreichend komplexen Akteurskonstellation zu initiieren, dabei aber auch eindeutige Vorgaben zu

5 definieren. Bei der Übernahme einer definierten Gebietsmindestgröße und einem festgelegten Grad an Eigenversorgung können solchen dezentralen Netzen in Bürgerhand interessante Geschäftsmodelle mit hoher Fertigungs- und Dienstleistungstiefe angeboten werden, die Verbindung von Energie- und Verkehrswende in den unterschiedlichen Formen und Konstellationen zu versuchen. Im Zentrum steht der „Prosument“, der Energie gleichzeitig produziert und nutzt. Dezentrale Versorgungsnetze benötigen ein erhebliches Management-Know how und eine verteilte Intelligenz. Speicher und Smart Grids müssen so ausgelegt sein, dass sie Redundanzen erzeugen. Diese Transformation öffnet vielfältige Chancen für innovative Techniken, sie verlangt aber neue Governance-Formen und Geschäftsmodelle.

Der Übergang in eine postfossile Mobilität und damit in eine effiziente, vielfach vernetzte Gesellschaft ist möglich. Die dazu notwendigen Maßnahmen müssen aber frühzeitig eingeleitet werden. Sie haben mit dem Leitbild der Elektromobilität Aussichten auf eine gesellschaftliche Akzeptanz, weil ein starkes Grundvertrauen in die Durchsetzungschancen dieser Technologie herrscht und die Bereitschaft hoch anzusetzen ist, entsprechende regulierungspolitische Schritte zu akzeptieren. Unter den Begriff der Elektromobilität lassen sich die Vernetzung der Verkehre sowie die dezentralen Erzeugungsformen der Zivilgesellschaft ebenso subsumieren wie das Technologieprogramm der Automobilhersteller. Um dabei diskurs- und handlungsfähig zu sein, haben wir vorgeschlagen, strategische Stellschrauben zu identifizieren. Analog zur historischen Durchsetzung des massenhaften Automobilverkehrs besteht jedoch eine Grundbedingung darin, über die „neue Verkehrswelt“ von morgen den allgemeinen Diskurs zu beginnen und die dazu notwendigen Maßnahmen in geeigneten Diskursräumen offen zu erörtern. Die Nationale Plattform Elektromobilität hat über mehrere Jahre einen solchen Raum repräsentiert und könnte durch eine Erweiterung zur „Nationalen Plattform Erneuerbare Elektromobilität“ dies auch zukünftig leisten. Mit der Wiederbelebung des Versprechens, dass 1 Million Fahrzeuge auf Basis

Erneuerbarer Energien im Jahre 2020 doch möglich sind, wäre ein Anfang gemacht.

