

# RENEWS SPEZIAL

NR. 84 / MAI 2019

## DIE ENERGIEWENDE AUF DIE STRASSE BRINGEN AKZEPTANZ UND OPTIONEN FÜR DIE ERNEUERBAREN



AGENTUR FÜR  
ERNEUERBARE  
ENERGIEN  
unendlich-viel-energie.de

## **AUTOREN**

Alexander Knebel, Moritz Fromm, Magnus Maier  
Redaktionsschluss: Mai 2019, aktualisierte Fassung

ISSN 2190-3581

## **HERAUSGEGEBEN VON**

Agentur für Erneuerbare Energien e. V.  
Invalidenstraße 91  
10115 Berlin  
Tel.: 030 200535 30  
Fax: 030 200535 51  
E-Mail: [kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.de)

## **AKTUELLE INFORMATIONEN**

[www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)  
[www.foederal-erneuerbar.de](http://www.foederal-erneuerbar.de)  
[www.energie-update.de](http://www.energie-update.de)  
[www.forum-synergiewende.de](http://www.forum-synergiewende.de)

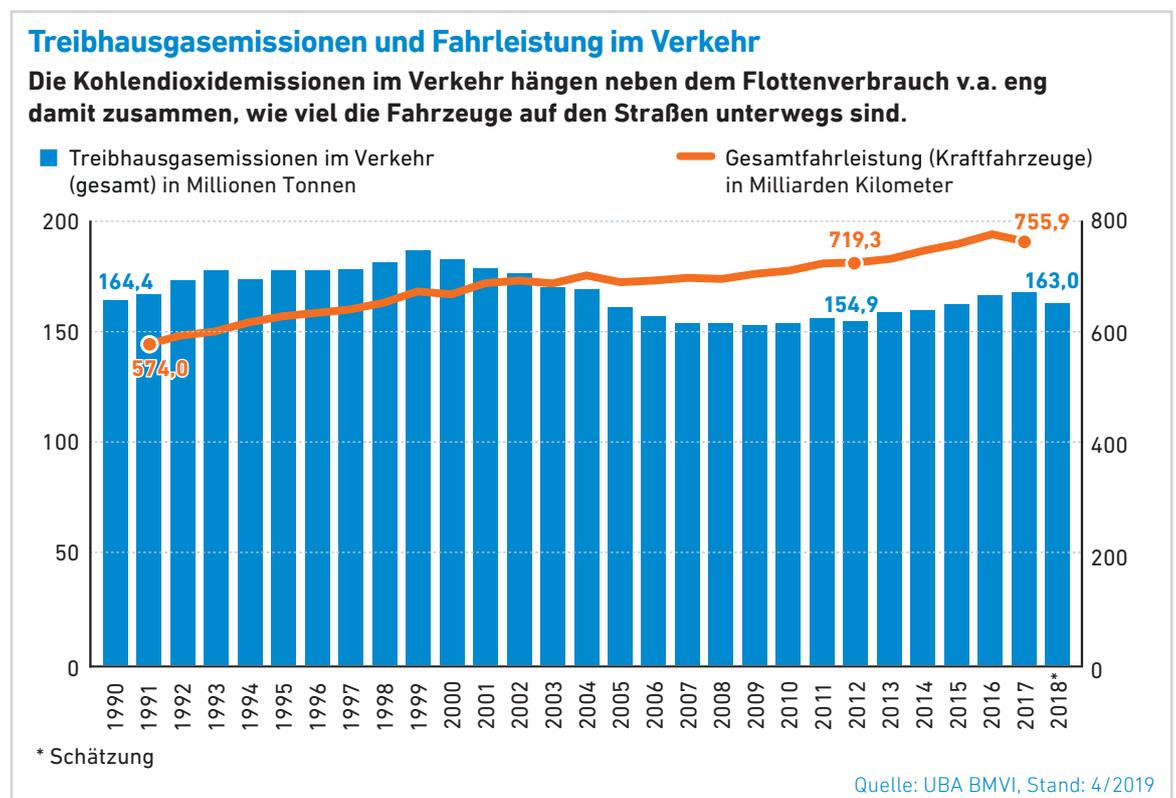
# INHALT

<b>1 Verkehrswende kommt nicht in die Spur .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Erneuerbare Energien im Verkehrssektor – Status Quo und Ziele .....</b>	<b>6</b>
2.1 Die Europäische Union als Taktgeber .....	6
2.2 Europäische Ziele geben Deutschland Orientierung .....	7
2.3 In Europa und Deutschland: Fehlendes Wachstum .....	9
<b>3 Postfossiler Wertewandel? Welche Konsum- und Techniktrends die Verkehrswende beeinflussen.....</b>	<b>10</b>
3.1 Akzeptanz Erneuerbarer Energien – eine Medaille mit zwei Seiten .....	10
3.2 Wie sich Deutschland bewegt .....	10
3.3 Teilen statt nutzen? .....	12
3.4 Autonom in Richtung Verkehrswende?.....	13
<b>4 Nachhaltige Mobilität auf der Straße: Mit welchen Mitteln?.....</b>	<b>15</b>
4.1 Szenarien zu Energiemix und Energieverbrauch .....	15
4.2 Antriebswende mit Elektromobilität .....	17
4.3 Antriebswende mit Brennstoffzelle .....	20
4.4 Kraftstoffwende voranbringen .....	22
<b>5 Fazit .....</b>	<b>24</b>
<b>6 Literatur .....</b>	<b>24</b>

# 1 VERKEHRSWENDE KOMMT NICHT IN DIE SPUR

Der Verkehr ist die Quelle für rund ein Fünftel des Treibhausgasausstoßes in Deutschland und zentral für die Erreichung der klimapolitischen Zielsetzungen. Dennoch ist die „Verkehrswende“ noch nicht wirklich in Sicht. Die Treibhausgasemissionen im Verkehr nahmen zwischen 2012–2017 kontinuierlich zu. Im Jahr 2018 war erstmals seit Jahren wieder ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Rund 163 Millionen Tonnen klimaschädlicher Gase wurden ausgestoßen, und somit fünf Tonnen weniger als im Vorjahr. Dennoch erschienen die Energiewendeziele bezüglich der Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien und bezüglich der Minderung des Endenergieverbrauchs weiterhin außer Reichweite<sup>1</sup>. Im Jahr 2018 wurden nur zaghafte Fortschritte erzielt. So erhöhte sich der Anteil Erneuerbarer Energien im Verkehr von 5,2 auf 5,6 Prozent. Der Absatz von Biokraftstoffen stieg um 160.000 Tonnen. Der Verbrauch an Diesel- und Ottokraftstoff ist im Gegensatz um 1,6 Millionen Tonnen (von 53,6 auf 52,0 Mio. t) und zum ersten Mal seit fünf Jahren wieder gesunken.

Hauptgrund für die tendenziell steigenden Emissionen ist die von Jahr zu Jahr zunehmende Fahrleistung von Pkw und Lkw auf den deutschen Straßen. Effizientere Motoren konnten diesen Trend nicht ausgleichen, da neuzugelassene Fahrzeuge durchschnittlich schwerer und leistungsstärker sind und somit technische Verbesserungen wieder aufwiegen. Eine Kombination aus technologischem Wandel, dem Ausbau Erneuerbarer Energien im Transportbereich und Verkehrsverlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel ist für die Energiewende im Verkehrssektor dringend notwendig. Ein verstärkter Absatz von Elektro-Pkw oder Wasserstofffahrzeugen geht allerdings nicht unweigerlich mit steigenden Erneuerbaren-Anteilen einher. Der Markthochlauf alternativer Antriebe muss auch



<sup>1</sup> Expertenkommission 2018, S. Z-3.

mit einem Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung einhergehen. Der Nutzung von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse sind enge Grenzen gesetzt und für den effizienten Einsatz synthetischer Kraftstoffe bestehen noch regulatorische und ökonomische Hürden. Deshalb dürfte vorerst der notwendige deutliche Anstieg des Erneuerbaren-Anteils ausbleiben.

### Die Energiewende auf die Straße bringen: Mit Erneuerbaren Energien und umweltschonender Mobilität



Quelle: NOW/Blum

Dieses Hintergrundpapier nimmt eine Bestandsaufnahme zur Situation Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor vor. Neben der Einordnung verschiedener Optionen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen werden Aspekte der Akzeptanz Erneuerbarer Energien auf der Straße und der Verkehrswende behandelt. Über den nationalen Rahmen hinaus wird dabei auch auf die Entwicklung auf EU-Ebene eingegangen, da die Europäische Union für Rechtssetzung und Erneuerbaren-Ziele an vielen Stellen maßgeblich ist. Es werden Faktoren für die notwendige stärkere Marktdurchdringung Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor untersucht und Optionen für die Energiewende auf der Straße aufgezeigt, die sich in Antriebswende und Kraftstoffwende gliedert. Der Fokus liegt dabei auf dem Straßenverkehr, da hier das Gros des Klimagasausstoßes entsteht und mit einem Umsteuern hohe Umweltschutzeffekte erzielt werden können.

## 2 ERNEUERBARE ENERGIEN IM VERKEHRSSEKTOR – STATUS QUO UND ZIELE

### 2.1 DIE EUROPÄISCHE UNION ALS TAKTGEBER

In Deutschland wie in der Europäischen Union hinken die Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor hinterher. Die Treibhausgasemissionen im Verkehr sind in Europa in den Jahren 2014 bis 2017 gestiegen. Hier lag der Ausstoß von Klimagasen im Jahr 2017 EU-weit 28 Prozent über dem Niveau von 1990. Den größten Anteil daran hat der Straßenverkehr mit 82 Prozent der gesamten Emissionen im Verkehr. Die größte Steigerung verzeichnete der Luftverkehr. Die Emissionen verdoppelten sich in diesem Bereich.

Das von der EU-28 selbstgesteckte Ziel, bis 2020 im Verkehrssektor 10 Prozent des Energiebedarfs aus erneuerbaren Quellen zu decken, wird nach Einschätzungen der Europäischen Umweltagentur (EEA) verfehlt werden<sup>2</sup>. Selbst unter Berücksichtigung der doppelten Anrechenbarkeit<sup>3</sup> bestimmter Biokraftstoffe kam die EU laut EEA-Angaben 2017 nur auf einen Erneuerbaren-Anteil von 7,2 Prozent. Unter den EU-Mitgliedstaaten haben bisher nur Österreich und Schweden das 10-Prozent-Ziel erreicht. Spitzenreiter sind die Schweden mit einem Anteil von 30 Prozent. Am anderen Ende rangiert Estland mit einem Anteil von nur 0,4 Prozent Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor. Deutschland liegt mit einem Erneuerbaren-Anteil von knapp 7 Prozent im oberen Mittelfeld der Mitgliedstaaten. Ohne Berücksichtigung der Doppelanrechnung entsprach dies einem Anteil von gut 5 Prozent.

Im Dezember 2018 einigten sich die EU-Mitgliedstaaten auf die neue Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II). Danach soll der Anteil Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor bis 2030 auf 14 Prozent steigen. Die neue Richtlinie regelt zudem die Anrechenbarkeit von Biokraftstoffen: Der Anteil von konventionellen Biokraftstoffen darf zukünftig nicht über den des Jahres 2020 + 1 Prozentpunkt hinausgehen. Denn statt herkömmlichem Biodiesel und Bioethanol aus Anbaupflanzen will die EU stärker auf neuartige Biokraftstoffe aus Abfällen und Reststoffen (z.B. aus Algen oder Stroh) sowie auf elektrische Antriebe setzen. Deshalb müssen die Mitgliedsstaaten verpflichtend einen Anteil von 1,75 Prozent an der Energie im Verkehr erreichen mit Biokraftstoffen aus Rohstoffen wie Stroh, Nussschalen und Holzabfällen. Diese Kraftstoffe werden zusätzlich gefördert, indem sie doppelt auf das Ziel von 14 Prozent Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor angerechnet werden. Die doppelte Anrechnung gilt auch für Biokraftstoffe aus Tier- und Altspeisefetten, deren Anteil jedoch auf 1,7 Prozent gedeckelt ist. Elektromobilität auf der Straße zählt vierfach und auf der Schiene eineinhalbfach auf das 14-Prozent-Ziel. Durch diese Mehrfachanrechnungen müssen effektiv nur knapp über sieben Prozent (statt 14 Prozent) Erneuerbare Energien genutzt werden, um die EU-Richtlinie zu erfüllen<sup>4</sup>.

