

# RENEWS SPEZIAL

NR. 91 / FEBRUAR 2022

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



AGENTUR FÜR  
ERNEUERBARE  
ENERGIEN  
unendlich-viel-energie.de

## AUTOR

Magnus Doms  
Stand: Februar 2022, aktualisierte Fassung

ISSN 2190-3581

## HERAUSGEGEBEN VON

Agentur für Erneuerbare Energien e. V. EUREF-  
Campus 16  
10829 Berlin  
Tel.: 030 200535 30  
Fax: 030 200535 51  
E-Mail: [kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.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 .....	6
2.3 In Europa und Deutschland: Zaghafte Fortschritte .....	8
<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? .....	11
3.4 Autonom in Richtung Verkehrswende?.....	12
<b>4 Nachhaltige Mobilität auf der Straße: Mit welchen Mitteln? .....</b>	<b>14</b>
4.1 Szenarien zu Energiemix und Energieverbrauch .....	14
4.2 Antriebswende mit Elektromobilität .....	15
4.3 Antriebswende mit Brennstoffzelle .....	18
4.4 Kraftstoffwende voranbringen .....	19
<b>5 Fazit .....</b>	<b>24</b>
<b>6 Literatur .....</b>	<b>25</b>

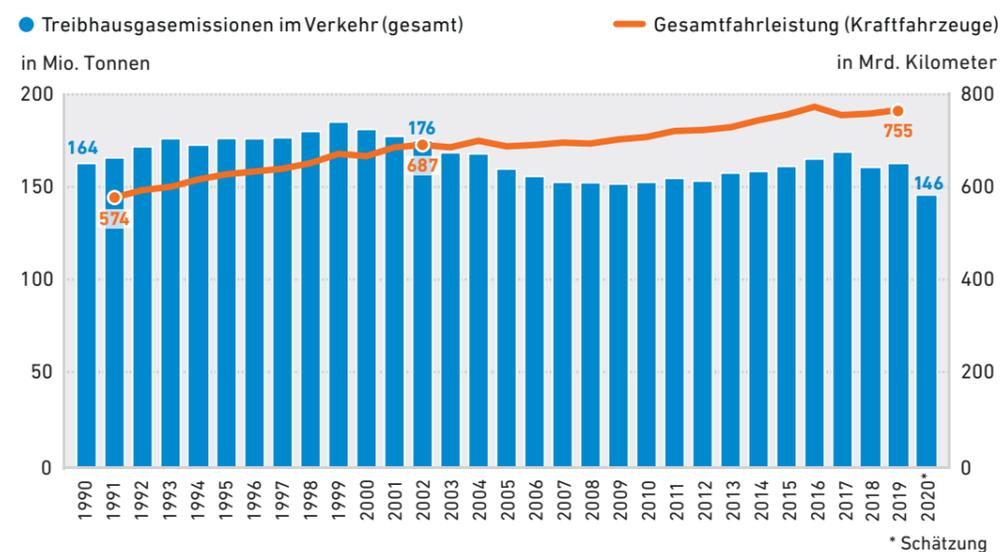
# 1 VERKEHRSWENDE KOMMT NICHT IN DIE SPUR

Der Verkehr ist die Quelle für rund ein Fünftel des Treibhausgasausstoßes in Deutschland und zentral für die Erreichung der klimapolitischen Zielsetzungen. Dennoch ist eine „Verkehrswende“ noch nicht wirklich in Sicht. Die Treibhausgasemissionen im Verkehr sind seit 2010 sogar tendenziell angestiegen. Nur 2020 kam es zu einem signifikanten Rückgang, der aber auf die Corona-Pandemie zurückzuführen ist. Rund 146 Millionen Tonnen (Mio. t) klimaschädlicher Gase wurden ausgestoßen, und somit 19 Mio. t weniger als im Vorjahr. Dennoch erscheinen die Energiewendeziele bezüglich der Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien und der Minderung des Endenergieverbrauchs weiterhin außer Reichweite<sup>1</sup>. Im Jahr 2020 wurden nur zaghafte Fortschritte erzielt. So erhöhte sich der Anteil der Erneuerbaren Energien im Verkehr von 5,6 auf 7,3 Prozent. Der Absatz von Biokraftstoffen stieg von 3,4 auf 4,1 Mio. t. Vor allem die Nachfrage nach Biodiesel zog deutlich an (+32 Prozent). Der Verbrauch an Diesel- und Ottokraftstoff ist im Gegensatz um 2,6 Millionen Tonnen (von 52,3 auf 49,7 Mio. t) gesunken.<sup>2</sup>

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, was die Effekte technischer Verbesserungen zunichtemacht. Deshalb ist eine Kombination aus technologischem Wandel, dem Ausbau Erneuerbarer Energien und der Verkehrsverlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel dringend notwendig. Das Ausbaupotenzial von Biokraftstoffen aus

## Treibhausgasemissionen und Fahrleistung im Verkehr

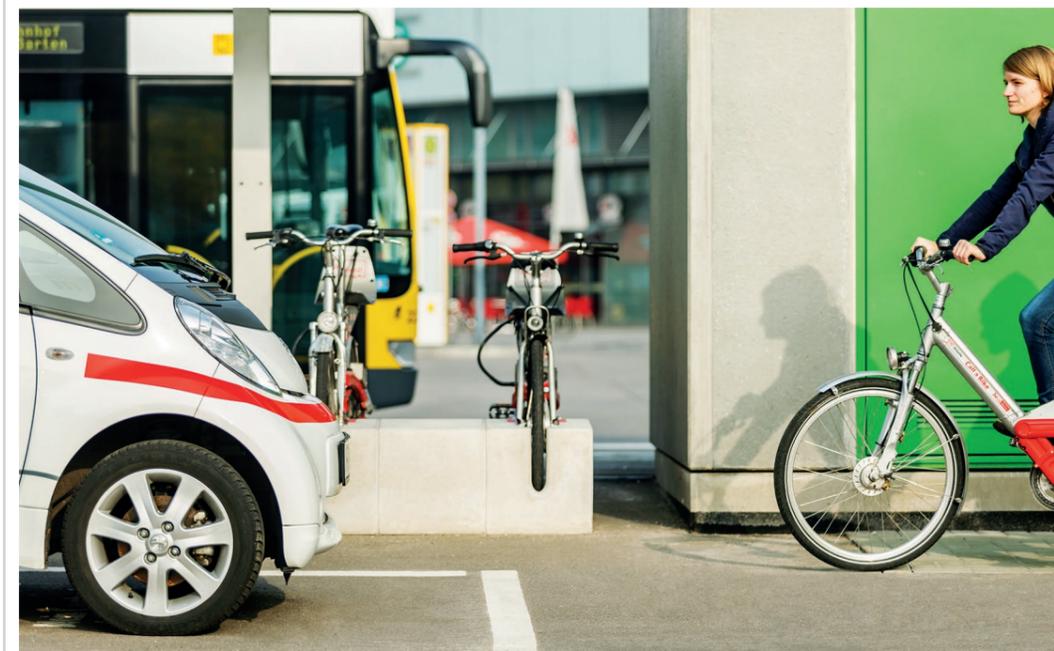
Die Kohlendioxidemissionen im Verkehr hängen neben dem Flottenverbrauch u.a. eng damit zusammen, wie viel die Fahrzeuge auf den Straßen unterwegs sind.