6 Quellen und Links

- Adolf, Jörg, et al. (2014): Pkw-Mobilität am Wendepunkt? Internationales Verkehrswesen (66), Heft , S. 64–67
- AEE (2014): Agentur für Erneuerbare Energien, Energie im Verkehr. Potenziale für erneuerbare Mobilität, Renew Spezial, Ausgabe 71/März 2014, online: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/320.71_Renews_Spezial_Energiewende_im_Verkehr_online_apr14.pdf; zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Agora (2014): Stromspeicher in der Energiewende Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, Berlin, online: http://www.agora-energie-wende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Studien/Speicher_in_der_Energiewende/Agora_Speicherstudie_Web.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Albrecht, Uwe et al. (2013): Analyse der Kosten Erneuerbarer Gase. Eine Expertise für den Bundesverband Erneuerbare Energie, den Bundesverband Windenergie und den Fachverband Biogas, Bochum, online: http://www.lbst.de/download/2014/20131217_BEE-PST_LBST_Studie_EEGase.pdf, 14.12.2012
- BCS (2014): Bundesverband Carsharing, Carsharingboom hält an, Pressemitteilung, online: <http://www.carsharing.de/presse/pressemitteilungen/carsharing-boom-haelt-an>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- BDEW (2013), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Stellungnahme zum Thesenpapier 4. EEG-Dialogforum: Die Rolle von Speichern im Kontext der Energiewende, März 2013, online: [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/1537D8C3791F-4162C1257B28004BD45C/\\$file/134_Thesenpapier_4.EEG-Dialogforum_Speicher.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/1537D8C3791F-4162C1257B28004BD45C/$file/134_Thesenpapier_4.EEG-Dialogforum_Speicher.pdf), 08.12.2014
- BEE (2012): Bundesverband Erneuerbare Energien e.V., Biokraftstoffe und Elektromobilität, Unterschiedliche Technologien – gemeinsames Ziel, Berlin (Juni 2012), online: http://www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/sonstiges/2012/1206_BEE-Positionspapier_Erneuerbare-Mobilitaet.pdf, 08.12.2014
- BEE (2012a): Kompassstudie Marktdesign. Leitideen für eine Design eines Stromsystems mit hohem Anteil fluktuierender Erneuerbarer Energien, im Auftrag des Bundesverbandes Erneuerbare Energie e.V. und Greenpeace Energy eG, Saarbrücken, Dezember 2012, online: http://www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/studien/2012/1212_BEE-GPE-IZES-Kompassstudie-Marktdesign.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- BEE (2013): Bundesverband Erneuerbarer Energien e.V., Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus Erneuerbaren Energien, Studie des Büros für Energiewirtschaft und technische Planung (BET) im Auftrag des Bundesverbandes Erneuerbare Energien (BEE), Bochum, April 2013, online: http://www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/studien/2013/130327_BET_Studie_Ausgleichsmoeglichkeiten.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- BMVBS (2013): Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Energie auf neuen Wegen, Berlin (Juni 2013), online: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-strategie-final.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- BMVBS (2014): Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Verkehr in Zahlen 2013/14, bearb. vom DIW, Berlin, online: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Querschnitt/BroschuereVerkehrBlick0080006139004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- BMW i (2014): Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Ein Strommarkt für die Energiewende. Diskussionspapier (Grünbuch), Berlin, online: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/G/gruenbuch-gesamt,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- BSM (2010): Netzintegrationsbonus für E-Mobile, Beitrag für die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), Berlin.
- Büchner, Jens et al. (2014): Moderne Verteilernetze für Deutschland (Verteilernetzstudie), Forschungsprojekt Nr. 44/12
- Bundesnetzagentur (2011): Smart Grid und Smart Market, Eckpunkte-Papier der Bundesnetzagentur, Dezember 2011 Bonn, online: [http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/SmartGridEckpunktepapier/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile&v="](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/SmartGridEckpunktepapier/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile&v=), zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, August 2009, Berlin, online: www.bmbf.de/pubRD/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf, zuletzt abgerufen: 20.12.2014