Der regulatorische Rahmen der EU für Erneuerbare Energien, Klima- und Umweltschutz im Verkehrssektor ruht auf drei Säulen: CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für Fahrzeugflotten, Ausbauziele für Erneuerbare Energien und Vorschriften zur Luftreinhaltung. Ab 2021 dürfen alle neu zugelassenen Pkw in der EU im Schnitt maximal 95g CO<sub>2</sub>/km ausstoßen. Dies entspricht laut Berechnungen des Verkehrsclub Deutschland (VCD) einem durchschnittlichen Verbrauch von 3,6 Liter Diesel bzw. 4,1 Liter Benzin<sup>5</sup>. Bis 2025 soll der CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber 2021 um 15 Prozent und bis 2030 um 37,5 Prozent sinken. Die Autohersteller sollen einen Anreiz zum Verkauf von Elektroautos erhalten, indem ihre CO<sub>2</sub>-Vorgaben abgeschwächt werden, wenn sie im Jahr 2025 mehr als 15 Prozent und im Jahr 2030 mehr als 35 Prozent emissionsfreie Fahrzeuge verkaufen. Elektroautos machten im

2 European Environment Agency 2019.

3 Der Absatz von Biodiesel oder Bioethanol aus Reststoffen und Abfällen.

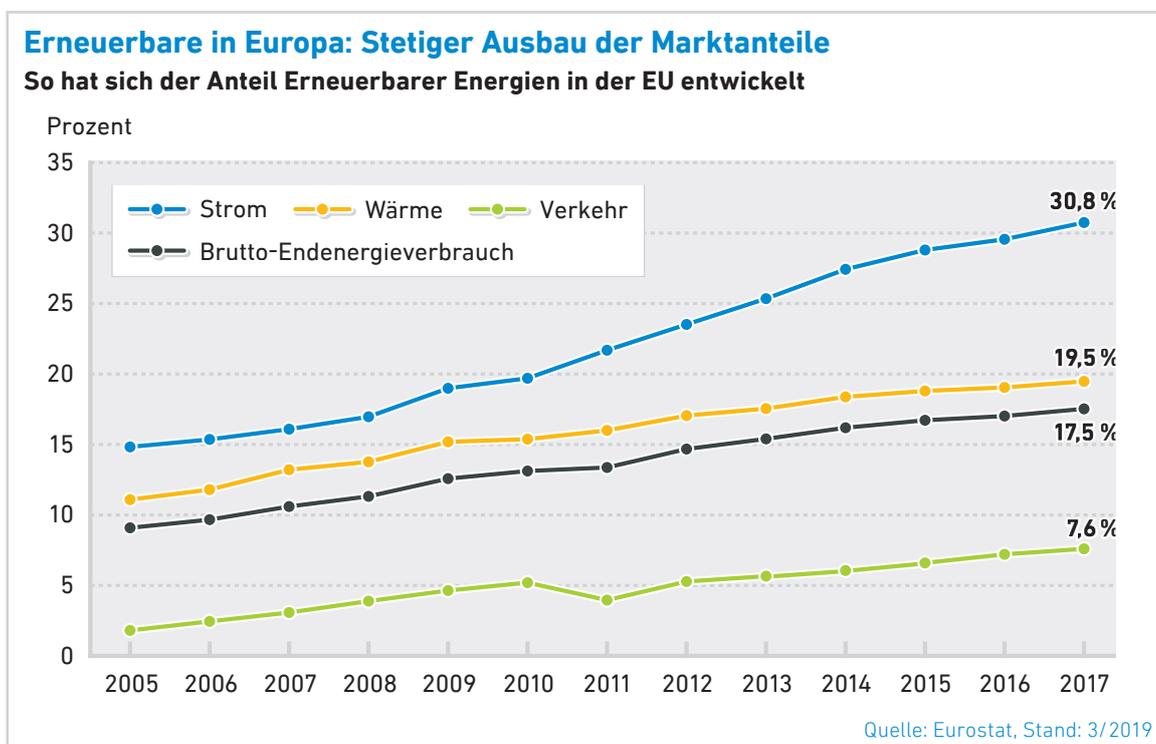
4 VDB 2018.

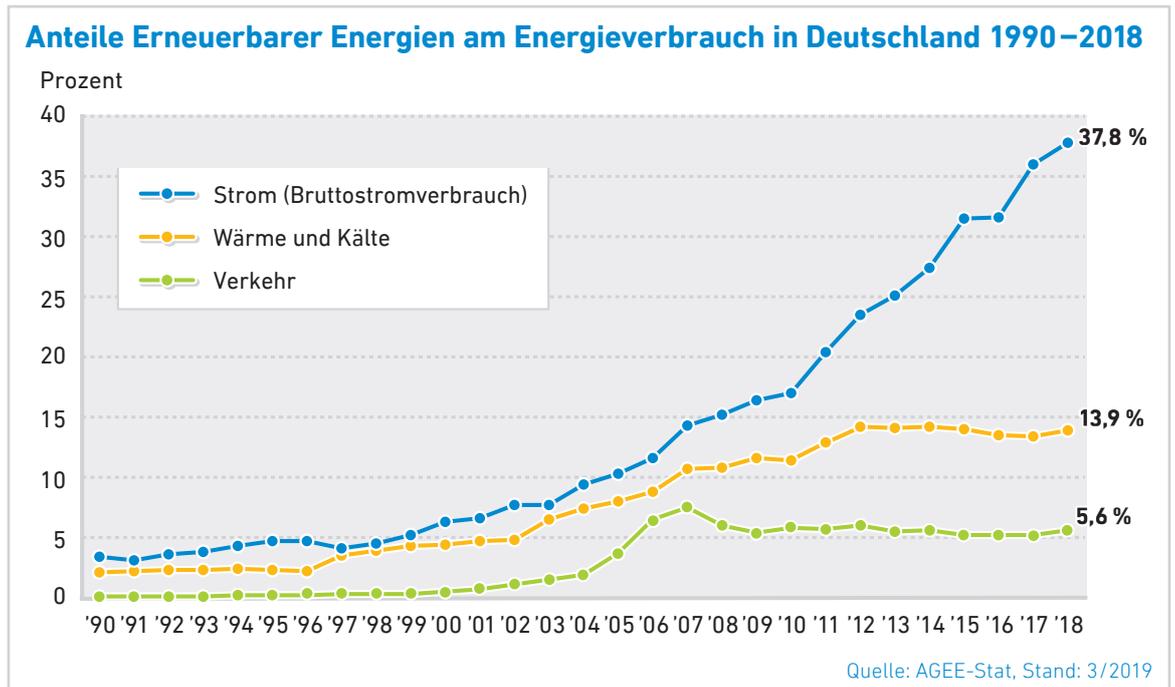
5 Verkehrsclub Deutschland 2018.

Jahr 2018 etwas mehr als ein Prozent der neu angemeldeten Pkw in Deutschland aus Schweden, Belgien und Finnland hatten im Jahr zuvor die höchsten Verkaufszahlen unter den Mitgliedsstaaten. Die aktuelle Entwicklung der Fahrzeugflotten zeigt in die falsche Richtung: Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von neuen Pkw sind im Jahr 2018 wieder gestiegen, weil immer mehr schwere, emissionsstarke Autos verkauft werden. Hinzu kommt, dass die Herstellerangaben und die Realität zu Verbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß weit auseinandergehen. Nach einer Untersuchung des International Councils on Clean Transportation (ICCT) liegt der tatsächliche Verbrauch von Neufahrzeugen auf der Straße im Schnitt 42 Prozent über den offiziellen Herstellerangaben. Im September 2017 wurde zwar ein neues, weltweit vereinheitlichtes Testverfahren eingeführt, der WLTP-Standard (world-harmonized light duty test procedure). Dieses beruht aber weiterhin auf Rollenprüfstandstests und nicht auf Realmessungen auf der Straße.

## 1.1 EUROPÄISCHE ZIELE GEBEN DEUTSCHLAND ORIENTIERUNG

Die EU-Vorgaben zum Klimaschutz bis 2020, 2030 und darüber hinaus sind eine wichtige Leitplanke für Deutschlands Politik. So auch auf die Vorgabe, 2030 mindestens 14 Prozent des Energiebedarfs im Verkehrssektor aus Erneuerbaren Energien zu decken. Außerdem gilt das Ziel der EU-Kraftstoffqualitäts-Richtlinie (FQD), dass sich die Klimabilanz der Kraftstoffe bis 2020 mindestens um sechs Prozent verbessern muss. Biokraftstoffe leisten hier den entscheidenden Anteil, um dieses Ziel zu erreichen. Deutschland hat zur Umsetzung der FQD eine Treibhausgassquote (THG-Quote) erlassen, mit der gleichzeitig die Vorgaben der Erneuerbare-Energien Richtlinie erfüllt werden. Demnach ist die Mineralölindustrie verpflichtet, den Treibhausgasausstoß der von ihr in den Verkehr gebrachten Kraftstoffe um 4 Prozent (ab 2020 um 6 Prozent) zu senken. Dies können die Mineralölfirmen erreichen, indem sie Biokraftstoffe einsetzen, die im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen rund 65 Prozent weniger Treibhausgase emittieren.





In der Realität schneiden die Biokraftstoffe aber schon viel besser ab. Die THG-Einsparung erreichte im Jahr 2017 laut Angaben der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) 81,2 Prozent. Während bei hydriertem Pflanzenöl ein Durchschnittswert von 65 Prozent erreicht wurde, sind es beim Biodiesel und bei Bioethanol rund 80 Prozent und bei Biomethan als Kraftstoff sogar 91 Prozent. Der hohe Einsparwert beim Biomethan erklärt sich durch die Verwendung von Abfallstoffen. Aber auch im Biodieselsbereich werden immer häufiger Rest- und Abfallstoffe zur Verwendung gemeldet<sup>6</sup>.

Seit Anfang 2018 darf allerdings auch Erdgas, das im Verkehrssektor zum Einsatz kommt, auf diese THG-Quote angerechnet werden. Die Begründung lautet: Die Klimagasbilanz von Erdgas ist besser als die von Erdöl. Die Differenz dürfen Erdgas-Vermarkter nun für die THG-Quote in Anrechnung bringen. Für Biokraftstoffe wird der Markt dadurch kleiner. Wächst der Markt für Erdgas als Kraftstoff (CNG) vergrößern sich die Einbußen.

Auch an anderer Stelle bahnen sich fossile Kraftstoffe Wege in die eigentlich Erneuerbaren Energien zugeordnete Förderung: So dürfen laut einer neuen, im Januar 2018 in Kraft getretenen Verordnung ab 2020 Verringerungen der THG-Emissionen der Erdölausbeutung, so genannte Upstream Emissions-Reduzierungen (UER), in Deutschland auf die THG-Quote angerechnet werden. Ein Anteil von bis zu 1,2 Prozentpunkten der in Deutschland geltenden THG-Quote darf dann durch UER-Maßnahmen gedeckt werden. Wird dies voll ausgeschöpft, bliebe eine effektive Quote von 4,8 Prozent, die durch emissionsarme Kraftstoffe, insbesondere Biokraftstoffe, zu decken ist. Auf das EU-Mindestziel von 10 Prozent für die Erneuerbaren im Verkehr dürfen diese UER-Minderungen allerdings nicht angerechnet werden.

<sup>6</sup> Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2018.

Die aktuellen rechtlichen Vorgaben der EU verlieren nach 2020 allerdings ihre Gültigkeit. Das gilt auch für die Vorschriften der FQD. In Deutschland bleibt die THG-Quote von sechs Prozent aber danach bestehen. Abzuwarten bleibt, wie Deutschland mit seinen weiteren nationalen Zielen umgeht. So sieht der im November 2016 beschlossene Klimaschutzplan der Bundesregierung bis 2030 eine Absenkung der Klimagasemissionen im Verkehr um 40 bis 42 Prozent gegenüber 1990 auf 95 bis 98 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente vor. Dieses Ziel ist nicht zu erreichen, wenn lediglich die Vorgaben der RED II eingehalten werden.

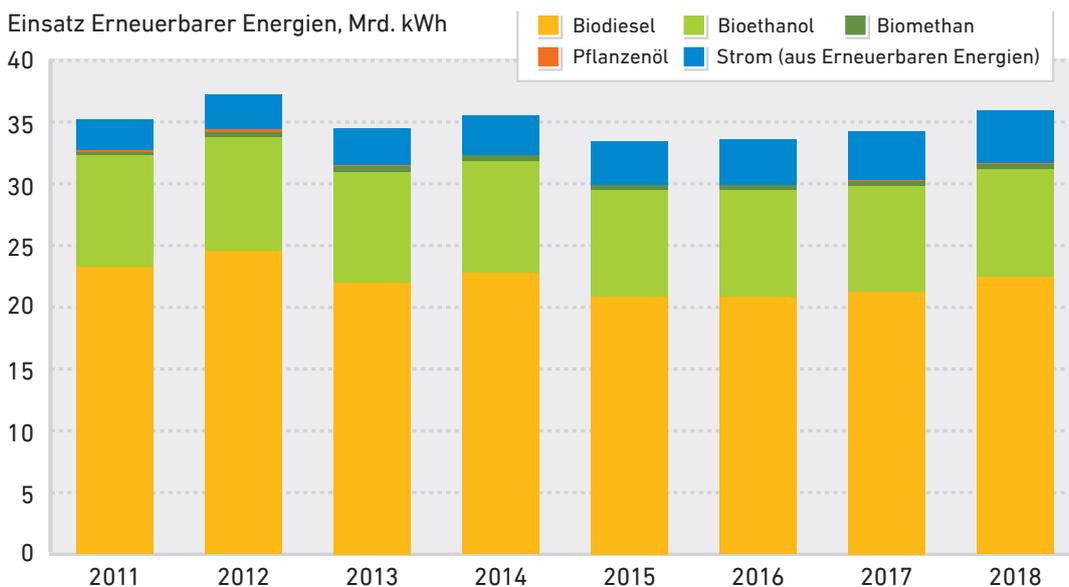
An übergeordneten politischen Zielen mangelt es nicht. Doch läuft die reale Entwicklung momentan in die gegenläufige Richtung. Begründet liegt dies in konkreten regulatorischen Rahmenbedingungen. Statt eines entschlossenen Ausbaus Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor dominieren derzeit Förderinstrumente den Markt, die eine verstärkte Nutzung fossiler Energien begünstigen.

## 2.2 IN EUROPA UND DEUTSCHLAND: FEHLENDES WACHSTUM

Für die Europäische Union insgesamt wie für Deutschland im Besonderen gilt: Erneuerbare Energien sind im Verkehrssektor bislang dort nennenswert vorhanden, wo sie sich wie flüssige Biokraftstoffe und Bahnstrom in bestehende Infrastruktur einfügen. Ein Ausbau in diesen Bereichen ist in unterschiedlichem Maße möglich. So wird sich beispielsweise in Abhängigkeit von politischen Weichenstellungen und Marktentwicklungen zeigen, ob Biomasse auch künftig für den Einsatz im Strom-, Wärme- und Kraftstoffmarkt gefördert und eingesetzt wird oder ob eine Fokussierung auf bestimmte Nutzungspfade wie z.B. den Verkehrsbereich stattfindet. Steigerungspotenzial gibt es auch an anderer Stelle: Mit bestehender Infrastruktur ist der Ausbau Erneuerbarer Energien im elektrifizierten Bahnverkehr problemlos möglich.