Quellen: UBA, BMVI; Stand: 6/2021

1 Expertenkommission 2021, S. Z-28.  
2 BAFA Mineralölstatistik 2021.

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



Quelle: NOW/Blum

Anbaubiomasse und Reststoffen ist begrenzt. Für den effizienten Einsatz synthetischer Kraftstoffe bestehen noch technische und ökonomische Hürden, da der Wirkungsgrad noch gering und die Produktionskosten hoch sind. Deshalb liegt der politische Fokus im Moment auf der Elektromobilität. Doch der verstärkte Absatz von Elektro-Fahrzeugen muss mit einem zusätzlichen Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung einhergehen, damit die Elektromobilität ihren Klimavorteil voll ausspielen kann.

Dieses Hintergrundpapier nimmt eine Bestandsaufnahme zur Situation der Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor vor und zeigt, wie diese in einem Gesamtkonzept der Verkehrswende eingebettet sind. 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 die Rechtssetzung und die 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 und in der Europäischen Union hinken die Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor hinterher. Die Treibhausgasemissionen im Verkehr summierten sich in Europa im Jahr 2018 auf 1.265 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq, was einem Anteil an den Gesamtemissionen von 29 Prozent entspricht – 1990 waren es noch 17 Prozent. Während die Gesamtemissionen auch in den vergangenen Jahren sanken, ist der Ausstoß klimaschädlicher Gase im Verkehr in den Jahren 2014 bis 2018 gestiegen. Den größten Anteil an den THG-Emissionen im Verkehr hatte der Straßenverkehr mit 71 Prozent der gesamten Emissionen im Verkehr. Die größten Steigerungen verzeichnete aber der Luftverkehr. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen haben sich in diesem Bereich seit 1990 mehr als verdoppelt.

Das Ziel der Europäischen Union, bis 2020 im Verkehrssektor zehn Prozent des Energiebedarfs aus erneuerbaren Quellen zu decken, könnte rechnerisch noch erreicht werden. 2019 betrug der Erneuerbaren-Anteil 8,9 Prozent. Setzt sich allerdings der Trend der Jahre zuvor fort, wird das 10-Prozent-Ziel knapp verfehlt werden. Unter den EU-Mitgliedstaaten haben bisher nur Schweden, Finnland und die Niederlande das Ziel erreicht. Spitzenreiter ist Schweden mit einem Anteil von 30,3 Prozent. Am anderen Ende rangiert Zypern mit einem Anteil von nur 3,3 Prozent Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor. Deutschland liegt in der EU-Statistik mit einem Erneuerbaren-Anteil von 7,7 Prozent im Mittelfeld der Mitgliedstaaten.<sup>3</sup>

Am 14. Juli 2021 verkündete die EU-Kommission das „Fit for 55“-Paket. Das sektorübergreifende Klimaschutzziel für 2030 wurde von 40 Prozent auf 55 Prozent angehoben (gegenüber 1990). Im Verkehrssektor soll der Anteil der Erneuerbaren Energien auf 26 Prozent steigen werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen von neuen Pkw sollen insgesamt bis 2030 gegenüber 2021 um 55 Prozent sinken. Fünf Jahre später sollen Pkw sowie auch leichte Nutzfahrzeuge komplett emissionsfrei sein. Obwohl es nicht explizit so beschlossen wurde, würden diese Vorgaben dennoch de facto das Aus für den Verbrennungsmotor im Pkw-Segment bedeuten. Um den Umstieg auf Elektromobilität und Wasserstoff zu erleichtern, sollen nach dem Willen der Kommission mindestens alle 60 Kilometer E-Ladesäulen sowie alle 150 Kilometer eine Wasserstofftankstelle verfügbar sein. Das Ladesäulennetz soll bis 2030 europaweit auf 3,5 Millionen Ladestationen ausgebaut werden. Wasserstoff, synthetische Kraftstoffe sowie Biodiesel und -ethanol sollen auch in Zukunft zum Einsatz kommen, allerdings nur im Schwerlast-, Flug- und Seeverkehr. Der Anteil von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen soll bis 2030 auf 2,6 Prozent wachsen, der von fortschrittlichen Biokraftstoffen aus Abfall- und Reststoffen auf 2,2 Prozent.

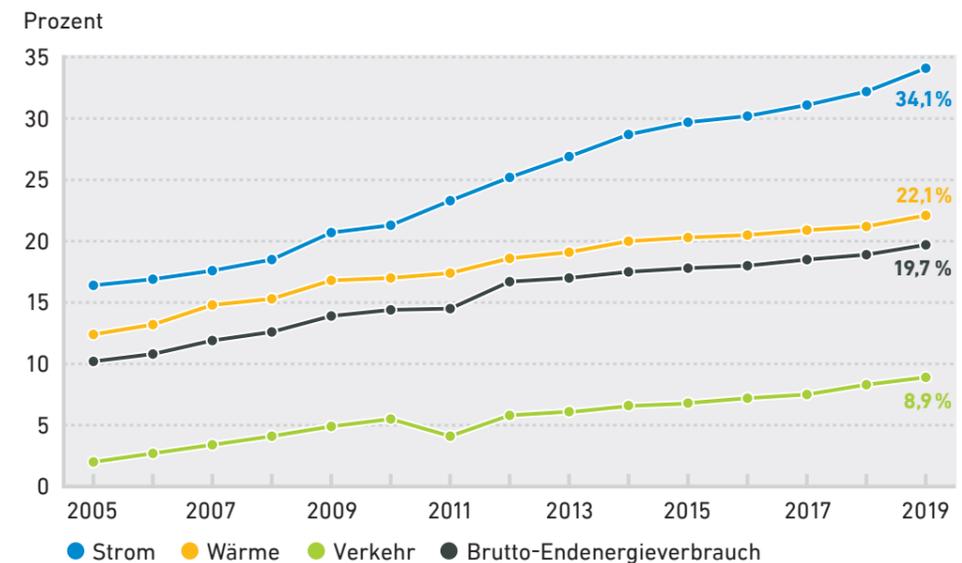
### 2.2 EUROPÄISCHE ZIELE GEBEN DEUTSCHLAND ORIENTIERUNG

Die EU-Vorgaben zum Klimaschutz bis 2030 und darüber hinaus sind eine wichtige Leitplanke für Deutschlands Politik. So auch auf die Vorgabe, 2030 mindestens 26 Prozent des Energiebedarfs im Verkehrssektor aus Erneuerbaren Energien zu decken. Im Mai 2021 hat der deutsche Bundestag die Treibhausminderungsquote beschlossen, die noch die Vorgaben der RED II umsetzt. Die Verpflichtung der Mineralölunternehmen, die Treibhausgasemissionen der von ihnen in Verkehr gebrachten Kraftstoffe