- Canzler, Weert/Knie, Andreas (1998): Möglichkeitsräume. Grundrisse einer modernen Mobilitäts- und Verkehrspolitik, Wien, Köln, Weimar.
- Canzler, Weert/Knie, Andreas (2011): Einfach aufladen. Mit Elektromobilität in eine saubere Zukunft, München.
- Canzler, Weert/Knie, Andreas (2013): Schlaue Netze. Wie die Verkehrs- und Energiewende gelingt, München.
- COM (European Commission) (2011): White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. (144 final) Brussels, online: http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white-paper-illustrated-brochure_en.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Connect (2014): Leitstudie Strommarkt. Arbeitspaket Optimierung des Strommarktdesigns, Studie der Connect Energy Economics im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2. 7.2014, online: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/leitstudie-strommarkt,property=pdf,bereich=bmwi2012,-sprache=de,rwb=true.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- DENA (2011): Deutsche Energieagentur, Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix, Berlin, September 2011, online: http://www.erdgas-mobil.de/fileadmin/downloads/magazin/dena-Studie_Erdgas_und_Biomethan_im_k%C3%BCnftigen_Kraftstoffmix.pdf, zuletzt abgerufen 08.12.2014
- DENA (2012): Deutsche Energieagentur, Verkehr. Energie. Klima. Alles Wichtige auf einen Blick, Berlin, Oktober 2012, online: http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Verkehr/Dokumente/Daten-Fakten-Broschuere.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- DENA (2013): Deutsche Energieagentur, Hintergrundpapier: Energieverbrauch und Energieträger im Straßenverkehr bis 2025. Berlin, April 2013, online: http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Verkehr/Dokumente/dena-Hintergrundpapier_Energieverbrauch_und_Energietraeger_im_Strassenverkehr_bis_2025.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Deutsche Bahn (2014a): Kennzahlen und Fakten zur Nachhaltigkeit 2013, Berlin 2014
- Deutsche Bahn (2014b): Positionspapier, Die Energiewende gelingt nur mit der Verkehrswende – intermodale Wettbewerbsfähigkeit der Schiene stärken, Berlin, Oktober 2014, Berlin, online: <https://www.deutschebahn.com/file/2267602/data/energie.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- DLR, FhG ISE, IFHT-RWTH, FGH (2012): Perspektiven von Elektro-/Hybridfahrzeugen in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil dezentraler und erneuerbarer Energiequellen, Juli 2012, online: http://e-mobility-nsr.eu/fileadmin/user_upload/downloads/info-pool/DLR_Elektromobilitaet_Energiesystem_2012.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Dudenhöfer, Ferdinand (2013): Bericht, CO2-Emissionen, Unter falschem Etikett, in: zeit-online, 7.2. 2013, online: <http://www.zeit.de/2013/07/CO2-Bonus-Elektroauto-SUV>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- EU-Kommission (2012): Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO2-Emissionen neuer Personenkraftwagen, COM(2012) 393 final.
- Flink, James, J. (1988): The Automobile Age: Cambridge
- Fraunhofer ISE (2012): Henning, Hans-Martin/Palzer, Andreas (2012): Energiesystem Deutschland 2050, Freiburg, Freiburg online: <http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-energiesystem-deutschland-2050.pdf>, zuletzt abgerufen: 20.12.2014
- Fraunhofer-Institut ISE (2013): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, verf. von Kost, Christoph et al., November 2013, online: <http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.pdf>, zuletzt abgerufen: 20.12.2014
- Hacker; Florian et al. (2014): eMobil 2050. Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz, Studie des Öko-Instituts, Berlin, September 2014, online: <http://www.oeko.de/oekodoc/2114/2014-670-de.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Herminghaus, Harald (2014): CO2-Vergleich bei der Stromerzeugung, online: www.co2-emissionen-vergleichen.de/Stromerzeugung/CO2-Vergleich-Stromerzeugung.html#CO2-Vergleich-Stromerzeugung, zuletzt abgerufen: 25.09.2014