### Nutzung Erneuerbarer Energien im deutschen Verkehrssektor

**Bislang sind Erneuerbare nur nennenswert vorhanden, wo sie wie flüssige Biokraftstoffe und Bahnstrom bestehende Infrastruktur nutzen.**



Quelle: UBA, AGEE-Stat, Stand: 3/2019

## 3 POSTFOSSILER WERTEWANDEL? WELCHE KONSUM- UND TECHNIKTRENDS DIE VERKEHRSWENDE BEEINFLUSSEN

### 3.1 AKZEPTANZ ERNEUERBARER ENERGIEN – EINE MEDAILLE MIT ZWEI SEITEN

Neben politischen Zielen für die Energiewende im Verkehrssektor besteht auch Rückhalt in der Bevölkerung für Klimaschutz im Verkehrssektor. Die Akzeptanz Erneuerbarer Energien ist eine wichtige Voraussetzung für deren weiteren Ausbau. Es gilt zu unterscheiden zwischen sozio-politischer Akzeptanz, marktbezogener Akzeptanz und projektbezogener Akzeptanz. Während die sozio-politische Akzeptanz die Zustimmung zu Erneuerbaren Energien und einzelnen Technologien erfasst, geht es bei der Marktakzeptanz um die Marktdurchdringung, beispielsweise von Biokraftstoffen. Die projektbezogene Akzeptanz erfasst die Zustimmung zu konkreten Projekten, so z.B. zur Errichtung eines Windrades oder einer Elektro-Ladesäule. Die drei verschiedenen Ebenen der Akzeptanz lassen sich in unterschiedlicher Weise auf den Straßenverkehr anwenden.

### 3.2 WIE SICH DEUTSCHLAND BEWEGT

Deutschland ist ein Land der Autofahrer. Drei Viertel der Personenkilometer und 57 der Wege werden mit dem privaten Auto zurückgelegt<sup>7</sup>. Der Pkw-Verkehr nahm seit 1991 um 34 Prozent zu. 37 Prozent der Menschen in Deutschland benutzen Tag für Tag einen Pkw, nur 32 Prozent gehen täglich zu Fuß. Das ergab eine Umfrage im Auftrag des Bundesumweltministeriums. Per Fahrrad waren 14 Prozent der Bevölkerung jeden Tag unterwegs, mit dem Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) nur 11 Prozent<sup>8</sup>.

Entsprechend sind die Konsumtrends. Die Zahl der Pkw hat in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen und mittlerweile die Marke von 47 Millionen überschritten. Jährlich sind in Deutschland ein halbe Million Pkw mehr unterwegs – fast alle in Privathaushalten. Die Zahl der von den Pkw insgesamt zurückgelegten Strecke ist zwar im Jahr 2017 gegenüber dem Vorjahr leicht zurückgegangen, von 650 auf 642 Mrd. km. Dennoch ist das Auto aus dem Alltag vieler Menschen kaum wegzudenken. Laut einer Umfrage im Auftrag des Tagesspiegels konnten sich 63,9 Prozent der Teilnehmenden nicht vorstellen, der Umwelt zuliebe ohne Auto auszukommen. Nur 27,7 Prozent konnten sich einen Verzicht auf das eigene Auto vorstellen. Die Popularität des Autos scheint ungebrochen. Allerdings sprachen sich auch 77,4 Prozent der Befragten für eine stärkere Förderung von Alternativen zum Auto (Nah- und Fahrradverkehr etc.) aus<sup>9</sup>.

Die Alternativen zum Pkw werden in Deutschland immer stärker nachgefragt. So hat sich die Verkehrsleistung der Eisenbahnen seit 2003 um rund 29 Prozent erhöht, die Fahrradwege um 18 Prozent. Der Zuwachs im öffentlichen Schienen- und Straßenverkehr lag allerdings mit 29 Prozent unter dem Durchschnitt der Gesamtverkehrsleistung. Der Anteil der umweltschonenden Verkehrsarten (ÖPNV und Schiene) ging in den Jahren 1991 bis 2016 sogar um einen Prozentpunkt zurück auf nur 14,8 Prozent. Zusammen mit Fuß- und Fahrradwegen kommt der Umweltverbund auf weniger als 20 Prozent. Der prozentual stärkste Zuwachs wurde bei der klimaschädlichsten Mobilitätsform, nämlich im Luftverkehr, mit einer Erhöhung um 183 Prozent verzeichnet<sup>10</sup>.

7 AEE 2018.

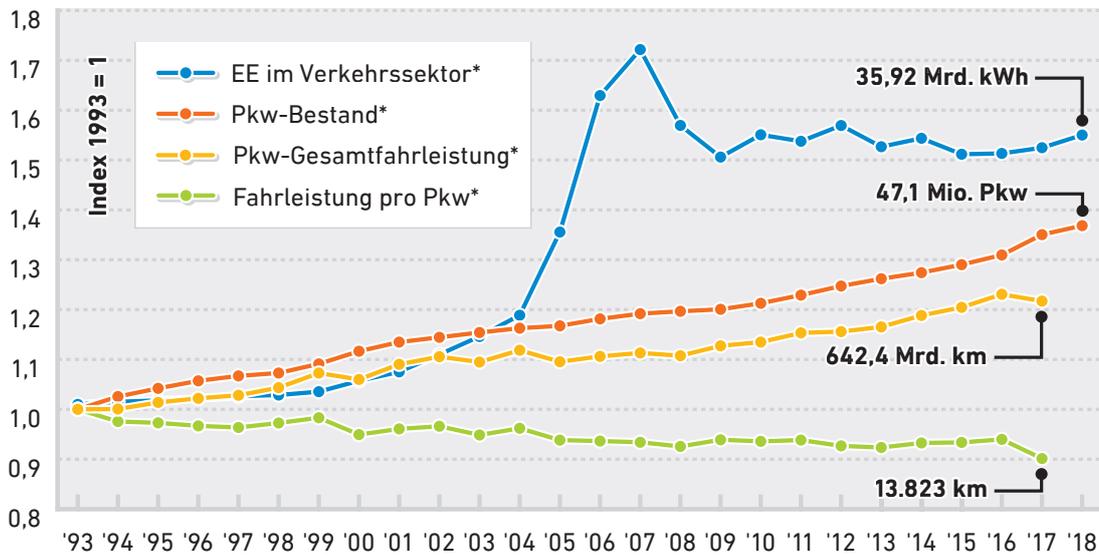
8 Bundesumweltministerium/Umweltbundesamt 2017.

9 Tagesspiegel 2019.

10 Umweltbundesamt 2018.

## Erneuerbare Energien im deutschen Verkehrssektor und Pkw-Trends

Während der Pkw-Bestand steigt, stagniert die Nutzung regenerativer Alternativen zum Erdöl.



\*Anmeldestand jeweils am 1. Januar

Quelle: BMVI Verkehr in Zahlen, KBA, AGEE-Stat, Stand: 3/2019

Als vorbildliche Länder in Sachen Alternativen zur Autonutzung gelten die Niederlande und die Schweiz. So ist in den Niederlanden das Fahrradfahren besonders beliebt, in der Schweiz hat der Bahnverkehr einen relativ hohen Marktanteil. So wünschenswert ein verstärkter Umstieg auf diese Alternativen zum Auto ist, so reicht dies für einen effektiven Klimaschutz alleine nicht aus. Auch die energetische Versorgung der Verkehrsträger muss sich ändern. Wie eine DLR-Untersuchung ergab, würde sich der Klimagasausstoß Deutschlands bei einer Verkehrsverlagerung nach niederländischem und Schweizer Muster um sieben Prozent verringern. Für stärkere Klimaschutzbeiträge ist also ein Umstieg auf Erneuerbare Energien notwendig.

### Diskrepanz zwischen Meinen und Handeln?

Diesen weiterhin vom Pkw dominierten Mobilitätstrends in Deutschland steht eine starke Unterstützung Erneuerbarer Energien gegenüber. Laut Umfragen genießen ein Umstieg auf Erneuerbare Energien im Verkehrssektor und ein Wechsel auf andere Formen der Mobilität hohe Akzeptanz in der deutschen Bevölkerung. Schon Mitte 2013 und damit lange vor dem Skandal um die Abgasmanipulationen beim Diesel hatte sich in einer vom Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv) beauftragten Umfrage eine deutliche Mehrheit dafür ausgesprochen, die Energiewende auf die Bereiche Wärme/Heizung und Mobilität/Verkehr auszuweiten, da diese den Großteil des Energieverbrauchs ausmachten<sup>11</sup>.

Rund vier Jahre später attestierte eine Studie der Forschungsabteilung von Deutschlands Förderbank KfW den Deutschen ein starkes Bewusstsein in Sachen Verkehrswende. Laut der Umfrage von 2017 sahen 81 Prozent der Teilnehmer hier einen „akuten Handlungsbedarf“<sup>12</sup>. Den größten Beitrag erwarteten die Umfrageteilnehmer von der Autoindustrie: Rund neun von zehn Befragten sehen die Fahrzeughersteller hier in der Pflicht. Auch der Politik wird mehrheitlich eine wichtige Rolle zugeschrieben (77 Prozent). Die Notwendigkeit eines eigenen Beitrags erkannten knapp drei Viertel der Bürger. Etwa die Hälfte hiervon (36 Prozent) gab an, das eigene Mobilitätsverhalten im Kontext der Energiewende bereits angepasst zu haben und häufiger öffentliche Verkehrsmittel oder das Fahrrad zu nutzen.

<sup>11</sup> Verbraucherzentrale Bundesverband 2013.

<sup>12</sup> KfW Research 2017.

Es scheint an dieser Stelle geboten, auf Unterschiede zwischen Umfrageergebnissen und tatsächlichem Verhalten der Verbraucher hinzuweisen, die sogenannte Einstellungs-Verhaltens-Diskrepanz. Solche Diskrepanzen gibt es auch in anderen Bereichen, etwa bei Bio-Lebensmitteln, deren Kauf von vielen Verbrauchern in höherem Maße bekundet wird als er tatsächlich stattfindet<sup>13</sup>. Ähnlich könnte es sich bei der Verkehrswende verhalten. Denn die Umfrageergebnisse werden in Sachen Verhaltensänderungen der Verbraucher nicht durch tatsächliche Konsumtrends untermauert, wie u.a. die Absatzzahlen beim fossilen Kraftstoff zeigen. Hätte ein Drittel der Bevölkerung tatsächlich Änderungen im Mobilitätsverhalten vorgenommen, so müsste dies in Verbrauchstrends schon ablesbar sein.

In einer Eurobarometer-Umfrage im Auftrag der Europäischen Kommission sagten 2017 knapp die Hälfte der Befragten aus, sie seien in ihrem persönlichen Umfeld mit Schritten gegen den Klimawandel aktiv geworden. Auf 90 Prozent steigt dieser Anteil laut EU-Kommission, wenn die Menschen nach konkreten Einzelmaßnahmen für den Klimaschutz befragt werden<sup>14</sup>. Dabei nahm die Mülltrennung mit über 70 Prozent den Löwenanteil ein. Der Anteil der Personen, die beim Erwerb eines Neuwagens einen geringen Kraftstoffverbrauch als wichtiges Kaufkriterium zugrunde legten, verringerte sich dagegen auf 9 Prozent, nach 13 Prozent zwei Jahre zuvor. Möglichst auf Kurzstreckenflüge verzichten wollten nur 10 Prozent der Befragten. Dies zeigt: Konkrete Veränderungen gewohnter Verhaltensmuster zugunsten des Klimaschutzes stoßen bei den Verbrauchern nicht immer auf starke Resonanz.

Andererseits wünschen sich die Menschen gesündere Städte, die weniger auf den Autoverkehr ausgerichtet sind, wie die Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland“<sup>15</sup> ergab. Die Bereitschaft, mehr zu Fuß zu gehen, Fahrrad zu fahren oder öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, hängt allerdings in hohem Maße davon ab, dass die Wege des Alltags – zum Einkaufen, zur Schule oder zu Freizeitaktivitäten – bequem ohne Auto bewältigt werden können und dass eine gute Infrastruktur sowie entsprechende Mobilitätsangebote den Wechsel erleichtern.

## 1.2 TEILEN STATT NUTZEN?

Das Auto hat den größten Anteil an den Klimagasemissionen im Verkehrssektor. Deshalb sind hier neue Konzepte und neue Energieträger besonders effektiv. Ein Beispiel dafür, Mobilität anders zu organisieren, ist das Carsharing. Die Nutzerzahlen stiegen nach Angaben des Bundesverbandes Carsharing 2018 gegenüber dem Vorjahr um 16,6 Prozent auf fast 2,5 Millionen. Das Wachstum der Carsharing-Flotten fiel mit +12,5 Prozent etwas geringer aus als das Kundenwachstum<sup>16</sup>. Mit der zunehmenden Beliebtheit von Carsharing geht häufig die Deutung einher, es stelle sich ein Trend zum „Nutzen statt Besitzen“ ein. Laut Umweltbundesamt ersetzt ein Carsharing-Auto 15 private Pkw. Eine Studie des Öko-Instituts kommt allerdings zu dem Ergebnis, dass eine Reduktion der Anzahl von Pkw kaum stattfindet. Vielmehr würden die Carsharing-Angebote vor allem von jüngeren Menschen als Überbrückung der Lebensphase genutzt, in der sie sich noch kein eigenes Auto leisten können<sup>17</sup>. Die Deutsche Umwelthilfe gibt zu bedenken, dass das stationsunabhängige Carsharing (free floating) nur für kurze Wege benutzt wird und die Strecken besser mit dem Fahrrad oder mit dem ÖPNV zurückgelegt werden könnten<sup>18</sup>. Noch ist ungeklärt, ob Carsharing eher in Konkurrenz zum öffentlichen Nahverkehr als zum privaten Autobesitz steht. Auf einem anderen Blatt steht die Energieversorgung der Fahrzeuge. In Carsharing-Flotten hatten E-Fahrzeuge Anfang 2018 einen Anteil von 10,3 Prozent. Der Anteil von Elektroautos ist hier also deutlich höher als bei den Fahrzeugen in Privatbesitz. So leisten die Carsharing-Dienstleister einen Beitrag zum Markthochlauf der Elektromobilität.