<sup>3</sup> In der deutschen Statistik lag der Anteil der Erneuerbaren Energien im Verkehr im Jahr 2019 bei 5,6 Prozent. Der Unterschied kommt durch eine unterschiedliche Methodik bei der Berechnung zustande.

zu senken, wird von sechs Prozent im Jahr 2020 auf 25 Prozent im Jahr 2030 angehoben. Um diese Vorgaben zu erreichen, müsste der Anteil der Erneuerbaren Energien nach Berechnungen der Bundesregierung auf 32 Prozent steigen. Dadurch würde also auch die von der EU im Juli 2021 von 14 auf 26 Prozent angehobene Zielvorgabe mehr als erfüllt. Mineralölunternehmen müssen also deutlich mehr Erneuerbare Energien einsetzen. Biokraftstoffe leisten hier einen wichtigen Beitrag, um dieses Ziel zu erreichen. Biodiesel auf Basis von Palmöl ist allerdings ab 2023 nicht mehr auf die Quote anrechenbar und soll so vom Markt verschwinden. Ausgebaut werden sollen nur noch die „fortschrittlichen Biokraftstoffe“ aus Abfall- und Reststoffen sowie Wasserstoff und Elektromobilität. Der Anteil von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse (z.B. Raps oder Zuckerrüben) wird beim aktuellen Stand von 4,4 Prozent gedeckelt, Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten bei 1,9 Prozent. Grüner Wasserstoff, der in Raffinerien grauen Wasserstoff ersetzt oder direkt im Straßenverkehr eingesetzt wird, darf doppelt angerechnet werden, der direkte Einsatz von Strom im Straßenverkehr sogar dreifach. Damit der zunehmende Stromeinsatz im Verkehr die Biokraftstoffe nicht aus dem Markt drängt, wird die Quote entsprechend erhöht, wenn die Fortschritte bei der Elektrifizierung die Mindestziele übersteigen. Synthetische Kraftstoffe (Power-to-Liquid) werden nur gezielt dort gefördert, wo Wasserstoff oder Batterielösungen keine Alternative zu fossilen Kraftstoffen bieten können – wie im Luftverkehr.

Entwicklung des Anteils Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in der Europäischen Union\*

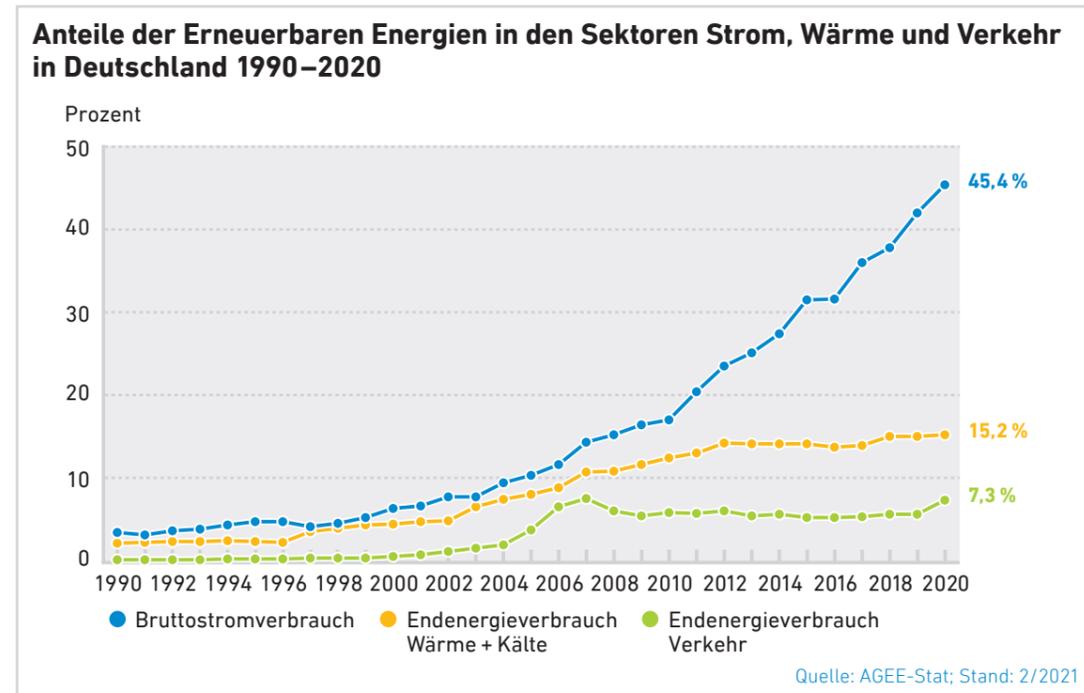


\* EU-27\* (ohne das Vereinigte Königreich)

Quelle: Eurostat; Stand: 12/2020

Neben Biokraftstoffen, Strom und strombasierten Energieträgern sind aber auch fossile Optionen zu Erfüllung der Quote bis 2022 zulässig. So darf seit Anfang 2018 auch Erdgas, das im Verkehrssektor zum Einsatz kommt (LPG, LNG, CNG), auf diese THG-Quote angerechnet werden. Die Begründung lautet: Die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Erdgas sei 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. Erdgas als Kraftstoff verlor in den vergangenen Jahren aber zunehmend an Bedeutung. Die Zulassungszahlen und die Zahl der Gas-Tankstellen gehen zurück. Zudem dürfen auch Verringerungen der THG-Emissionen bei

der Erdölausebeutung, die sogenannte Upstream Emissions Reduction (UER), bis 2026 auf die THG-Quote angerechnet werden. Ein Anteil von bis zu 1,2 Prozentpunkten der THG-Quote darf durch UER-Maßnahmen gedeckt werden. Auf das EU-Ziel für Erneuerbare Energien im Verkehr dürfen diese UER allerdings nicht angerechnet werden.



An übergeordneten politischen Zielen mangelt es nicht. Doch läuft die reale Entwicklung momentan noch nicht in die richtige Richtung. Denn entscheidend für das Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehr ist auch eine Reduzierung des Endenergieverbrauchs. Dieser ist in den vergangenen zehn Jahren gestiegen. Da die Anteile für Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse gedeckelt sind und die Verfügbarkeit an Abfall- und Reststoffen begrenzt ist, müsste die Elektromobilität viel zügiger in den Markt kommen sowie strombasierte Kraftstoffe sehr schnell und in großem Maße zur Verfügung stehen. Und damit die Umstellung des Verkehrs auf Strom und strombasierte Energieträger klimaschonend erfolgt, müssten die Windenergie und die Photovoltaik deutlich entschlossener ausgebaut werden.

## IN EUROPA UND DEUTSCHLAND: ZAGHAFTE FORTSCHRITTE

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.