- Heymann, Eric; Koppel, Oliver; Puls, Thomas (2013): Evolution statt Revolution – die Zukunft der Elektromobilität; Institut der deutschen Wirtschaft, Köln.
- IASS Study (2014): Institute for Advanced Sustainability Studies, Bürgerbeteiligung und Kosteneffizienz, Eckpunkte für die Finanzierung erneuerbarer Energien und die Aktivierung von Lastmanagement, IASS Study, Potsdam, April 2014, online: http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:373532:5/component/escidoc:373533/IASS_Study_373532.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- ICCT (2014): The International Council of Clean Transportation, From Laboratory to Road. A 2014 update of Official and “real-world” Fuel Consumption and CO2 Values for Passenger Cars in Europe, White Paper, September 2014, Berlin.
- IEA International Energy Agency (2012): World Energy Outlook. Dt. Zusammenfassung, Paris.
- InnoZ (2011): Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel, Innovativer Landverkehr – Subjektförderung durch Mobilitätsgutscheine, InnoZ-Bausteine Nr. 9, Berlin, 2011, online: <http://www.innoz.de/fileadmin/INNOZ/pdf/Bausteine/innoz-baustein-09.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- InnoZ (2012): Ergebnisse aus dem BeMobility-Projekt, InnoZ-Baustein, Berlin 2012, online: <http://www.innoz.de/fileadmin/INNOZ/pdf/Bausteine/innoz-Baustein-11.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- InnoZ (2014): Klimaneutraler Verkehr in Berlin 2050, Berlin: Projektbericht.
- izes (2014): Hauser, Eva/Baur, Frank/Noll, Florian (2014): Beitrag der Bioenergie zur Energiewende, Beitrag im Auftrag des Fachverbandes Biogas, Bochum, online: http://www.izes.de/cms/upload/publikationen/20131021_IZES_Endbericht_Leitbild_Bioenergie_END.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Jansen, Malte et al. (2015): Strommarkt-Flexibilisierung – Hemmnisse und Lösungskonzepte. Studie im Auftrag des Bundesverbandes Erneuerbare Energien (BEE).
- Jarass, Lorenz/Obermaier, Gustav M. (2012): Welchen Netzbau erfordert die Energiewende?, Münster.
- Klenke, Dietmar (1993): Bundesdeutsche Verkehrspolitik und Motorisierung. Konflikträchtige Weichenstellungen in den Jahren des Wiederaufstiegs, Stuttgart.
- Knie, Andreas (1997): Eigenzeit und Eigenraum. Zur Dialektik von Mobilität und Verkehr, in: Soziale Welt, Vol. 47, Heft 1/1997, S. 39–55.
- Knie, Andreas (2014a): Prima Klima, voll flexibel, in: BIZZ energy today, April, S. 58–62.
- Knie, Andreas (2014b): Nimm mich mit! Die Digitalisierung wird den Verkehr radikal verändern, in Berliner Zeitung, 15. Oktober, S. 19
- Krzikalla, Norbert/Achner, Siggi/Brühl, Stefan (2013): Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus Erneuerbaren Energien, Studie im Auftrag des Bundesverbandes Erneuerbare Energie, Bochum. Online: http://www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/studien/2013/130327_BET_Studie_Ausgleichsmoeglichkeiten.pdf. 8.12.2014
- Kuhnimhof, Tobias et al. (2012): Travel trends among young adults in Germany: increasing multimodality and declining car use for men, in: Journal of Transport Geography, Vol. 24. Pp. 443–450.
- Lamparter, Dieter (2012): Ein super Kredit. Wie die deutsche Automobilindustrie versucht, die für 2020 geplanten CO₂-Grenzwerte aufzuweichen, zeit-online, 24.12.2012, online: <http://www.zeit.de/2012/51/Autoindustrie-CO2-Emissionen>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Leopoldina (2012): Nationale Akademie der Wissenschaften, Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen, Halle (Saale), 2012, online: http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2013_06_Stellungnahme_Bioenergie_DE.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Matthes, Felix (2011): Strommärkte als Auslaufmodell? Die Rolle und das Design von Marktmechanismen in der „Großen Transformation“ des Stromversorgungssystems, in: Schütz, D./Klusmann, B. (Hg.): Die Zukunft des Strommarktes. Anregungen für den Weg zu 100 Prozent Erneuerbare Energien, Bochum, S. 84 – 106.
- Nitsch, Joachim (2014): GROKO – II Szenarien der deutschen Energieversorgung auf der Basis des EEG-Gesetzentwurfs – insbesondere Auswirkungen auf den Wärmesektor. Kurzexpertise für den Bundesverband Erneuerbare Energien e.V., Berlin, online: http://www.bee-ev.de/Publikationen/20140827_SzenarienderdeutschenEnergieversorgung_Waermesektor.pdf, 14.12.2014