13 Harth 2017.

14 Europäische Kommission 2017.

15 Umweltbundesamt 2017.

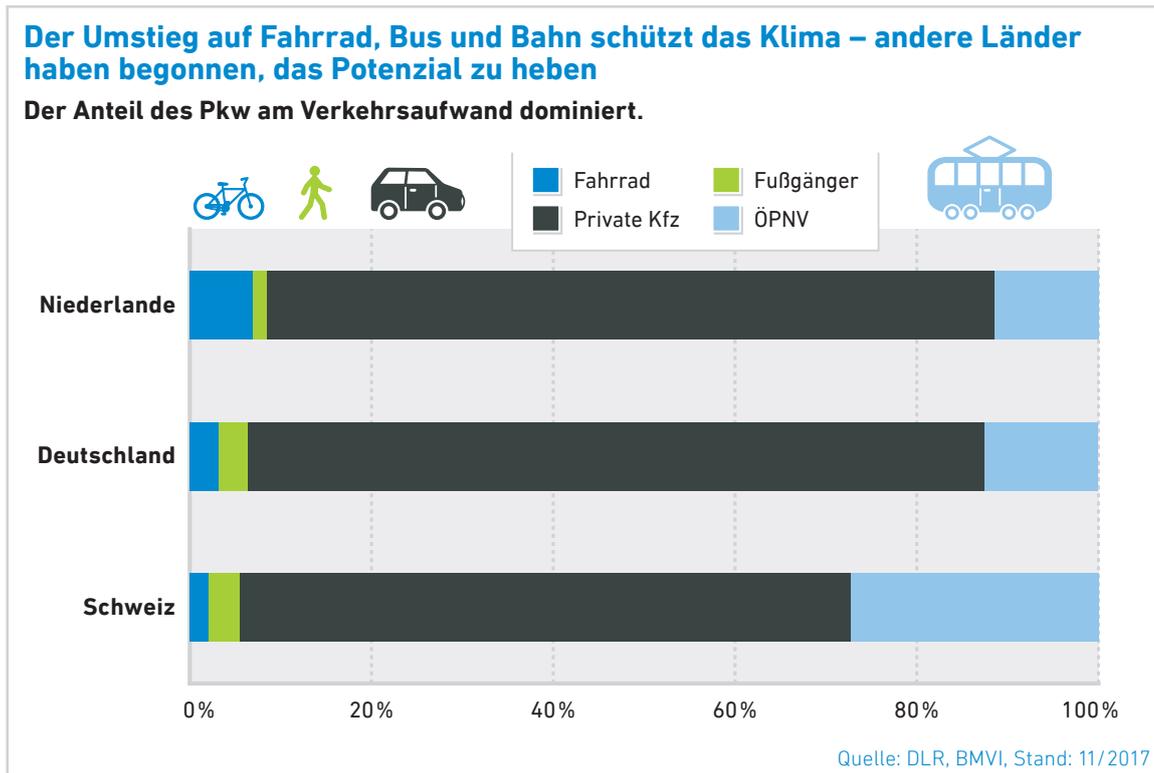
16 Bundesverband Carsharing 2019.

17 Öko-Institut 2018.

18 DUH 2019.

### 1.3 AUTONOM IN RICHTUNG VERKEHRSWENDE?

Fahrzeuge, die sich selbständig (autonom) den Weg durch den Verkehr bahnen, werden als bedeutender Technik-Trend der Mobilität der Zukunft angesehen. Doch es gibt auch Bedenken bezüglich der Auswirkungen des autonomen Fahrens auf den Energiebedarf. Schätzungen des Institute for Mobility Research von einem Zuwachs der Fahrleistung aus. Zudem könnte die Attraktivität der Fahrzeuge zu Fahrgasteinbußen bei öffentlichen Verkehrsmitteln führen. Bis 2035 wird mit einem Anteil autonomer Fahrzeuge an den Privat-Pkw in Deutschland von 10 Prozent gerechnet<sup>19</sup>. Das Ziel einer Senkung des Energieverbrauchs wird durch solche Trends erschwert. Dies zeigt: Technische Innovationen und Energiewende gehen nicht notwendigerweise Hand in Hand.



Mit autonomem Fahren verbinden sich aber auch Hoffnungen. So geht der Stadtplaner und Mobilitätsforscher Tim Lehmann vom Institut für Urbane Mobilität von der Möglichkeit großer Effizienzgewinne aus, wenn es gelingt, Fahrzeuge im Zuge des Trends zum autonomen Fahren besser auszulasten. „Die Berechnung ist ganz einfach: Wenn Flotten zukünftig effizient geteilt werden, könnten Fahrzeuge rund acht Stunden am Tag Personen befördern, statt aktuell nur eine halbe Stunde<sup>20</sup>.“

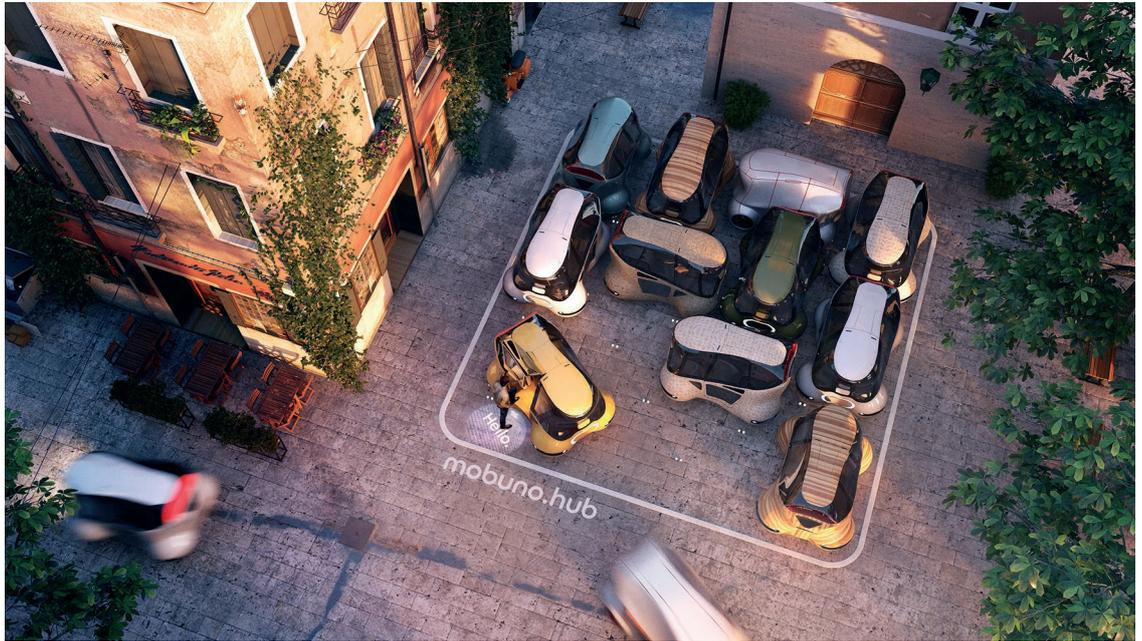
Eine Studie der DIHK rechnet bis 2030 mit Kraftstoffersparnissen zwischen zehn Prozent im Straßengüterverkehr und 30 Prozent im übrigen Straßennetz. Diese Effekte seien vor allem auf eine Verstärkung des Fahrverhaltens mit weniger Beschleunigungs- und Bremsvorgängen und eine Verbesserung des Verkehrsflusses zurückzuführen. Zudem sei ein Tempolimit auf allen Strecken systembedingt erforderlich<sup>21</sup>.

<sup>19</sup> Institute for Mobility Research 2016.

<sup>20</sup> Interview von Nikolas Linck mit Tim Lehmann in Radzeit 4/2017.

<sup>21</sup> DIHK 2018.

### Zukunftsmusik: Mehr Platz im öffentlichen Raum durch autonomes Fahren als möglicher Komfortgewinn



Quelle: xoio GmbH & ium-Institut für Urbane Mobilität

Autonomes Fahren kann zudem Platz im öffentlichen Raum für die Allgemeinheit frei machen, da zum Parken weniger Platz benötigt wird. Das ist indes noch Zukunftsmusik. Heute nehmen Pkw massiv öffentlichen Raum in Anspruch: Wollte man die in Deutschland zugelassenen Pkw und Lkw in einer Region abstellen, dann würde der erforderliche Parkraum etwa die Fläche des Bundeslandes Hamburg von 755 Quadratkilometern beanspruchen. In deutschen Großstädten wie Berlin oder Hannover nehmen parkende Autos rund ein Fünftel der gesamten Verkehrsfläche ein. Die steigende Zahl an Kraftfahrzeugen bringt regelmäßig Forderungen nach mehr Straßenbau und mehr Parkraum mit sich. Diesen Teufelskreis gilt es, durch den Umstieg auf Alternativen zum Auto, z.B. eine Stärkung des Bahnverkehrs, zu durchbrechen.

## 4 NACHHALTIGE MOBILITÄT AUF DER STRASSE: MIT WELCHEN MITTELN?

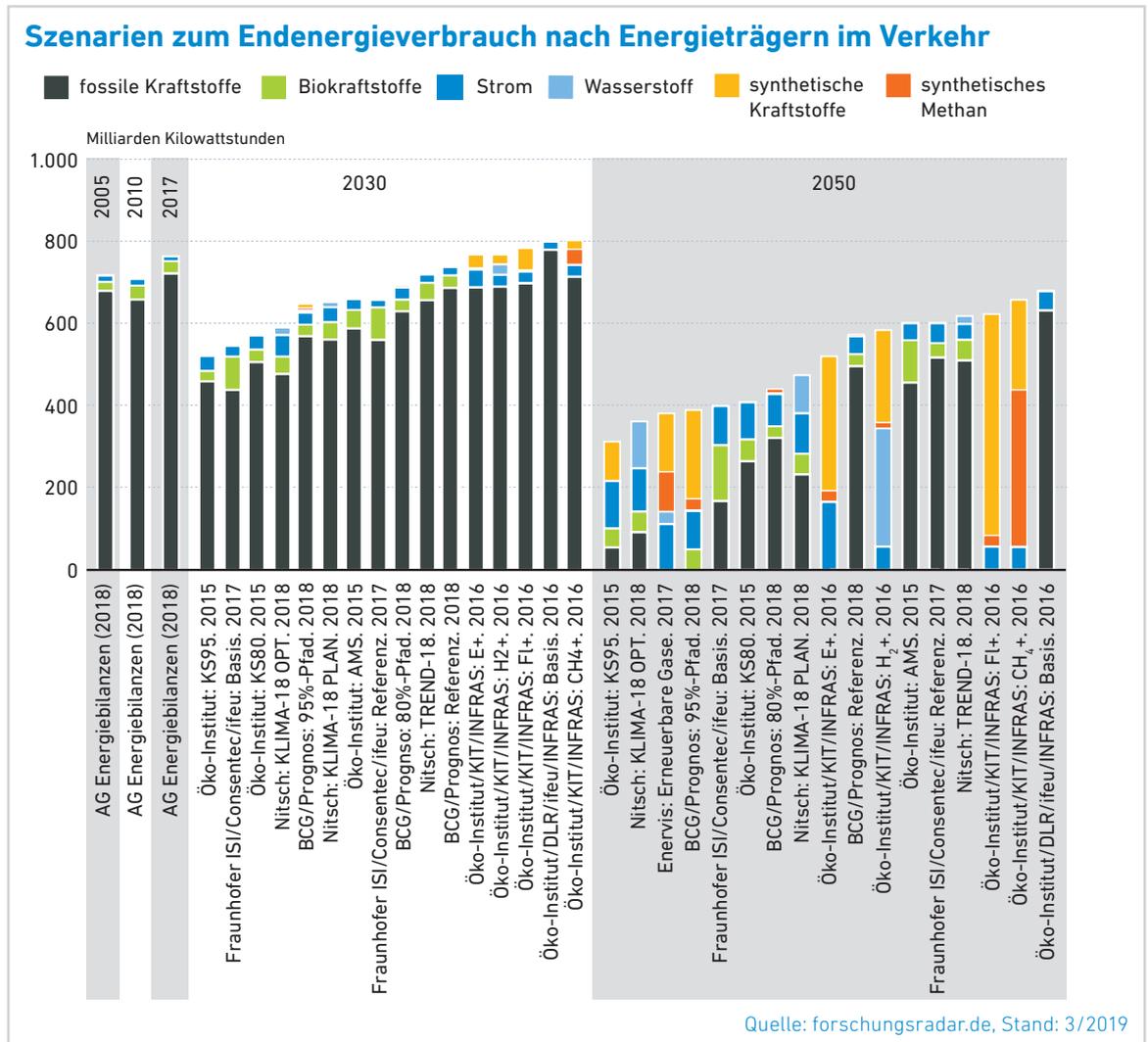
### 1.4 SZENARIEN ZU ENERGIEMIX UND ENERGIEVERBRAUCH

Annahmen zur Entwicklung des künftigen Energieverbrauchs sind zentral für Konzepte für die Verkehrswende. Konsens ist, dass neben dem verstärkten Einsatz Erneuerbarer Energien in bestehenden Infrastrukturen ein massiver Umbau unseres Verkehrssystems notwendig ist, der mit einer Verringerung des Energiebedarfs einhergehen muss. Die Einschätzungen zum künftigen Energiebedarf im Verkehrssektor haben eine große Spannweite. Das liegt z.T. daran, dass einzelne Studien den Energiebedarf „vom Ende her“, nämlich von einem aus Klimaschutzsicht wünschenswerten Niveau her betrachten, andere dagegen heutige Automobiltrends und eine steigende Güterverkehrsleistung mit in die Waagschale werfen. Auch die Einschätzungen zur Verteilung dieses Bedarfs auf die verschiedenen Energieträger und Technologien variieren deutlich. So sind vom Umweltbundesamt erstellte oder beauftragte Studien sehr skeptisch, was den Einsatz von Biokraftstoffen angeht. In der Mehrzahl aller ausgewerteten Szenarien liegt der Beitrag der Bioenergie im Verkehr im Jahr 2050 aber zwischen 27 und 53 Mrd. kWh (2017: ca. 30 Mrd. kWh). Stellt man dieses Biokraftstoffpotenzial dem gesamten Energieverbrauch des Verkehrs im Jahr 2050 gegenüber, so ergibt sich eine Lücke zwischen 264 Mrd. und 659 Mrd. kWh, die durch elektrische Energie – entweder direkt über Elektromobilität, oder indirekt über strombasierte Kraftstoffe – gedeckt werden muss, wenn die Treibhausgase um 95 Prozent gesenkt werden sollen. Viele Studien setzen auf einen Mix an Kraftstoffen und Antrieben. Das gilt u.a. für die von Joachim Nitsch erstellte Studie „Was für einen erfolgreichen Klimaschutz erforderlich ist“. In den Nitsch-Szenarien drängen mittelfristig Elektromobilität und Biokraftstoffe die fossilen Energien zurück, bevor langfristig auch die Wasserstoff-Mobilität zum Zuge kommt. Im optimistischsten Szenario sind Strom und Wasserstoff ab Mitte des Jahrhunderts die wichtigsten Energiequellen im Verkehrssektor. In anderen Klimaschutzzielszenarien, wie im 95%-Klimapfad des BDI oder in der Enervis-Studie „Erneuerbare Gase“, dominieren synthetische Flüssigkraftstoffe. Ob es ein Nebeneinander verschiedener Kraftstoffe und Antriebsarten geben wird oder sich bestimmte Technologien durchsetzen, ist auch eine Frage von Pfadabhängigkeiten. Dieser Begriff beschreibt die Schwierigkeit, einen einmal beschrittenen Weg zu verlassen. Ursache von Pfadabhängigkeiten können Erwartungsmuster in den Köpfen, versunkene Kosten, Netzwerkeffekte und Skaleneffekte sein<sup>22</sup>.