Biokraftstoffe leisten derzeit den mit Abstand wichtigsten Beitrag zum Klimaschutz im Verkehr und haben einen Anteil von fast 90 Prozent der Erneuerbaren Energien im Verkehr. Die THG-Einsparung erreichte im Jahr 2020 laut Angaben der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) 13,2 Tonnen. Gegenüber fossilen Kraftstoffen sparen Biokraftstoffe 83 Prozent an Treibhausgasen ein<sup>4</sup>. Durch den steigenden Einsatz von Rest- und Abfallstoffen wird der Klimaschutzevorteil gegenüber den

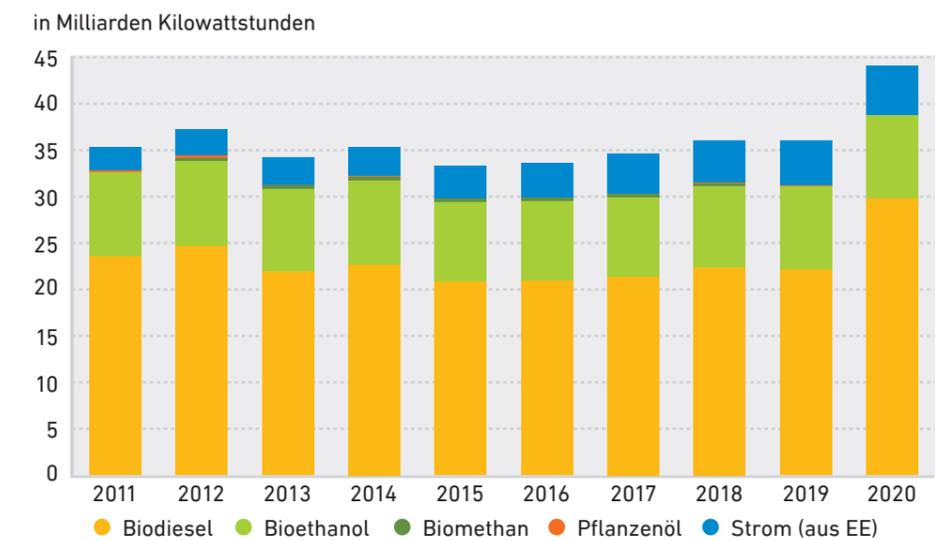
<sup>4</sup> Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2021.

fossilen Varianten weiter zunehmen. Nachdem der Absatz lange stagnierte und 2019 mit 3,4 Mio. t auf dem gleichen Niveau wie 2009 lag, stieg er im Jahr 2020 auf 4,1 Mio. t. Vor allem Biodiesel konnte einen deutlichen Zuwachs um 32 Prozent verzeichnen.

Auch die Elektromobilität konnte 2020 wachsen, wenn auch noch auf niedrigem Niveau. Reine Elektroautos machten 6,7 Prozent der neu angemeldeten Pkw in Deutschland aus, was einem Anstieg um 4,9 Prozentpunkte entsprach. Nahezu genauso viele Plug-in-Hybride kamen hinzu (6,9 Prozent). Trotz dieser steigenden Verkaufszahlen zeigt die Entwicklung der Fahrzeugflotten weiter in die falsche Richtung: Wie im Jahr 2019 waren SUV mit 21,3 Prozent die größte Gruppe unter allen Neuzulassungen. Hinzu kommen reine Geländewagen mit 10,5 Prozent. Es werden also immer noch viele schwere, emissionsstarke Autos verkauft. Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von neuen Pkw sind zwar im Jahr 2020 gegenüber 2019 von 157 auf 139,8 g CO<sub>2</sub>/km gesunken, lagen aber immer noch weit über dem Grenzwert, der ab 2021 gilt. Von da an 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>. Der Pkw-Markt steht also ab 2021 vor großen Herausforderungen, damit das Ziel eingehalten werden kann.

## Die Energiewende auf die Straße bringen

Erneuerbare Energien werden im Verkehr bislang v.a. dort eingesetzt, wo sie - wie flüssige Biokraftstoffe und Bahnstrom - bestehende Infrastrukturen nutzen.



<sup>5</sup> Verkehrsclub Deutschland 2018.

## 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

Das Bundesumweltministerium (BMU) und das Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichen alle zwei Jahre eine Umfrage zum Umweltbewusstsein in der Bevölkerung. Die aktuellste Befragung ergab, dass 70 Prozent das Thema Klimaschutz auch in der Corona-Pandemie für weiterhin genauso wichtig halten wie zuvor. 16 Prozent gaben an, dass die Bedeutung sogar zugenommen hat. Im Bereich Verkehr und Mobilität waren 80 Prozent der Befragten der Meinung, dass im Bereich Verkehr und Mobilität nicht genug für den Klimaschutz getan werde. Damit liegt die Reduzierung der Treibhausgasemissionen in der Wichtigkeit noch vor den gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen wie Stickoxid und Feinstaub (75 Prozent) sowie weit vor den Problemfeldern Lärm (67 Prozent) und Verkehrssicherheit (55 Prozent). Ebenfalls 80 Prozent sehen politischen Handlungsbedarf, wenn es konkret darum geht, dass „die Alltagswege praktikabel und bequem ohne Auto zurückgelegt werden können“. Am wichtigsten war den Befragten, dass die Alltagswege kostengünstig bewältigt werden können (81 Prozent). Bei den Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr ist die Zustimmung zu Verbesserungen im ÖPNV am höchsten. In diesem Zusammenhang ist für die Befragten ein kostengünstiger ÖPNV mit 93 Prozent von hervorgehobener Bedeutung, gefolgt von einem Ausbau der Netze und der Taktung (89 Prozent). Aber auch mehr Radwege genießen mit 84 Prozent eine hohe Zustimmung. Zwei Drittel befürworten ein Tempolimit von 130 km/h auf der Autobahn. Genau die Hälfte unterstützen den Vorschlag einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut.<sup>6</sup> Dies zeigt: Bei konkreten Maßnahmen, die das Autofahren betreffen, nimmt die Zustimmung der Bevölkerung gegenüber Klimaschutz im Allgemeinen tendenziell ab.

Die allgemeine Zustimmung für Klimaschutz im Verkehr ist also hoch. Gleichzeitig bleibt Deutschland aber „ein Land der Autofahrer“. Das zeigt auch der neue Mobilitätsmonitor der Deutschen Akademie

6 Umweltbundesamt 2021.

der Technikwissenschaften (acatech) deutlich. 90 Prozent der Befragten nutzen ein Auto, die Hälfte sogar täglich. Jeder Dritte fährt zwar wegen der Corona-Pandemie weniger Auto und stattdessen mehr Fahrrad oder geht zu Fuß. Dennoch rangiert das Auto bei den Verkehrsmitteln, die als unverzichtbar gesehen werden, mit 75 Prozent weit an der Spitze. Das Fahrrad folgt auf Rang 2 mit nur 52 Prozent, Bus und Bahn kommen sogar nur auf 37 bzw. 36 Prozent. Dass das Auto aus dem Alltag der Menschen derzeit nicht wegzudenken ist, zeigen die Entwicklungen der letzten Jahre. Die Zahl der Pkw nimmt kontinuierlich zu und hat im Jahr 2020 die Marke von 48 Millionen überschritten. Jährlich sind in Deutschland ein halbe Million Pkw mehr unterwegs. Die Zahl der von den Pkw insgesamt zurückgelegten Strecke ist im Jahr 2019 gegenüber dem Vorjahr leicht gestiegen, von 642 auf 645 Mrd. km.