- NOW (2011): NOW-Studie, Stand und Entwicklungspotenzial der Wasserelektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff aus regenerativen Energien, bearbeitet von Fraunhofer ISE und FCBAT, Berlin, Redaktionsstand Dezember 2010, online: http://www.now-gmbh.de/fileadmin/user_upload/RE_Publikationen_NEU_2013/Publikationen_NIP/NOW-Studie-Wasserelektrolyse-2011.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- NPE (2012): Nationale Plattform Elektromobilität, Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht), Berlin, Mai 2012, online: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_emob_3_bf.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- NPE (2014): Nationale Plattform Elektromobilität. Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung, Berlin, online: http://www.bmbf.de/pubRD/NPE_Fortschrittsbericht_2014_barrierefrei.pdf, zuletzt abgerufen: 20.12.2014
- Öko-Institut (2012): Renewbility II, Szenario für einen anspruchsvollen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs. Zentrale Ergebnisse. Berlin, Oktober 2012, online: http://www.renewbility.de/fileadmin/download/brosch_renewb_2.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Öko-Institut/DLR-IVF(2009): Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Verkehrsforschung, Renewbility „Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“. Endbericht. Teil 2: Szenario-Prozess und Szenarioergebnisse. Freiburg, Darmstadt, Berlin: Öko-Institut, DLR-IVF, online: http://www.renewbility.de/fileadmin/download/renewbility_broschuere_download.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Pehnt, Martin (2010): Elektromobilität und Erneuerbare Energien, in: Müller, Thorsten (Hg.): 20 Jahre Recht der Erneuerbaren Energien, Würzburg.
- Pehnt, Martin et al. (2011): Elektroautos in einer von erneuerbaren Energien geprägten Energiewirtschaft, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft, Vol. 35, Heft 3, S. 221–234.
- Peter, Stefan (2013): Modellierung einer vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Stromerzeugung im Jahr 2050 in autarken, dezentralen Strukturen, hrsgg. vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Pinzler, Petra (2011): Immer mehr ist nicht genug. Vom Wachstumswahn zum Bruttosozialglück, München.
- Projektgruppe Mobilität (2004): Die Mobilitätsmaschine. Versuche zur Umdeutung des Autos, Berlin.
- Prokop, Günther/Stoller, Andre (2012): Der Güterverkehr von morgen. LKWs zwischen Transporteffizienz und Sicherheit, Heinrich-Böll-Stiftung. Schriften zur Ökologie Bd. 30, Berlin.
- Reetz, Fabian (2012): Multidimensionale Vernetzung. Lösungen für urbane Fragestellungen, in: Polis – Magazin für Urban Development, Heft 4, S. 80–81.
- Rifkin, Jeremy (2014): The Zero Marginal Cost Society. The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism, London/New York.
- Roedel, Tim (2014): Intelligente Stromspeichersysteme: Elektrochemische Speicher, online: <http://www.first-mover.net/2011/09/intelligente-stromspeichersysteme-elektrochemische-speicher/>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014.
- Schade, Wolfgang/Peters, Anja/Doll, Claus/Klug, S./Köhler, J./Krail, M. (2011): VIVER – Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland. Fraunhofer ISI Working Paper Sustainability and Innovation No. S 3/2011.
- Scherf, Christian/Steiner, Josephine/Wolter, Frank (2013): E-Carsharing: Erfahrungen, Nutzerakzeptanz und Kundenwünsche, in: Internationales Verkehrswesen, Jg. 65, Heft 1, S. 42–44.
- Schmidt, Eric/Rosenberg, Jonathan (2014): How Google Works, New York/Boston. (
- Shell (2014): Shell Pkw-Szenarien bis 2040, erstellt von Shell Deutschland und Prognos AG, Hamburg, online: <http://www.shell.de/aboutshell/media-centre/annual-reports-and-publications/shell-pkwszenarien.html>, zuletzt abgerufen: 12.12.2014
- SRU (2011): Sachverständigenrat für Umweltfragen, Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten vom Januar 2011, Berlin, online: http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2011_07_SG_Wege_zur_100_Prozent_erneuerbaren_Stromversorgung.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- SrV (2014): Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV“: Die Stunde der Wahrheit. Präsentation und Diskussion der Ergebnisse des SrV 2013, präs. Von Ger-Axel Ahrens, 10. November 2014, online: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2013/Schlusskonferenz/SrV2013-Abschluss_Ahrens_2014-11-10.pdf, zuletzt abgerufen: 20.12.2014