**„Ein Mix zwischen Elektromobilität und Fahrzeugen auf Basis von Wasserstoff beziehungsweise regenerativen Kraftstoffen ist sehr wahrscheinlich. Hierfür spricht zum einen die hohe Effizienz und günstige CO<sub>2</sub>-Bilanz der Elektromobilität durch Verwendung von Strom aus Erneuerbaren Energien. Auf der anderen Seite können Fahrzeuge mit regenerativen Kraftstoffen vorhandene Infrastrukturen und Anwendungstechnologien gut ausnutzen und ermöglichen hohe Reichweiten.“** Studie: Sektorkopplung: Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems<sup>23</sup>

22 Fishedick/Grunewald 2017.

23 Ausfelder et al. 2017.



Ein Nebeneinander verschiedener Energieträger kann zum einen darin begründet liegen, dass in einer langen Übergangsphase ein schrittweiser Wandel vollzogen wird. Das kann aber auch die Gefahren bergen Entwicklungen zu verpassen. Aktuell wird dies bei der Elektromobilität mit Blick auf die Ausrichtung der deutschen Automobilwirtschaft und die Fortschritte in anderen Ländern diskutiert (s.u.). Ein Nebeneinander kann es aber auch, wie in den oben erwähnten Studien gezeigt, von verschiedenen Erneuerbaren-Technologien geben. So ist die batterieelektrische Mobilität für den Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr kaum eine Option. Hier werden andere Alternativen benötigt. Es bleibt abzuwarten, welche Weichenstellungen die Bundesregierung vornehmen wird.

Wie Szenarien zeigen, schließen sich Antriebs- und Kraftstoffwende nicht gegenseitig aus, im Gegenteil: Beide sind notwendig. Um Fortschritte beim Klimaschutz im Verkehrssektor zügig zu erreichen, wird eine Dekarbonisierung der heutigen Kraftstoffversorgung mit klimafreundlichen Alternativen dringend benötigt. Dies gilt umso mehr, da die Marktdurchdringung mit alternativen Antrieben noch längere Zeit in Anspruch nehmen wird und deren Versorgung mit Erneuerbaren Energien gesichert sein muss. Während die Elektromobilität mit dem Ausbau der Ladesäulen-Infrastruktur und der bevorstehenden Einführung zahlreicher neuer batteriebetriebener Pkw-Modelle vor dem Zugewinn von Marktanteilen steht, ist die Wasserstoff-Mobilität noch nicht so weit. Der Wasserstoff bietet aber zugleich die Möglichkeit, eines fließenden Übergangs zwischen Kraftstoff- und Antriebswende. Denn über weitere Umwandlungsschritte kann der Wasserstoff in der heutigen Kraftstoff-Infrastruktur

zum Einsatz kommen. Der Wasserstoff kann aber auch direkt in Brennstoffzellen-Fahrzeugen genutzt werden, die ihr eigenes Kraftwerk „an Bord“ haben. Dies setzt aber den Aufbau einer eigenen entsprechenden Infrastruktur voraus.

## 1.5 ANTRIEBSWENDE MIT ELEKTROMOBILITÄT

Vor dem Hintergrund der Stickoxidbelastung in vielen Städten wird der Ausbau der Elektromobilität momentan vielerorts als die wohl wichtigste Triebkraft eingestuft, um die Energiewende auf der Straße voranzubringen. Elektrisch betriebene Pkw bieten, wenn sie mit Strom aus Erneuerbaren Energien laufen, nicht nur Klimaschutz, sondern sie können auch für sauberere Luft sorgen. Eine Umfrage des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) ergab, dass für 41 Prozent der Deutschen die Umweltfreundlichkeit das stärkste Argument wäre, um sich ein Elektroauto zu kaufen. Dagegen

wären nur für 16 Prozent der Befragten die geringeren Betriebskosten der entscheidende Anreiz<sup>24</sup>.

Für die öffentliche Akzeptanz der Elektromobilität stehen die Aspekte Reichweite, Ladeinfrastruktur und Fahrzeugpreis ganz oben. Laut der BDEW-Umfrage spricht für ein Drittel noch der relativ hohe Preis gegen die Anschaffung eines E-Autos. Ein Viertel hält die Reichweite für zu gering und für 18 Prozent stehen nicht genügend Ladesäulen bereit. In all diesen Bereichen hat es aus Verbrauchersicht in jüngster Zeit große Fortschritte gegeben. So gibt es nach dem neuen, realitätsnäheren WLTP-Standard (Standard World Harmonized Light Vehicle Test Procedure) Oberklassen-Modelle auf



Quelle: NOW/Blum

dem Markt mit einer Reichweite von bis zu 560 km. Mittelklassewagen erreichen bis zu 450 km und Kleinwagen mehr als 300 km. 90 Prozent der Tagesstrecken in Deutschland sind maximal 100 km weit. Die durchschnittlich täglichen Wege liegen bei 51 km<sup>25</sup>. So erscheinen E-Autos auch als klassischer Erstwagen attraktiv. Der Marktanteil der reinen Elektroautos lag in Deutschland Anfang 2019 mit 36.062 Pkw aber erst bei etwas mehr als einem Prozent. Die Zahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte ist allein zwischen 2016 und 2018 von 5.892 auf 13.855 gestiegen. Marktforscher wie McKinsey oder Aurora Research erwarten in den kommenden Jahren auch bei den Preisen große Fortschritte.

### Fortschritte bei der Marktakzeptanz erzielt

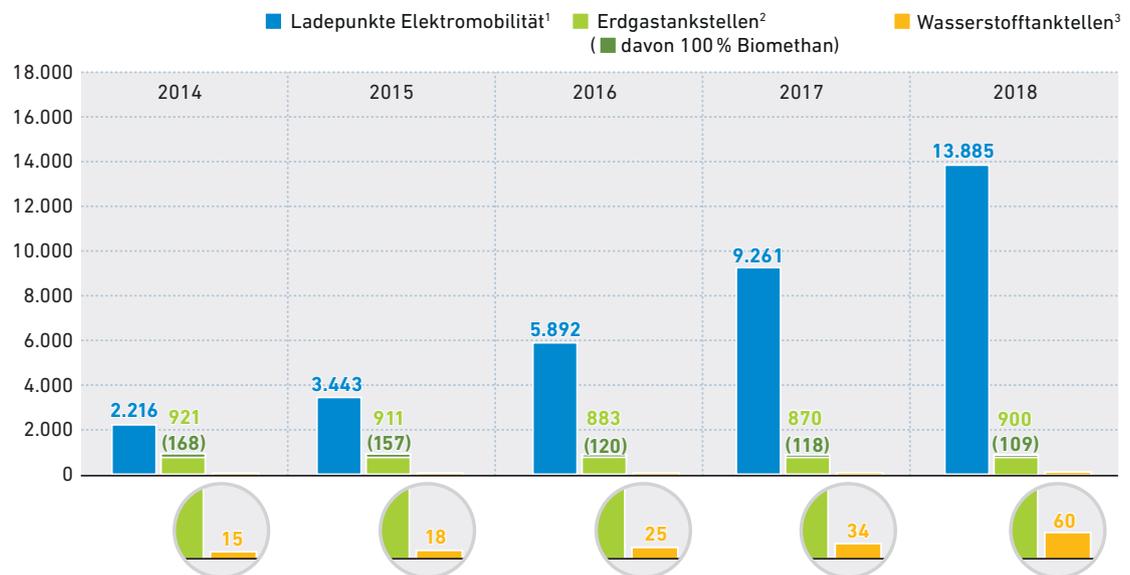
Die deutschen Automobilhersteller sind dabei ihr Portfolio an E-Autos stark zu erweitern. Die Elektromobilität bietet aber nicht nur für die Automobilhersteller Chancen, sondern auch für die Stromanbieter. So können u.a. Stadtwerke ihr Profil schärfen und neue Geschäftsmodelle mithilfe der Elektromobilität entwickeln. Für die Stromanbieter hat die Elektromobilität aber nicht nur durch die Erschließung neuer Produkte und Kundensegmente Charme. Sie könnten im Zuge einer verstärkten Sektorenkopplung der Bereiche Strom, Wärme und Verkehr langfristig auch vom Strombedarf

<sup>24</sup> BDEW 2019.

<sup>25</sup> AEE 2018.

## Die Energiewende auf die Straße bringen

Für die Verkehrswende ist der Aufbau neuer Infrastruktur notwendig. Verschiedene Technologien stehen zur Verfügung und können unterschiedliche Segmente abdecken.



1) Ziel der Nationalen Plattform Elektromobilität: 70.000 bis 2020

2) Ziel eines Unternehmenskonsortiums: 2.000 bis 2025

3) Ziel der Branchenplattform H<sub>2</sub> Mobility: 400

Quelle: Bundesnetzagentur, Zukunft Erdgas, Clean Energy Partnership, NPE, Stand: 12/2018

und der Speichermöglichkeit der Autobatterien profitieren. Eine stark auf Strom setzende Sektorenkopplung im Energiesystem stellt allerdings die Verteilnetze vor große Herausforderungen. „Es ist davon auszugehen, dass ein starker Ausbau von Ladestationen für Elektromobilität und eine starke Zunahme der Nutzung von Wärmepumpen selbst bei Nutzung von Flexibilitätspotenzialen einen Ausbau der Verteilnetze erforderlich machen werden“, heißt es in einer maßgeblichen Studie zur Sektorenkopplung<sup>26</sup>.

Logische Voraussetzung für die Sektorenkopplung zugunsten des Mobilitätssektors ist die Entwicklung und Stärkung der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität. Diese fächert sich, gestützt durch ein staatliches Förderprogramm in Deutschland, immer weiter auf. Akzeptanzfragen werden sich aber gerade auch in diesem Bereich in den kommenden Jahren stellen, so u.a. mit Blick auf den Preis für den Ladestrom der E-Fahrzeuge. Hier herrscht eine große Vielfalt an Tarifmodellen, die von Verbraucherschützern als intransparent beklagt wird. Es bestehen große Preisunterschiede und die Mehrheit der Tarife liegen über dem durchschnittlichen Haushaltsstrompreis von rund 29 Cent/kWh. Laut einer Untersuchung im Auftrag des Ökostromanbieters Lichtblick vom Sommer 2018 reichen die Preise von kostenlosen Angeboten, so bei den Stadtwerken Leipzig und Rhein Energie, bis zu knapp 54,5 Cent/kWh bei EnBW.

## Faktoren sozio-politischer Akzeptanz

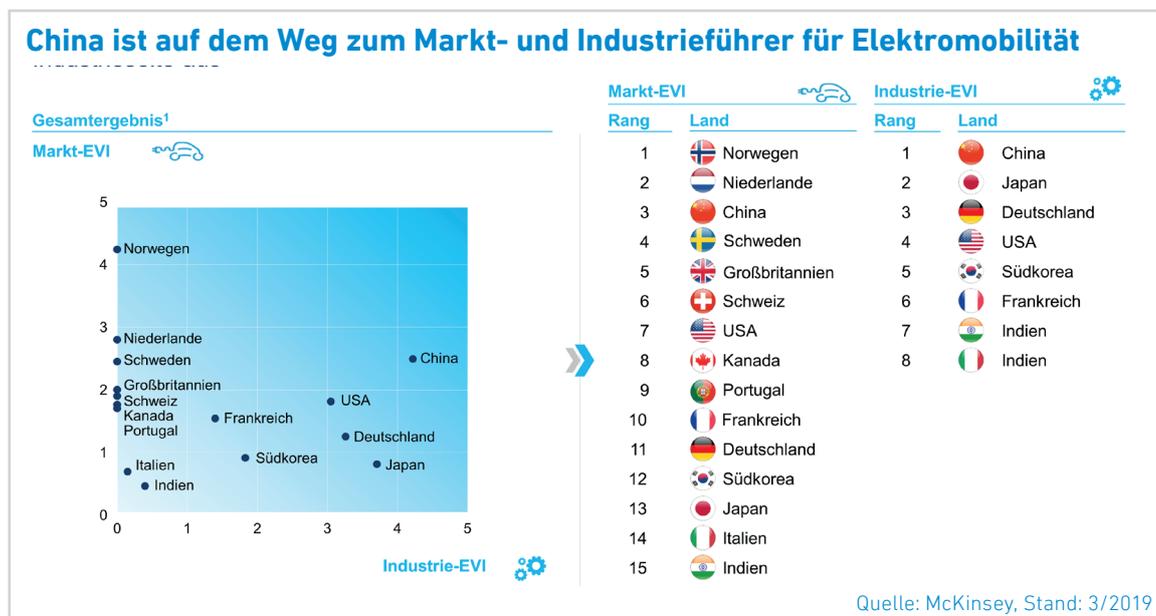
Mit Blick auf die sozio-politische Akzeptanz der Elektromobilität sind zum einen umweltpolitische Faktoren und zum anderen volkswirtschaftliche Erwägungen zu nennen. Wie bereits erwähnt genießt die Elektromobilität entscheidende Vorteile zur Verringerung der Luftverschmutzung. In Sachen Umweltschutz werden mit dem zunehmenden Absatz der Fahrzeuge aber auch vermehrt kritische Töne laut. So wird nach der Klimabilanz der Batterieproduktion und nach den Herausforderungen

<sup>26</sup> AEE 2018.

beim Recyclen der Batterien gefragt. Eine aktuelle Studie der Agora Verkehrswende zeigt, dass ein E-Fahrzeug im Vergleich zu einem Benziner der Mittelklasse rund 60.000 km fahren muss, um den höheren Treibhausgasausstoß der Produktion auszugleichen. Nach 150.000 km entstünden ein Viertel weniger klimaschädlicher Gase. Dabei wird der politisch vereinbarte Ausbaupfad der Erneuerbaren Energien unterstellt. Kleinere Fahrzeuge führen den Klimavorteil schon nach 40.000 km heraus<sup>27</sup>. Das aus Umwelt- und Klimaschutzgründen gebotene Maßhalten bei der Größe der Batterien ist allerdings angesichts des anhaltenden SUV-Trends eine Herausforderung.