Die Alternativen zum Pkw werden in Deutschland immer stärker nachgefragt. So hat sich die Verkehrsleistung der Eisenbahnen zwischen 2003 und 2019 von 71 auf 100 Mrd. km erhöht, die Fahrradwege bis 2018 von 30 auf 40 Mrd. km. Der Zuwachs im öffentlichen Straßenverkehr war deutlich geringer (von 76 auf 80 Mrd. km). Trotz steigender absoluter Zahlen stieg der Anteil der umweltschonenden Verkehrsarten (Fußwege, Fahrrad, ÖPNV und Schiene) nur um einen Prozentpunkt – von 19,5 auf 20,5 Prozent – da die Verkehrsleistung insgesamt deutlich zugenommen hat (um 8 Prozent).<sup>7</sup>

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. Es lohnt sich auch ein Blick auf andere europäische Großstädte. So hat das Fahrrad in Kopenhagen einen Anteil von 28 Prozent, im Vergleich zu 18 Prozent in Berlin. In Wien ist der ÖPNV mit 38 Prozent die beliebteste Alternative zum Auto – in Berlin sind es nur 27 Prozent. Dafür sind die Berliner\*innen wiederum fleißigere Fußgänger\*innen. Hier liegt der Anteil bei 30 Prozent, im Vergleich zu 21 Prozent in Kopenhagen und 26 Prozent in Wien.<sup>8</sup>

### Diskrepanz zwischen Meinen und Handeln?

Es scheint an dieser Stelle geboten, auf Unterschiede zwischen Umfrageergebnissen und tatsächlichem Verhalten der Verbraucher\*innen hinzuweisen, die sogenannte Einstellungs-Verhaltens-Diskrepanz. Solche Diskrepanzen gibt es auch in anderen Bereichen – etwa bei Bio-Lebensmitteln, deren Kauf von vielen Verbraucher\*innen in höherem Maße bekundet wird als er tatsächlich stattfindet.<sup>9</sup> Ähnlich könnte es sich bei der Verkehrswende verhalten. Denn trotz hoher Zustimmungswerte für Klimaschutz im Verkehr zeigen die tatsächlichen Verbrauchsstatistiken oder Konsumtrends noch nicht in die richtige Richtung, wie unter anderem der zuletzt wieder steigende Endenergieverbrauchs im Verkehr und der hohe Absatz verbrauchsintensiver Fahrzeuge zeigen.

### 3.3 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 (bcs) 2020 gegenüber dem Vorjahr um 25,5 Prozent auf 2,9 Millionen. Die Carsharing-Flotte wuchs um 820 Fahrzeuge auf 26.220.<sup>10</sup> Mit der zunehmenden Beliebtheit von Carsharing geht häufig die Deutung

7 Umweltbundesamt 2021.

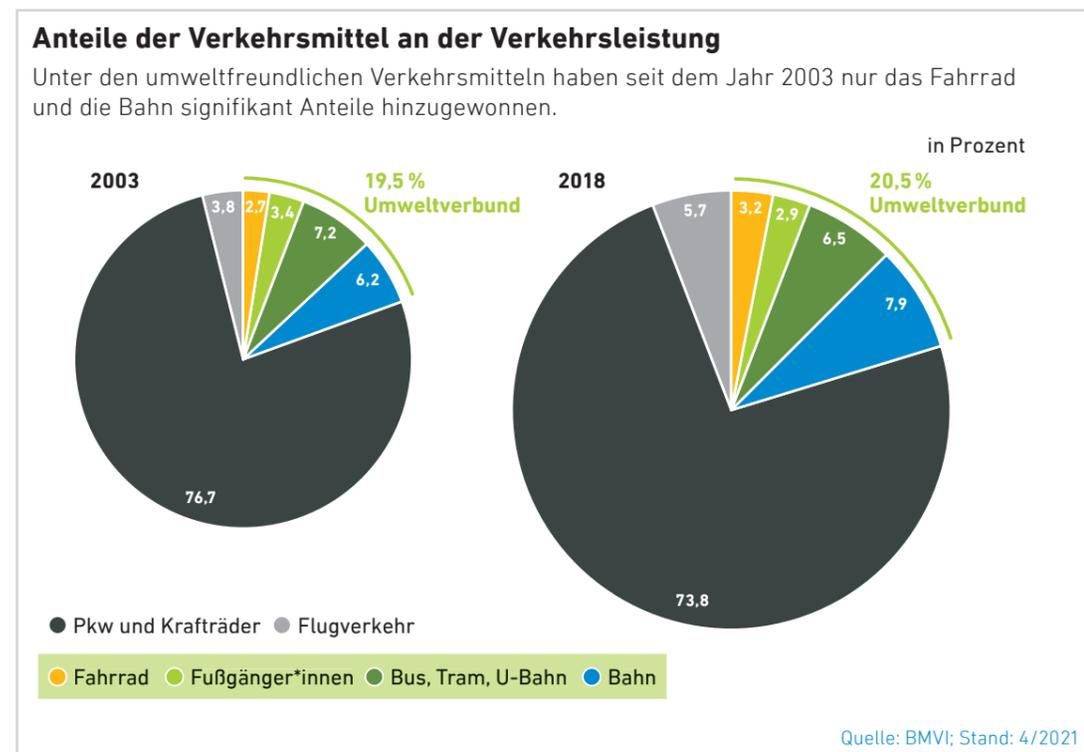
8 BMU 2021.

9 BMU 2021.

10 Bundesverband Carsharing 2021.

einher, es stelle sich ein Trend zum „Nutzen statt Besitzen“ ein. Laut Umweltbundesamt ersetzt ein Carsharing-Auto 15 private Pkw, nach Angaben des bcs in innenstadtnahen Wohngebieten sogar bis zu 20. 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>11</sup> Die Deutsche Umwelthilfe gibt zu bedenken, dass das stationsunabhängige Carsharing (free floating) vor allem für kurze Wege benutzt wird und die Strecken besser mit dem Fahrrad oder mit dem ÖPNV zurückgelegt werden könnten.<sup>12</sup> Noch ist ungeklärt, ob Carsharing eher in Konkurrenz zu ÖPNV, Fahrrad und Taxi als zum privaten Autobesitz steht.

Auf einem anderen Blatt steht die Energieversorgung der Fahrzeuge. In Carsharing-Flotten hatten E-Fahrzeuge Anfang 2021 einen Anteil von 18,5 Prozent. Der Anteil von Elektroautos ist hier also deutlich höher als bei den Fahrzeugen in Privatbesitz (1,2 Prozent). So leisten die Carsharing-Dienstleister einen Beitrag zum Markthochlauf der Elektromobilität.



### 3.4 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 gehen 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 zehn Prozent gerechnet.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Öko-Institut 2018.