- TAB (2012): Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag, Zukunft der Automobilindustrie, Innovationsreport, Arbeitsbericht 152 des Technikfolgenabschätzungsbüro des Deutschen Bundestages (TAB), Berlin, online: <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab152.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Tatje, Class (2014): Fahrtenbuch des Wahnsinns. Unterwegs in der Pendlerrepublik, München.
- TecScan Journal (2013): Sonderausgabe Elektromobilität Elektrische Ladetechnologie, Frankfurt am Main, April 2013, online verfügbar: <http://www.bem-ev.de/wp-content/uploads/2014/03/Elektrische-Ladetechnologie.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Toffler, Alvin (1980): The Third Wave, New York.
- Trend research (2013): Definition und Marktanalyse von Bürgerenergie in Deutschland, Lüneburg. online: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/198.trendresearch_Definition_und_Marktanalyse_von_Buergerenergie_in_Deutschland_okt13.pdf. 8.12.2014.
- TU Dresden (2011): Lehrstuhl Verkehrs- und Infrastrukturplanung – Technische Universität Dresden, Zur Zukunft von Mobilität und Verkehr. Auswertungen wissenschaftlicher Grunddaten, Erwartungen und abgeleiteter Perspektiven des Verkehrswesens in Deutschland. (Forschungsbericht FE-Nr.: 96.0957/2010 im Auftrag des BMVBS), TU Dresden, online: http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2012/12480/pdf/Zukunft_von_Mobilitaet_und_Verkehr_Lang_1.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- TU Dresden/Ahrens, Gerd-Axel (2009): Sonderauswertung zur Verkehrserhebung „Mobilität in Städten 2008“, Dresden.
- UBA (2014): Umweltbundesamt, Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2013, Juli 2014, online: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/climate_change_23_2014_komplett.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- UBA (2014a): Umweltbundesamt, Umweltverträglicher Verkehr 2050: Argumente für eine Mobilitätsstrategie für Deutschland, Texte 59/2014, bearb. von Bracher, Tilman et al., Berlin, September 2014, online: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_59_2014_umweltvertraeglicher_verkehr_2050_0.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Urry, John (2011): Does Mobility Have a Future?, in: Grieco, Margaret/Urry, John (eds.): Mobilities: New Perspective on Transport and Society, Aldershot, p. 3–19.
- VDA (2012): Verband der Deutschen Automobilindustrie, Jahresbericht 2012, Frankfurt am Main.
- VDE (2012): Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V., Energiespeicher für die Energiewende, Juni 2012, online: http://www.vde.com/de/Verband/Pressecenter/Pressemappen/documents/2012-06-11/etg-speicherstudie_bpk_2012-06-11-v5_handout.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- VDE (2012a): Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V., Ein notwendiger Baustein der Energiewende: Demand Side Integration. Lastverschiebungspotenziale in Deutschland. Frankfurt a. M., Juni 2012, online: http://www.vde.com/de/Verband/Pressecenter/Pressemappen/documents/2012-06-11/vde_dsi_pk_berlin_2012-06-11_v3.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Verbundprojekt V2.0 (2011): Steigerung der Effektivität und Effizienz der Applikationen Wind-to-Vehicle (W2V) sowie Vehicle-to-Grid (V2G) inklusive Ladeinfrastruktur. Abschlussbericht, online: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb12/685082903.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) (2013): Der ÖPNV: Rückgrat und Motor eines zukunftsfähigen Mobilitätsverbundes, Köln.
- VKU (2014): Verband Kommunaler Unternehmen, Positionspapier – Energiespeicher zur Stabilisierung und Flexibilisierung des Energiesystems, Berlin, Januar 2014
- WWF/BUND/Germanwatch/NABU/VCD (2014): Klimafreundlicher Verkehr in Deutschland. Weichenstellungen bis 2050, Berlin, Juni 2014, online: <http://www.oeko.de/oekodoc/2045/2014-626-de.pdf>, zuletzt abgerufen: 08.12.2014
- Younicos (2014): Kurzzeitspeicher – Wie die Energiewende gelingt, Studie, online: http://www.berlin-innovation.de/uploads/tx_innodb/Y_Wie_die_Energiewende_gelingt.pdf, zuletzt abgerufen: 08.12.2014

Zeddies, Jürgen et al. (2012): Globale Analyse und Abschätzung des Biomasse-Fächennutzungspotenzials, Forschungsbericht des Instituts für Landwirtschaftliche Betriebslehre Universität Hohenheim, Hohenheim, online: https://www.uni-hohenheim.de/i410b/download/publikationen/Globale%20Biomassepotenziale%20_%20FNR%2022003911%20Zwischenbericht%202012.pdf, zuletzt abgerufen: am 20.12.2014.

EIN PROJEKT DER BEE PLATTFORM SYSTEMTRANSFORMATION

Der BEE bündelt die Interessen von 29 Verbänden und Organisationen:



Bundschuh-Biogas-Gruppe e.V. (BBG) | Förderkreis Biogas e.V. | OWAG Ostbayerische Windanlagen GbR | Windenergie Nordeifel e.V.

AUFTRAGGEBER

Bundesverband Erneuerbare Energie E. V. (BEE)

AUFTRAGNEHMER

InnoZ GmbH

Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel

info@innoz.de

AUTOREN

Dr. Weert Canzler

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH

Forschungsgruppe Wissenschaftspolitik EUREF-Campus

Torgauer Straße 12-15

10829 Berlin

Prof. Dr. Andreas Knie

Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (innoZ)

Torgauer Straße 12-15

10829 Berlin

Ponte Press



ISBN-13: 978-3-920328-71-3