Durch den Einsatz Erneuerbarer Energien bei der Batterieproduktion ließe sich deren Klimabilanz entscheidend verbessern. Zu hinterfragen ist auch die Stromnutzung im E-Auto. Kommt der Strom nicht aus Erneuerbaren Energien, ist der Klimagasausstoß eines E-Autos immer noch erheblich. Angesichts des aktuellen Ausbautempos von Wind- und Solarstromanlagen besteht die Gefahr, dass der zusätzlich Strombedarf durch die verstärkte Nachfrage nach E-Autos unter dem Strich nicht aus zusätzlichen regenerativen Quellen stammen wird. Trotzdem gelten die E-Autos laut den Regularien der Europäischen Union als emissionsfrei. Ein beschleunigter Ausbau der Erneuerbaren Energien ist erforderlich, damit E-Autos dieser Einsortierung auch gerecht werden können.

Auf der sozio-politischen Ebene spielt für die Akzeptanz der E-Mobilität im Automobilland Deutschland auch die Frage der Wertschöpfung eine große Rolle. Die Batterieproduktion ist hier bislang nicht angesiedelt. Die Batterien werden größtenteils aus Japan, Südkorea und China importiert. Das soll sich ändern. Das Bundeswirtschaftsministerium strebt an, Deutschland als führenden Standort im Rahmen der Europäischen Batterieallianz zu etablieren. Dafür stellt das Bundeswirtschaftsministerium bis 2022 Fördergelder in Höhe von einer Mrd. Euro zur Verfügung. Bis März 2019 haben mehr als 30 Unternehmen Interesse bekundet, in Batteriefabriken zu investieren – u.a. VW, BASF, BMW und der Batteriehersteller Varta. Neue Fabriken sollen auch in den Braunkohleregionen in Ostdeutschland entstehen, um so auch nach dem Kohleausstieg Wertschöpfung in der Region halten zu können.



In der Industrie sind die Gefahren, den Trend zur Elektromobilität zu verpassen, erkannt. So verkündete VW-Chef Herbert Diess im März 2019 eine radikale Wende hin zur Elektromobilität. Er wolle schnell eine kritische Masse an bezahlbaren Elektroautos schaffen. Denn die Verkehrswende gelinge nicht, wenn elektrische Antriebe nur im Premiumsegment zum Einsatz kommen. Von der Angebotsseite schneidet

<sup>27</sup> Agora Verkehrswende 2019.

Deutschland im internationalen Vergleich noch relativ gut ab. Im E-Mobilitätsranking der Unternehmensberatung McKinsey von 2019 ist Deutschland im Industrieranking auf Platz 3 hinter China und Japan, und vor den USA, Südkorea und Frankreich. Anders sieht es jedoch aus der Nachfrageperspektive aus. Bei der Marktattraktivität bekleidet Deutschland nur einen bescheidenen elften Rang. Führend darin, Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen, sind Norwegen, die Niederlande und China.

China hat im März 2019 angekündigt, die Förderung der Elektromobilität deutlich zu kürzen und Subventionen nur noch auf Fahrzeuge mit größerer Reichweite zu konzentrieren. Es werden nur noch Elektroautos mit einer Reichweite von mindestens 250 km statt wie bislang 150 km gefördert. Das Fördervolumen sinkt um etwa ein Drittel. Nach 2020 soll das Programm auslaufen. Dadurch soll der Druck auf die Autobauer erhöht werden Innovation voranzutreiben und die Qualität zu verbessern, um schließlich im internationalen Wettbewerb hochwertige Fahrzeuge anbieten zu können. Die staatliche Unterstützung soll in Zukunft stärker in die Infrastruktur fließen, nicht mehr in die Fahrzeuge.

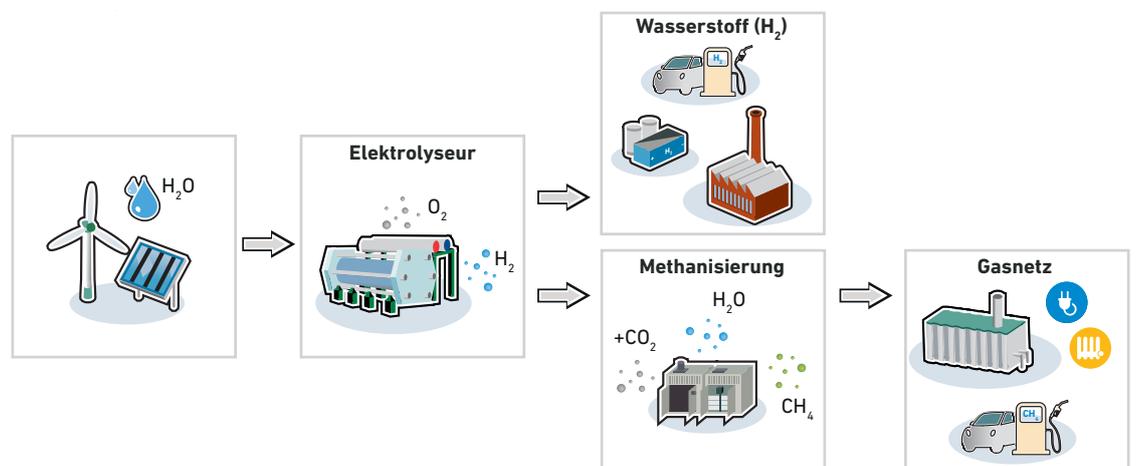
## 1.6 ANTRIEBSWENDE MIT BRENNSTOFFZELLE

Während China bei der Elektromobilität momentan einer der Taktgeber ist, hatten Japan und Südkorea mit Toyota, Honda und Hyundai beim Thema Brennstoffzelle lange die Nase vorn, wobei das Honda-Modell nicht in Deutschland angeboten wird. Japan will die Olympischen Spiele 2020 in Tokio nutzen, um für die Wasserstofftechnik „Made in Japan“ zu werben. Schon heute gibt es mehr als 100 Wasserstofftankstellen in Japan. Bis 2020 sollen es 160 werden. Mit dem Mercedes GLC F-Cell, dem BMW 5 GT FCEV, dem Audi A7 h-tron quattro und dem Kangoo ZE H2 sind mittlerweile auch vier europäische Modelle am Markt. Brennstoffzellen-Fahrzeuge sind aber bisher noch teuer. Die Neupreise der Brennstoffzellenfahrzeuge liegen etwa um das Dreifache über dem Preis eines vergleichbaren Verbrenners derselben Hersteller. Der Mercedes GLC F-Cell, der weltweit erstmalig die Brennstoffzellen- und Batterietechnik zu einem Plug-in-Hybrid kombiniert, hat noch keinen Listenpreis. Er ist weder zu ver-

### Power-to-Gas:

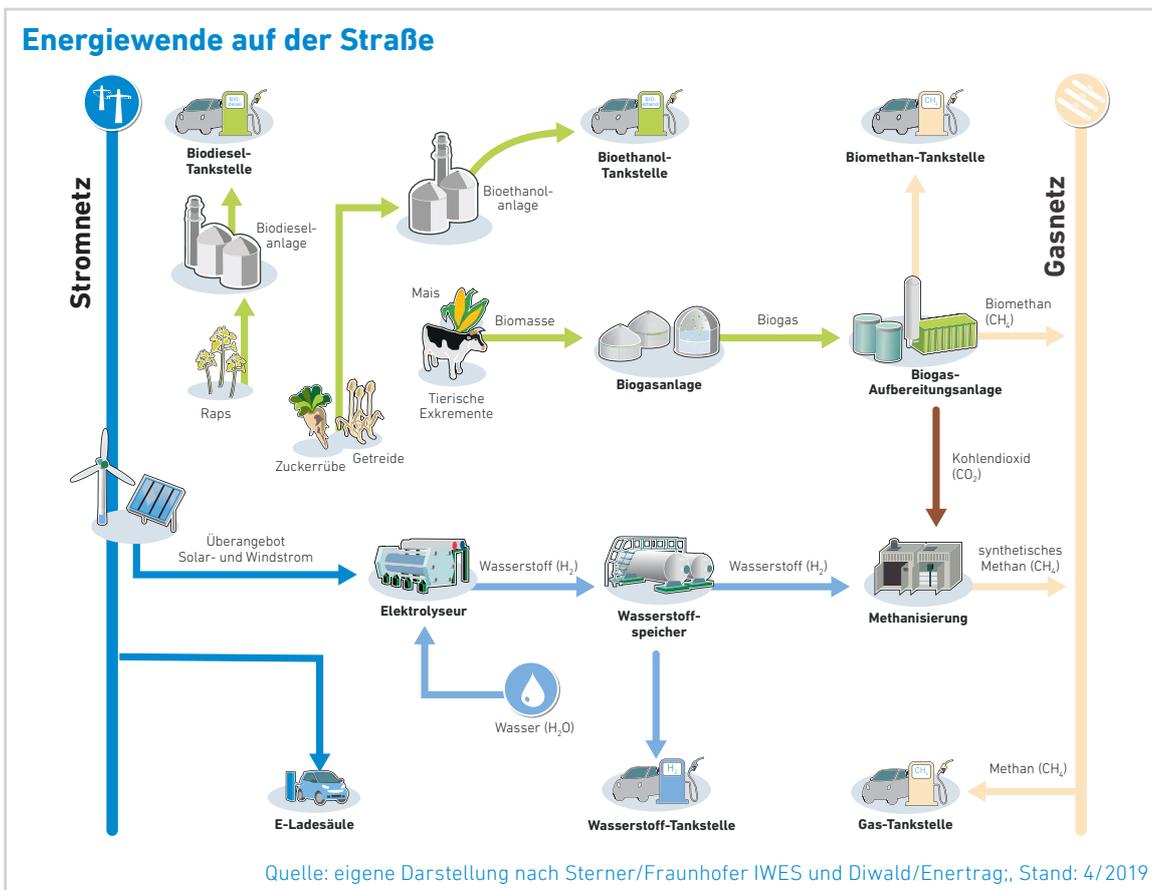
#### So unterstützt Gas aus erneuerbarem Strom die Wärme- und Verkehrswende

**Strom aus Wind- und Solarenergie, der nicht direkt verbraucht werden kann, kann zur Produktion von Wasserstoff mittels Elektrolyse verwendet werden. Wasserstoff kann durch Zugabe von Kohlendioxid zu Methan weiter veredelt werden. Diese Gase können als Kraftstoff für Wasserstoff- oder Gasfahrzeuge, als Energiequelle in Blockheizkraftwerken und Brennstoffzellen zur Produktion von Strom und Wärme oder auch als Rohstoff in der Industrieproduktion dienen.**



Quelle: eigene Darstellung

kaufen noch zu leasen. Kunden können ihn nur mieten. Die Marktakzeptanz lässt aufgrund der hohen Anschaffungskosten noch zu wünschen übrig. Als möglicher Einstieg in die Welt der Brennstoffzelle könnte das Carsharing attraktiv werden: Der Fahrdienst CleverShuttle bietet E-Fahrzeuge wie auch Wasserstofffahrzeuge an und tritt in den deutschen Großstädten Berlin, Hamburg, München, Leipzig, Frankfurt a.M., Stuttgart und Dresden auf. Der Münchener Anbieter BeeZero, der ganz auf Wasserstoff gesetzt hatte, musste im Jahr 2018 seinen Betrieb einstellen. Beim Wasserstoff stellt sich wie bei der batteriebetriebenen Elektromobilität die Frage nach der Herkunft der Energie. 60 Wasserstofftankstellen gibt es derzeit in Deutschland. Innerhalb der Clean Energy Partnership (CEP) stammt mindestens die Hälfte des Wasserstoffs aus regenerativer Erzeugung. Die Zahl der Wasserstofftankstellen soll sich nach und nach auf 400 erhöhen. Neben dem hohen Preis der Pkw ist die dünne Infrastruktur ein großes Hindernis für den Durchbruch der Brennstoffzellentechnologie.



Was spricht also für die Brennstoffzellen-Pkw? Stammt der Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen, so fährt der Wagen emissionsfrei. Beim Aufladen ist der Brennstoffzellen-Pkw einem batteriebetriebenen Elektromobil überlegen. Das „Auftanken“ dauert nur wenige Minuten. Eine wichtige Akzeptanzhürde für die Elektromobilität entfällt bei der Brennstoffzelle und könnte den Verbraucherzuspruch erhöhen. Zudem ist die Gewinnung von Wasserstoff aus Wind- und Solarstrom in Zeiten eines witterungsbedingt hohen Angebots an Ökostrom energiewirtschaftlich interessant: Im Jahr 2017 musste Strom aus Erneuerbaren Energien im Umfang von 5,5 Mrd. kWh abgeregelt werden. Dadurch könnten rund 100.000 t Wasserstoff aus Elektrolyse erzeugt werden. Bei einem Verbrauch eines Brennstoffzellen-Pkw von etwa 1 kg Wasserstoff pro 100 km und einer jährlichen Fahrleistung von 14.000 km könnten dadurch mehr als 700.000 Autos betrieben werden. Bisher wird Wasserstoff aber hauptsächlich aus der Reformierung von fossilem Erdgas gewonnen oder er fällt als Nebenprodukt der chemischen Industrie an.