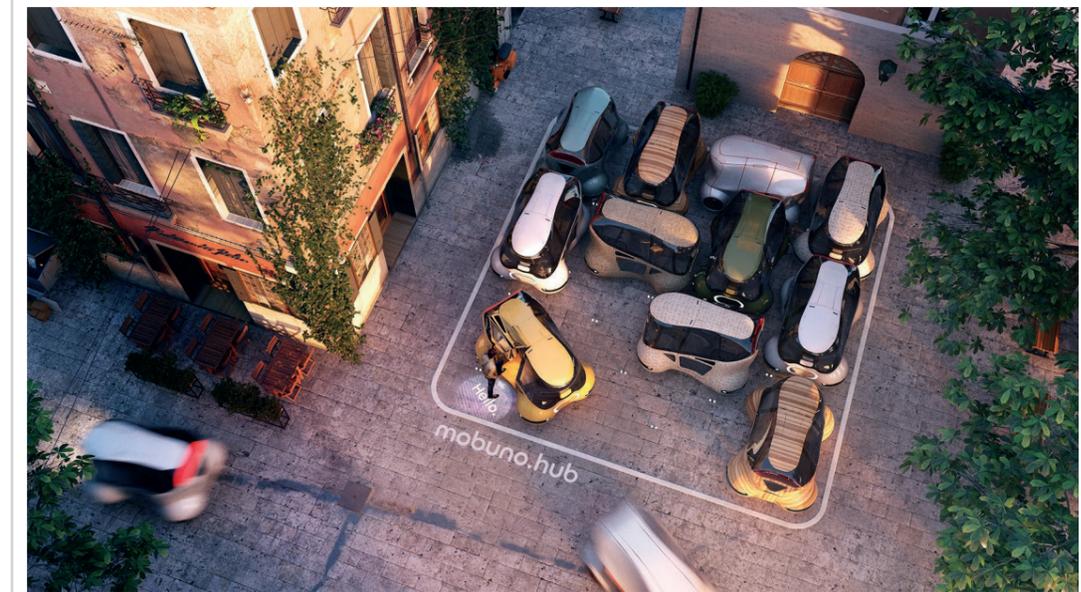
<sup>12</sup> DUH 2019.

<sup>13</sup> Institute for Mobility Research 2016.

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 durch autonomes 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>14</sup> Eine Studie der Deutschen Industrie- und Handelskammer 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.

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

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



Quelle: xoio GmbH & ium-Institut für Urbane Mobilität

Region abstellen, dann würde der erforderliche Parkraum etwa die Fläche des Bundeslandes Hamburg 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 zu durchbrechen.<sup>15</sup>

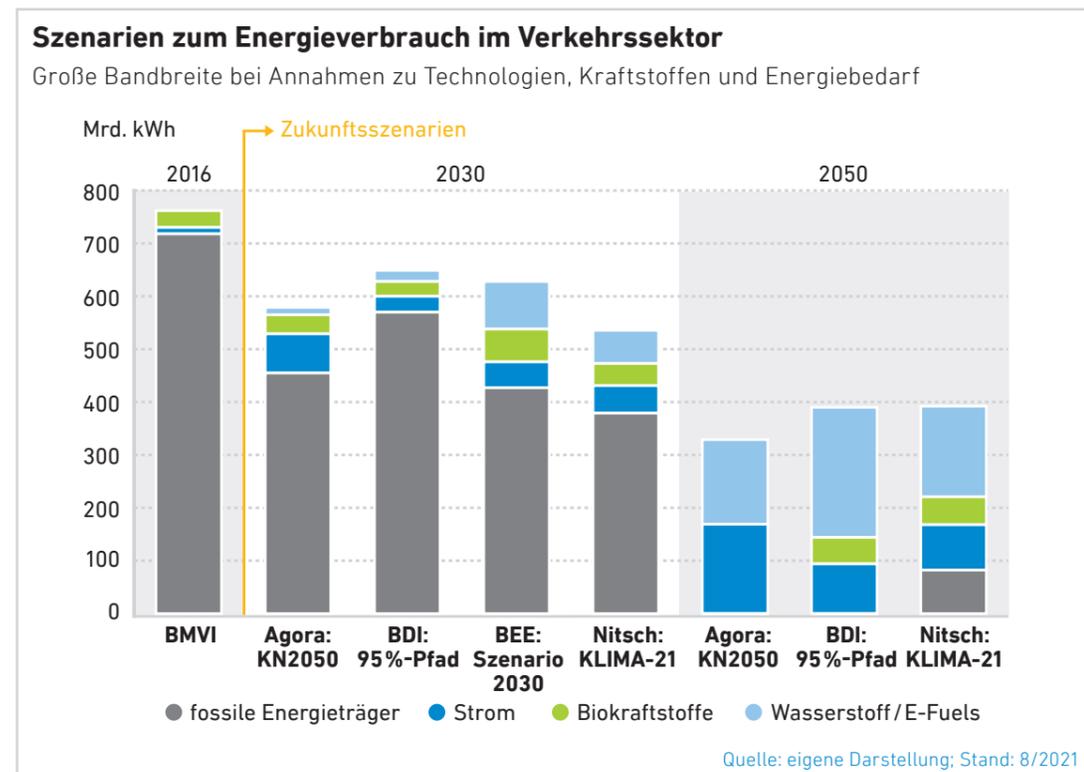
<sup>14</sup> Interview von Nikolas Linck mit Tim Lehmann in Radzeit 4/2017.

<sup>15</sup> DIHK 2018.

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

### 4.1 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 Umbau unseres Verkehrssystems notwendig ist, der den Energiebedarf reduziert. Die Einschätzungen zum künftigen Endenergieverbrauch 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 Trends und eine steigende Güterverkehrsleistung mit in die Waagschale werfen. Auch die Einschätzungen zur Verteilung dieses Bedarfs auf die verschiedenen Energieträger und Technologien variieren deutlich. In den in diesem Hintergrundpapier ausgewerteten Szenarien liegt der Beitrag der Bioenergie im Verkehr im Jahr 2050 zwischen 0 (Agora Energiewende 2021) und 53 Mrd. kWh (Nitsch 2021). Stellt man dieses Biokraftstoffpotenzial dem gesamten Energieverbrauch des Verkehrs im Jahr 2050 gegenüber, so ergibt sich eine Lücke von 330 bis 340 Mrd. kWh, die durch elektrische Energie – entweder direkt über Elektromobilität, oder indirekt über strombasierte Kraftstoffe – gedeckt werden muss, wenn der Verkehrssektor komplett klimaneutral werden soll. Viele Studien setzen auf einen Mix an Kraftstoffen und Antrieben. Das gilt u.a. für die von Joachim Nitsch für CO<sub>2</sub>Abgabe e.V. erstellte Studie „Was für einen erfolgreichen Klimaschutz erforderlich ist“. Im Straßenverkehr (v.a. im motorisierten Individualverkehr) liegt der Schwerpunkt in allen Szenarien auf der Elektromobilität. 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<sup>16</sup>.



<sup>16</sup> Fishedick/Grunewald 2017.

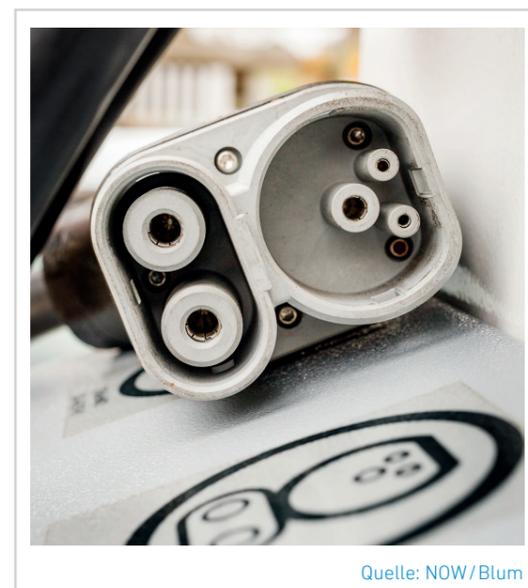
Ein Nebeneinander verschiedener Energieträger kann zum einen darin begründet liegen, dass in einer langen Übergangsphase ein schrittweiser Wandel vollzogen wird. Außerdem ist die batterieelektrische Mobilität für den Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr keine Option. Hier werden andere Alternativen 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.

### 4.2 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 können auch für sauberere Luft sorgen. Eine Umfrage des Energieversorgers E.ON ergab, dass für 70 Prozent der Deutschen die Nachhaltigkeit, Umweltfreundlichkeit und Klimaschutz die stärksten Argumente wären, um sich ein Elektroauto zu kaufen. Dagegen wären nur für 16 Prozent der Befragten die geringeren Betriebskosten der entscheidende Anreiz.

Noch sind die Autofahrer\*innen gegenüber Elektroautos skeptisch, wie eine Umfrage des Forschungsinstituts acatech zeigt. Nur knapp jede\*r Vierte (24 Prozent) kann sich vorstellen, in den nächsten Jahren ein Elektroauto anzuschaffen. Zwei Drittel sehen die hohen Anschaffungspreise, die Reichweite und einen Mangel an Ladestationen als Hindernisse. Dennoch glauben 60 Prozent, dass dem E-Auto die Zukunft gehört, aber nur 20 Prozent befürworten das. Mehr als die Hälfte wünscht sich eine „technologieoffene“ Verkehrswende, d.h. der politische Fokus solle nicht ausschließlich auf Elektroautos liegen, sondern auch wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge und alternative Kraftstoffe sollten als klimaschonende Optionen im Blick behalten werden.<sup>17</sup>



Quelle: NOW/Blum

<sup>17</sup> Fishedick/Grunewald 2017.

In den Bereichen Reichweite und Ladenetz hat es aus Verbrauchersicht in jüngster Zeit große Fortschritte gegeben. So gibt es nach dem WLTP-Standard (Standard World Harmonized Light Vehicle Test Procedure) bereits Oberklassen-Modelle auf dem Markt mit einer Reichweite von 600 km. Mittelklassewagen erreichen mehr als 450 km und Kleinwagen mehr als 300 km. Mit einem Elektroauto kann man also fast alle Strecken des Alltags problemlos zurücklegen. Denn 90 Prozent der täglichen Fahrten sind maximal 100 km weit. Jeder Pkw wird im Durchschnitt zweimal pro Tag bewegt und legt dabei 30 km zurück. Selbst in ländlichen Räumen beträgt die durchschnittliche Tagesstrecke nur 37 km pro Fahrzeug.<sup>18</sup> So erscheinen E-Autos auch als klassischer Erstwagen attraktiv. Der Marktanteil der reinen Elektroautos lag in Deutschland Anfang 2021 mit 309.083 Pkw jedoch erst bei weniger als einem Prozent. Die mangelnde Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten wird bald kein Hindernis mehr sein. Das Ladenetz verdichtet sich gerade in rasendem Tempo. Die Zahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte hat sich allein zwischen 2019 und Anfang 2021 mehr als verdoppelt, von 17.260 auf 39.383.<sup>19</sup> Auch der Preis könnte bald kein Gegenargument mehr sein. Eine Studie von Bloomberg New Energy Finance geht davon aus, dass Elektroautos schon ab Jahr 2026 weniger kosten werden als Pkw mit Verbrennungsmotor.<sup>20</sup>

### 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 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>21</sup>.

Was die Ladestromtarife der Stromanbieter betrifft gibt es noch große Unterschiede. Es herrscht eine unüberschaubare Vielfalt an Tarifmodellen, die von Verbraucherschützern als intransparent beklagt wird. Die Ladesäulenbetreiber rechnen nicht immer nur nach Kilowattstunden ab. Die Tarife bestehen oft auch aus einer monatlichen oder jährlichen Grundgebühr, einer Flatrate, einer Startgebühr oder einem Zeittarif. Bei letzterem kommt es also darauf an,

18 BMVI 2019.

19 BNetzA 2021.

20 BNEF 2021.

21 Ausfelder et al. ebd.



wie lange das Auto lädt, nicht wie viel es lädt. Laut einer Studie des Forschungsinstituts EUPD Research aus dem Jahr 2021 ergeben sich so deutschlandweit 383 unterschiedliche Tarife mit erheblichen Preisunterschieden. Diese fangen bei kostenlosen Angeboten an – wie bei Supermärkten oder Kaufhäusern –, können aber auch bei über 1 Euro/kWh liegen.

### 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 beim Recyclen der Batterien gefragt. Eine Studie von 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>22</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 unzureichenden 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 befindet sich derzeit noch größtenteils in Japan, Südkorea und China. Das ändert sich aber gerade. Deutschland investiert massiv in eigene Produktionsstandorte. Dafür stellt das Bundeswirtschaftsministerium Fördergelder in Höhe von drei Milliarden Euro zur Verfügung. Der Verband Transport & Environment prognostiziert einen Boom der Batteriezellenfertigung in Deutschland.<sup>23</sup>

Nachdem die deutsche Automobilindustrie dem Trend zur Elektromobilität jahrelang hinterhergelaufen war, hat sie die Chancen nun erkannt. So heißt es von Seiten des Verbands der Automobilindustrie (VDA): „Deutschland will im Bereich Elektromobilität sowohl als Leitanbieter, als auch Leitmarkt Vorreiter sein.“ Beim Angebot hat sich Deutschland an die Spitze gearbeitet. Die deutschen Hersteller bieten mit 70 verschiedenen elektrisch betriebenen Modellen alleine die Hälfte aller in Deutschland verfügbaren E-Autos. McKinsey geht davon aus, dass die deutschen Hersteller im Jahr 2021 mit 1,6 Millionen produzierten E-Autos den bisherigen Branchenprimus China einholen wird. Ab 2022 werde Deutschland sogar den ersten Platz belegen.<sup>24</sup>