## 1.7 KRAFTSTOFFWENDE VORANBRINGEN

Die Antriebswende allein kann keine vollständige Umstellung auf erneuerbare Mobilität bringen. Denn in einigen Schlüsselbereichen, so im Flugverkehr, in der Schifffahrt, aber auch im Schwerlastverkehr werden Kohlenwasserstoffe als Kraftstoffe wegen ihrer hohen Energiedichte auch künftig stark nachgefragt sein. Hier sind Biokraftstoffe oder synthetisch hergestellte Kraftstoffe das Mittel der Wahl, sei es in flüssigem oder gasförmigem Zustand.

In einigen Bereichen, so u.a. im Schiffsverkehr, könnte Gas aus biogenen Quellen oder aus synthetischer Herstellung künftig zunehmend Bedeutung gewinnen. So werden zunehmend Dual-Fuel-Motoren, die mit Diesel und Gas betrieben werden können, eingesetzt. Angesichts der verstärkten Bemühungen um bessere Luft in den Städten könnte Biomethan auch in Pkw zunehmend an Bedeutung gewinnen. So stoßen Gasfahrzeuge weniger Stickoxid und Feinstaub aus als Benzin oder Dieselfahrzeuge. Einige Hersteller, wie Audi, Mercedes, VW, Opel, Seat oder Fiat haben ihre Modellpalette an Gasfahrzeugen erweitert. Biokraftstoffe leisten heute den mit Abstand größten Beitrag Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor, sowohl in Deutschland als auch in der Europäischen Union. Angesichts des anhaltenden Trends zu immer größeren Fahrzeugen, konnte ihr begrenzter Beitrag bislang aber nicht den zunehmenden Treibhausgasausstoß des Verkehrssektors aufhalten.

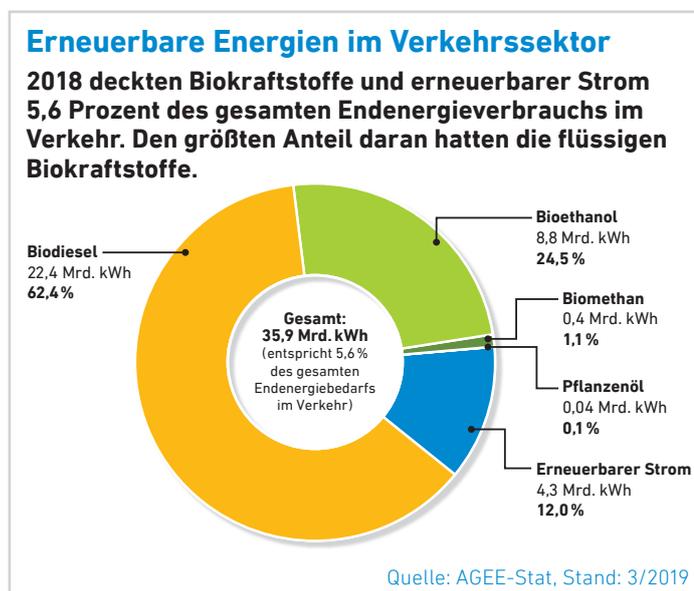
### 4.4.1 POTENZIAL VON BOKRAFTSTOFFEN NUTZEN

Für die Herstellung heute verfügbarer Biokraftstoffe bedient man sich Pflanzenstärke, um deren Zucker für die Bioethanolherstellung zu nutzen oder man greift auf Ölpflanzen wie Rapssaat zur Produktion von Pflanzenöl als Rohstoff für die Biodieselproduktion zurück. Eine weitere Option ist Biomethan als

gasförmiger Kraftstoff. Für all diese Produkte sind Energiepflanzen ein wichtiger Rohstoff. Reststoffe, Abfälle und Co-Produkte tragen ebenfalls zum heutigen Produktionsvolumen bei, so z.B. Biodiesel aus Altspeisefetten oder Biogas aus Stroh. Trotz Rückschlägen hat die Bioenergie für den Energie-, ebenso wie für den Agrarsektor, an Bedeutung gewonnen. Die Förderpolitik Europas konzentriert sich für die Zukunft vor allem auf Reststoffe und so genannte fortschrittliche Biokraftstoffe.

Die Rolle von Biokraftstoffen für nachhaltige Mobilität auf der Straße ist umstritten. Mit einer Phase der

Euphorie zum Beginn des Jahrtausends, für den stellvertretend der Ausspruch der ehemaligen Bundeslandwirtschaftsministerin Renate Künast stehen mag, die Landwirte seien die „Ölscheichs von morgen“, ging ein Boom der Branche einher. Kritik an angenommenen und befürchteten Fehlentwicklungen ließ nicht lange auf sich warten, so seitens Nichtregierungsorganisationen. Immer wieder wurden und werden Befürchtungen laut, der Anbau von Energiepflanzen könnte zu direkten oder indirekten Land-

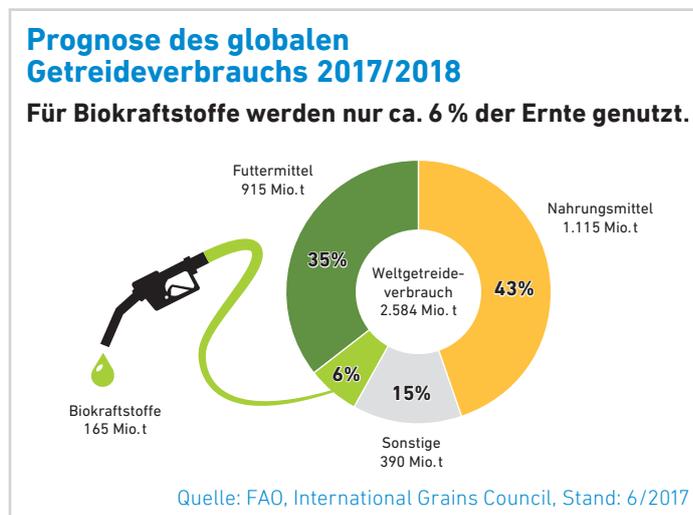


nutzungsänderungen (indirect land use change – iLUC) in Übersee führen. Die von Misstönen begleitete Markteinführung von Ottokraftstoff mit einem maximal zehnpromigen Anteil von Bioethanol (E10) sorgte in Deutschland Anfang 2011 für weitere Kratzer am Biokraftstoff-Image. Auf die Befürchtungen um den Umweltschutz reagierten Branche und Politik. Ebenfalls 2011 wurden in Deutschland die EU-Standards zur Nachhaltigkeitszertifizierung von Biokraftstoffen umgesetzt. Dreh- und Angelpunkt sind steigende Anforderungen an die Treibhausgasvermeidung von in der Europäischen Union vermarkteten Biokraftstoffen. So sind beispielsweise Urwaldrodungen für nachhaltig erzeugte Biokraftstoffe tabu. Doch über den Hebel iLUC gibt es weiter Kritik an der Biokraftstoffnutzung in Europa. Mit ihrem Beschluss zur Begrenzung des Anteils von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse im fossilen Kraftstoff auf sieben Prozent der im Verkehr eingesetzten Energie reagierte die Europäische Union 2015 abermals auf Kritik von Nichtregierungsorganisationen, die im Zuge der Tank-Teller-Debatte nachteilige Einflüsse von Biokraftstoffen auf Ernährungssicherung und den Zustand von Kulturlandschaften befürchteten. Dieser Anteil von sieben Prozent ist bei weitem nicht ausgeschöpft. Allerdings soll der Anteil von Biokraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wie Raps oder Energiegetreide von gegenwärtig sieben Prozent bis 2030 sinken und dafür Kraftstoffe aus Reststoffen eingesetzt werden (s.o.). Dabei bringen diese Biokraftstoffe der zweiten Generation (2G) nicht unbedingt einen Klimaschutzvorteil gegenüber Kraftstoffen aus Anbaubiomasse (1G). Eine Analyse der Technischen Universität Hamburg von 2018 hat ergeben, dass die Klimagaseinsparungen der 2G-Kraftstoffe sogar niedriger sein können als 1G. Denn die Biokraftstoffproduktion finde nicht isoliert statt, sondern sei in den Futtermittelmarkt eingebunden. Wenn Biokraftstoffe aus Reststoffen Kraftstoffe aus Anbaubiomasse ersetzen, dann müsste der Futtermittelbedarf der deutschen Nutztierhaltung aus anderen Quellen gedeckt werden. Wird beispielsweise Soja aus Südamerika importiert, würden im Vergleich zu deutschen Proteinpflanzen sogar mehr Emissionen freigesetzt<sup>28</sup>.

Das steht im Kontrast zu heutigen Potenzialen. Im Jahr 2020 könnten 13 Prozent des gesamten Kraftstoffverbrauchs in Deutschland durch den Anbau heimischer Ackerpflanzen gedeckt werden. Dafür müssten 2,7 Mio. Hektar Anbaufläche für Energiepflanzen zur Verfügung gestellt werden<sup>29</sup>. Zur Erfüllung des 14-Prozent-Ziels bis 2030 stehen zudem Biokraftstoffe aus Reststoffen und E-Fahrzeuge bereit. Die politische Realität mit der Beschränkung der

Verwendung von Biokraftstoffen sieht anders aus. Die Entwicklung der Branche ist ein Spiegel der entstandenen politischen Unsicherheit. Bei steigenden Verkäufen fossiler Kraftstoffe konnte sich in Deutschland der Absatz von Biokraftstoff in den vergangenen Jahren nur knapp behaupten. Die realistisch erschließbaren Potenzialen werden mit den neuen Zielen und Beschlüssen zu deren Umsetzung auch im Jahr 2030 voraussichtlich noch nicht erschlossen.

Dem steht eine mittlerweile hohe Akzeptanz von Biokraftstoffen gegenüber. Laut einer u.a. vom Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie (VDB) 2016 beauftragten Infratest-Studie bewerten rund zwei Drittel der deutschen Bevölkerung Biokraftstoffe positiv<sup>30</sup>. Zur Begründung für ihre positive

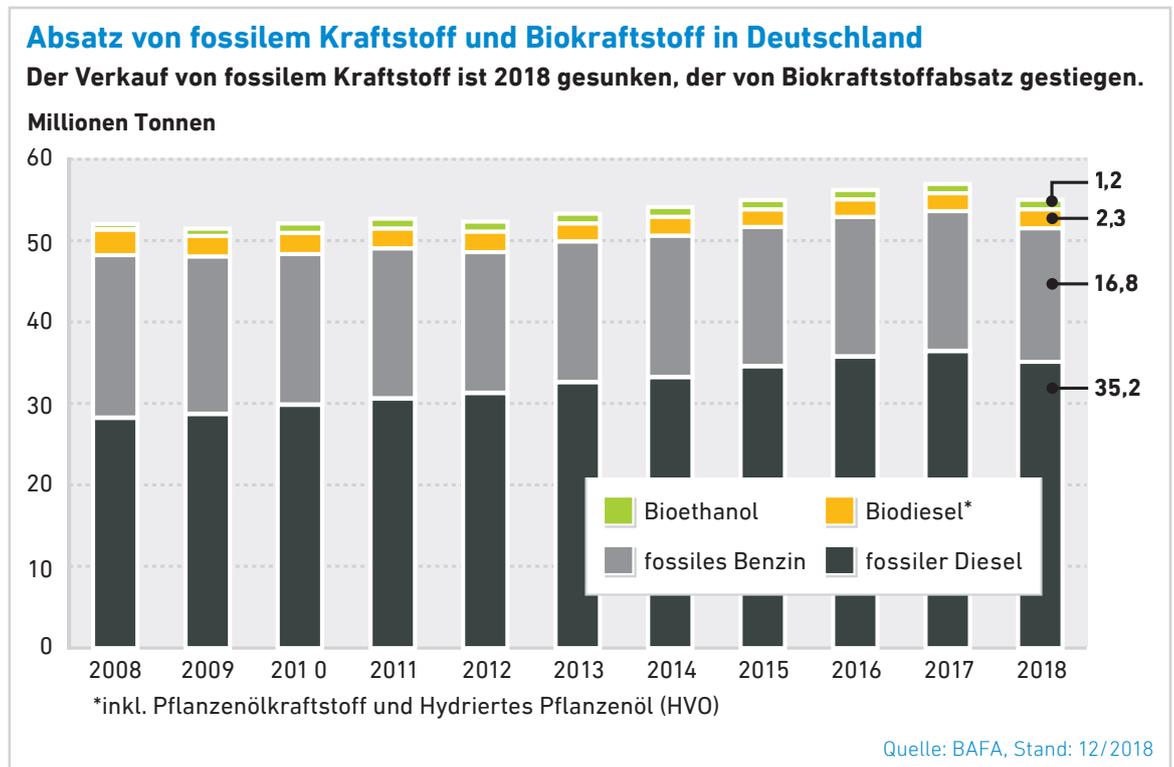


<sup>28</sup> Top Agrar 2018.

<sup>29</sup> Agentur für Erneuerbare Energien 2013.

<sup>30</sup> VDB et al. 2016.

Grundhaltung gaben diese Personen den Beitrag der Biokraftstoffe zur Umweltschonung an. Ähnliche Ergebnisse erbrachte eine von EuroPulse im Auftrag des Bioethanol-Branchenverbandes ePure durchgeführte Umfrage unter mehr als 11.000 EU-Bürgern im Frühjahr 2017. Demnach waren knapp 70 Prozent der Teilnehmer der Auffassung, dass konventionelle Biokraftstoffe unterstützt werden sollten, während sich nur 15 Prozent dagegen aussprachen. Mehr als zwei Drittel der Befragten sprachen sich dafür aus, Biokraftstoffe aus Energiepflanzen politisch zu unterstützen.



Während flüssige Biokraftstoffe heute großflächig in die Beimischung zum fossilen Diesel und Otto-Kraftstoff wandern, befürwortet die Branche für die Zukunft einen gezielteren Einsatz der biogenen Kraftstoffe in bestimmten Anwendungsbereichen, in denen eine Elektrifizierung nach heutigem Stand kaum zu erwarten ist. Schwerlast- und Flugverkehr sind in diesem Zusammenhang zu nennen, ebenso wie der Einsatz von Biodiesel und Pflanzenölkraftstoff in der Landwirtschaft. Biokraftstoffe würden dort eingesetzt, wo die Antriebswende mit Elektromobilität nicht effizient zum Tragen kommt. Schon heute sind z.B. Beimischungen von 20 Prozent bzw. 30 Prozent Biodiesel auf Basis entsprechender Kraftstoffnormen möglich. Eine ganze Reihe von Herstellern hat für höhere Beimischungen Freigaben erteilt. So zum Beispiel die Deutz AG: Das Unternehmen aus Köln hat für wichtige Motoren, die Traktorenherstellern zugeliefert werden, im November 2017 die Freigabe für die Nutzung von 100 Prozent Biodiesel und anderen alternativen Kraftstoffen erteilt.

#### 4.4.2 SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE MIT HOFFNUNGEN VERBUNDEN

Neben Biokraftstoffen sind synthetisch hergestellte, erneuerbare Kraftstoffe (Power-to-Liquid, PtL) eine Option für klimaschonende Mobilität auf der Straße, die mit der Nutzung heutiger Infrastruktur einhergeht. Nicht zuletzt Kritiker konventioneller Biokraftstoffe sehen in PtL eine viel versprechende Option zur Dekarbonisierung von Mobilitätsbereichen, die schwer elektrifizierbar sind.

Kritisch wird indes der hohe Energiebedarf bei der Produktion synthetischer Kraftstoffe gesehen. So zeigt eine Metaanalyse der Agentur für Erneuerbare Energien, dass sich die Stromnachfrage in Deutschland gegenüber dem heutigen Niveau verdoppeln könnte, wenn der Fokus auf im Inland erzeugte synthetische Kraftstoffe gelegt wird<sup>31</sup>. Viele Szenarien gehen deshalb davon aus, dass der Einsatz synthetischer Kraftstoffe auf bestimmte Anwendungsbereiche wie die Luftfahrt beschränkt wird. Außerdem wird in maßgeblichen Studien davon ausgegangen, dass sich bei einer stärkeren Nutzung synthetischer Kraftstoffe ein erheblicher Teil importiert werden müsste<sup>32</sup>. Ein klassisches Argument für die Akzeptanz Erneuerbarer Energien – Versorgungssicherheit durch heimische Produktion und Wertschöpfung vor Ort – kommt für synthetische Kraftstoffe damit nur teilweise zum Tragen.

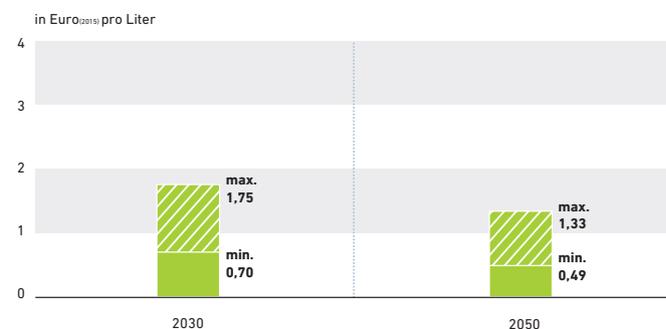
Angesichts des frühen Stadiums, in dem sich die Produktion synthetischer Kraftstoffe aus Wind- oder Solarstrom befindet, sind die Prognosen zu den Preisen noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Eine Studie der Agora Verkehrswende vom Frühjahr 2018 rechnet anfänglich mit Preisen von 20 bis 30 Cent/kWh. Bis 2050 könnten die Preise auf unter 10 Cent/kWh sinken<sup>33</sup>. Eine Studie vom Herbst 2017 rechnet mit langfristigen Preisen von 5,2 bis 13,9 Cent/kWh (0,49 bis 1,33 Euro/l)<sup>34</sup>. Damit lägen die Preise synthetischer Kraftstoffe im optimistischsten Fall auf einem ähnlichen Niveau wie die heutigen reinen Produktpreise fossiler Kraftstoffe (ohne Steuern).

Die CO<sub>2</sub>-Neutralität der Produktion synthetischer Kraftstoffe ist nur gewährleistet, wenn der Strom aus Erneuerbaren Energien stammt. Zum anderen ist die CO<sub>2</sub>-Quelle wichtig, welche zur Herstellung künstlicher Kohlenwasserstoffe notwendig ist. Als relativ günstige treibhausgasneutrale CO<sub>2</sub>-Quelle würden sich Biogasanlagen anbieten. Klimaschonend wäre auch die Gewinnung des Kohlenstoffs aus Industrieprozessen. Die Potenziale sind hier aber begrenzt. In großem Maßstab kommt deshalb nur die CO<sub>2</sub>-Absorbierung aus der Atmosphäre in Frage. Diese Lösung ist allerdings die teuerste.

Regulatorisch werden synthetische Kraftstoffe derzeit durch eine relativ starke Belastung von Strom gegenüber anderen Energieträgern zusätzlich verteuert. Mit langfristig erheblichen Mengen an synthetischen Kraftstoffen im deutschen Verkehrssektor rechnen verschiedene Szenarien des Umweltbundesamtes sowie eine vom Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) im Januar 2018 herausgebrachte Studie (s. Grafik auf S. 16: Szenarien zum Endenergieverbrauch im Verkehrssektor). Die BDI-Studie geht zugleich davon aus, dass der Beitrag von Biokraftstoffen zur Versorgung des Verkehrssektors sich langfristig etwa auf dem heutigen Niveau behaupten kann.

### Bandbreite künftiger Erzeugungskosten strombasierter synthetischer Kraftstoffe (Power-to-Liquid)

Flüssige Energieträger auf Basis von Strom aus Wind- und Solarenergie könnten für die Energiewende, vor allem im Straßenverkehr, eine wichtige Rolle spielen.



Quelle: Prognos / DBFZ / Fraunhofer UMSICHT, Stand: 10/2017

31 AEE 2019.

32 Vgl. AEE-Metaanalyse zur Rolle erneuerbarer Gase in der Energiewende 2018.

33 Agora Verkehrswende 2018.

34 Prognos et al. 2017.

## 5 FAZIT

Die Energiewende ist noch nicht auf der Straße angekommen, in den Köpfen vieler Menschen aber schon, wie Studien und Umfragen belegen. Notwendig ist ein beschleunigter Wandel unserer Mobilität zugunsten von Mensch und Umwelt. Die Energiewende auf der Straße sollte nicht nur für den Klimaschutz, sondern auch im Interesse der Lebensqualität stattfinden. Denn ohne Energie- und Verkehrswende wird die konventionelle Mobilität immer teurer: Im Jahr 2018 summierte sich die Gesamtlänge der Verkehrsstaus in Deutschland auf 1,53 Millionen Kilometer. Und jedes Jahr wächst die Zahl. Jeden Tag ergibt sich in Deutschland eine Autoschlange von 4.200 km<sup>35</sup>. Eine Studie aus dem Jahr 2018 kommt zu dem Ergebnis, dass sich die gesamtgesellschaftlichen Kosten der Staus durch Zeitverluste, Kraftstoffmeherverbräuche, Mehremissionen sowie indirekte Effekte auf jährlich 80 Mrd. Euro summieren<sup>36</sup>. Viele Entwicklungen im Straßenverkehr gehen ungeachtet aller Beteuerungen der Autoindustrie momentan in die falsche Richtung. Unabhängig von künftigen etwaigen Einschränkungen für den Autoverkehr werden die Chancen einer Verkehrswende für den Standort Deutschland kaum diskutiert. Dabei haben wissenschaftliche Untersuchungen ergeben, dass der Schienenverkehr auch im Sinne positiver volkswirtschaftlicher Effekte der Straße überlegen ist. So ergab eine Studie der TU Dresden, dass sich ein starker Ausbau der Straßeninfrastruktur nicht beschäftigungserhöhend auswirkt. Die Erhöhung der Erreichbarkeit im Schienenverkehr hatte in Ballungsräumen im Westen Deutschlands hingegen positive Effekte<sup>37</sup>.

Eine Energiewende im Verkehrssektor ist angesichts des derzeit steigenden Ausstoßes an Klimagasen zwingend erforderlich. Die Vorstellung der Antriebs- und Kraftstoffpfade, die sich für die Energiewende auf der Straße anbieten, zeigt, dass die verschiedenen Energieträger und Technologien sich ergänzen können, teilweise aber auch in Konkurrenz zueinander treten könnten. Der alleinige Fokus auf den Einsatz Erneuerbarer Energien ist kein Garant für deren Erfolg. Denn ohne eine Änderung des Mobilitätsverhaltens droht deren Einsatz zu verpuffen. So trugen 2018 Biokraftstoffe insgesamt 7,7 Mio. t an THG-Vermeidung bei. Gleichzeitig konnte dies nicht den Trend zu einer nochmaligen Erhöhung des Mineralölabsatzes umkehren. Es ist daher Zeit, die Energiewende auf die Straße zu bringen: mit einer Kraftstoffwende ebenso wie mit einer Antriebswende.

35 ADAC 2019.

36 Inrix 2018.

37 TU Dresden 2014.

## 6 LITERATUR

ADAC: Staubilanz 2018. München, 2019.

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (AEE):

Criticism of biofuels – checking the facts. Berlin, 2013.

Die Energiewende auf die Straße bringen. Wie sehen es die Menschen in Deutschland? Berlin, 2018.

Die Rolle erneuerbarer Gase in der Energiewende. Berlin, 2018.

Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin, 2013.

Renews Spezial Ausgabe 71. Energiewende im Verkehr. Potenziale für erneuerbare Mobilität. Berlin, 2014.

Strom und strombasierte Kraftstoffe für den Verkehr. Berlin, 2019.

AGORA VERKEHRSWENDE:

Klimabilanz von Elektroautos. Berlin, 2019.

Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Berlin, 2018.

AUSFELDER, FLORIAN ET AL.: Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. Sektorkopplung – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems. München, 2017.

BDEW: Zahl der Woche / Für 41 Prozent der Deutschen wäre der Umweltschutz das stärkste Argument für die Anschaffung eines E-Autos. 29. März 2019.

- BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE):** Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2017. Bonn, 2018.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (BMUB), UMWELTBUNDESAMT (UBA):** Umweltbewusstsein in Deutschland 2016, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung. Berlin/Dessau, 2017.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI):** Verkehr in Zahlen 2018/2019. Hamburg, 2018.
- BUNDESVERBAND CARSHARING:** CarSharing Statistik 2019.
- BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (BDI):** Klimapfade 2050. Berlin, 2018.
- DEUTSCHE INDUSTRIE- UND HANDELSKAMMER:** Autonomes Fahren – Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungenanalyse. Köln, 2018.
- DEUTSCHE UMWELTHILFE:** Carsharing – umweltfreundlich oder nicht? Berlin, 2019.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY:** Progress of EU transport sector towards its environment and climate objectives. 2019.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION:** Special Eurobarometer 459. Climate change. 2017.
- EXPERTENKOMMISSION ENERGIE DER ZUKUNFT:** Stellungnahme zum sechsten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2016. Berlin u.a. 2018.
- FISCHEDICK, MANFRED, GRUNEWALD, ARMIN (HRSG.):** Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. Pfadabhängigkeiten in der Energiewende, Das Beispiel Mobilität. München, 2017.
- FRANKFURTER ALLGEMEINE MAGAZIN, ZITIERT IN FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG VOM 17. AUGUST 2017:** Ein Land der Autofahrer. Abgerufen am 29. Januar 2018
- GREENPEACE, WUPPERTAL INSTITUT FÜR KLIMA, UMWELT, ENERGIE:** Verkehrswende für Deutschland, Der Weg zu CO<sub>2</sub>-freier Mobilität bis 2035. Hamburg, 2017.
- HARTH, MICHAEL:** Zur Analyse der Einstellungs-Verhaltens-Diskrepanz beim Konsum von Bio-Lebensmitteln. Vortrag anlässlich der 57. Jahrestagung der GEWISOLA. September 2017.
- INRIX:** Kosten des Autofahrens. 2018
- INSTITUTE FOR MOBILITY RESEARCH (IFMO):** Autonomous Driving, The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. 2016.
- JOINT RESEARCH CENTER (JRC) INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES:** Measuring Road Congestion. Sevilla, 2012.
- KFW RESEARCH:** Deutschland – Land der Autofahrer: Wie steht die Bevölkerung zur Verkehrswende? 2017.
- NITSCH, JOACHIM:** Was für einen erfolgreichen Klimaschutz erforderlich ist. Schlussfolgerungen aus aktuellen Szenarien der deutschen Energieversorgung. Stuttgart, 2018.
- ÖKO-INSTITUT:** share – Wissenschaftliche Begleitforschung zu car2go mit batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen. Berlin, 2018.
- PROGNOS ET AL.:** Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende. Berlin, 2018.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN:** Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor. Sondergutachten. Berlin, 2017.
- SHELL DEUTSCHLAND:** Shell Wasserstoff-Studie. Energie der Zukunft? Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H<sub>2</sub>. Hamburg, 2017.
- TAGESSPIEGEL:** Deutsche wollen für die Umwelt nicht aufs Auto verzichten. 3. Februar 2019.
- TOP AGRAR:** Neue Biokraftstoffe führen zu höheren Klimagasemissionen. 20. Dezember 2018.
- TU DRESDEN, INSTITUT FÜR WIRTSCHAFT UND VERKEHR:** Regionale Beschäftigungswirkungen von öffentlichen Investitionen in Straßen- und Schieneninfrastruktur. Dresden, 2014.
- UMWELTBUNDESAMT:** Fahrleistung, Verkehrsaufwand und „Modal Split“. Dessau, 2018.
- VERBRAUCHERZENTRALE BUNDESVERBAND:** Verbraucherinteressen in der Energiewende, Ergebnisse einer repräsentativen Befragung. Berlin, 2013.
- VERBAND DER DEUTSCHEN BIOKRAFTSTOFFINDUSTRIE (VDB), (OVID), VERBAND DER ÖLSAATENVERARBEITENDEN INDUSTRIE IN DEUTSCHLAND (OVID), UNION ZUR FÖRDERUNG VON OEL- UND PROTEINPFLANZEN (UFOP):** 69 Prozent der Deutschen bewerten Biokraftstoffe positiv, März 2016.
- VDB: VERKEHR:** Durch „Erneuerbare Energien-Richtlinie II“ droht Stillstand im Klimaschutz. Berlin, 2018.
- VERKEHRSClub DEUTSCHLAND (VCD):** CO<sub>2</sub>-Grenzwert. Berlin, 2019.