22 Agora Verkehrswende 2019.

23 Transport & Environment 2021.

24 McKinsey 2021.

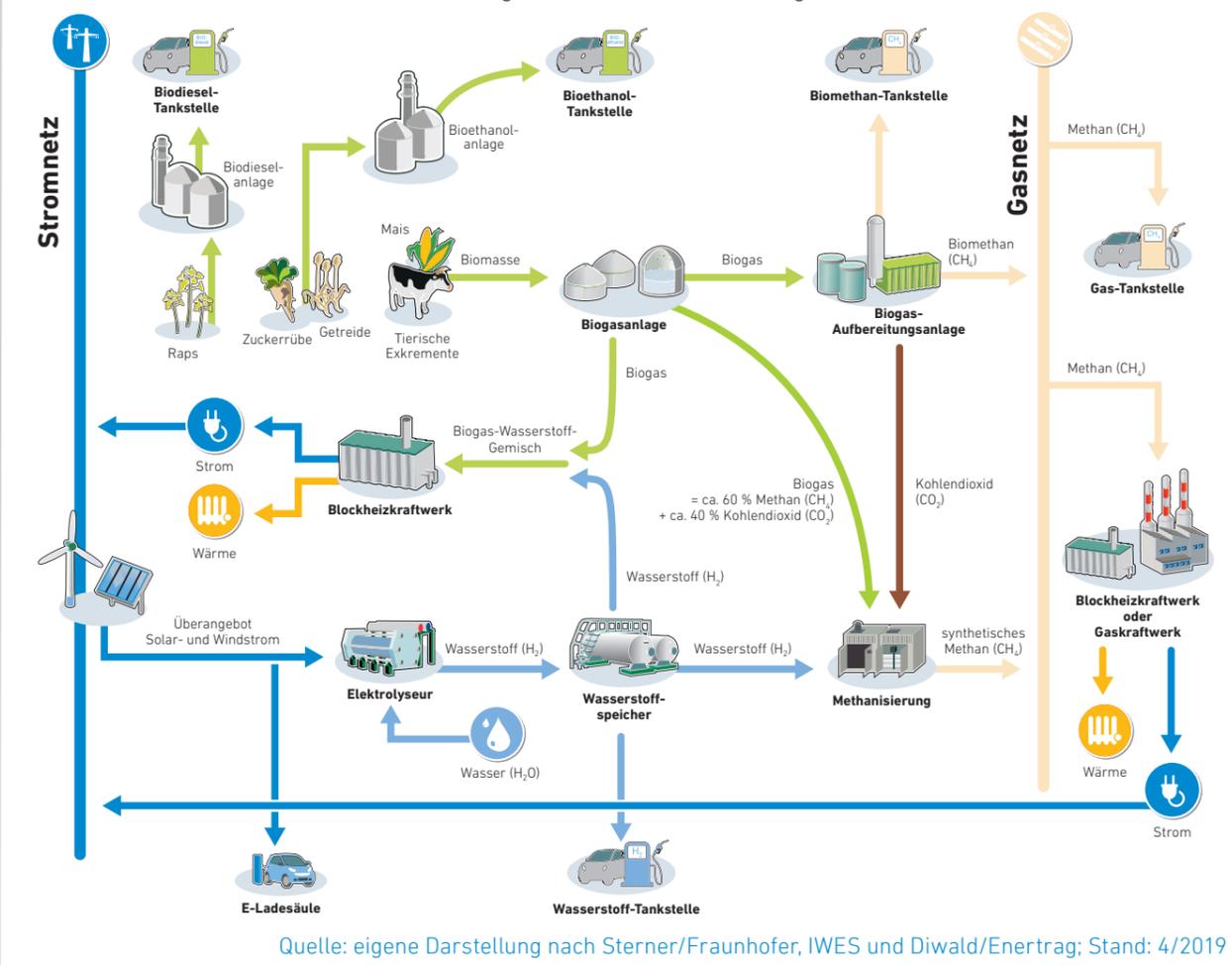
China ist im Gesamtbild aber immer noch führend. 2020 hatte das Land mit 1,1 Millionen neuen E-Fahrzeugen die höchste Nachfrage weltweit. 37 der 42 reinen Elektroautohersteller sitzen in der Volksrepublik. Die Batterieproduzenten stellten Zellen mit einer Gesamtkapazität von 430 Mio. kWh her. Europa und die USA kamen zusammen nur auf 60 Mio. kWh.

### 4.3 ANTRIEBSWENDE MIT BRENNSTOFFZELLE

Während China und Europa bei der Elektromobilität die Taktgeber sind, haben Japan und Südkorea mit Toyota und Hyundai beim Thema Brennstoffzelle die Nase vorn. Mercedes hat die Produktion ihres Wasserstoff-Modells mittlerweile eingestellt. Die Marktakzeptanz lässt aufgrund der hohen Anschaffungskosten noch zu wünschen übrig. Die Neupreise der Brennstoffzellenfahrzeuge liegen etwa um das Dreifache über dem Preis eines vergleichbaren Verbrenners. Von den etwa 500 in Deutschland zugelassenen Wasserstoffautos sind nur wenige in Privatbesitz. Aufgrund der hohen Preise werden sie hauptsächlich von Firmen und im Fuhrpark der öffentlichen Hand aus Repräsentationszwecken genutzt. Den Mercedes GLC F-Cell gab es sogar nie zum Kauf, sondern nur für ausgewählte Kund\*innen in begrenzter Stückzahl als Leasing-Paket.

#### Szenarien zum Energieverbrauch im Verkehrssektor

Große Bandbreite bei Annahmen zu Technologien, Kraftstoffen und Energiebedarf



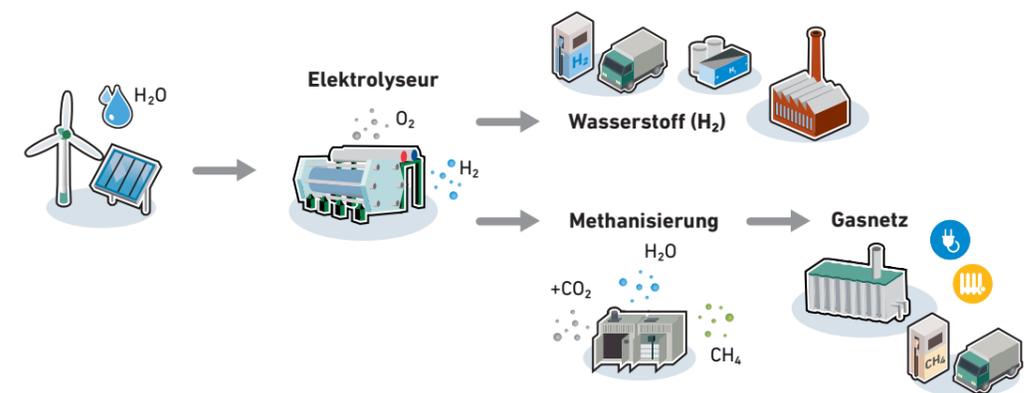
Neben dem hohen Preis ist die dünne Infrastruktur ein großes Hindernis für den Durchbruch der Brennstoffzellentechnologie. 91 Wasserstofftankstellen gibt es derzeit in Deutschland. Die Zahl der Wasserstofftankstellen soll sich bis 2023 auf 400 erhöhen, so das Ziel des Unternehmenskonsortiums H<sub>2</sub> Mobility.

Die bisherigen Erfahrungen sind allerdings ernüchternd. Als möglicher Einstieg in die Welt der Brennstoffzelle galt einst das Carsharing: Der Fahrdienst CleverShuttle bot ursprünglich neben E-Fahrzeugen auch Wasserstofffahrzeuge an. Mittlerweile setzt das Unternehmen allerdings ausschließlich auf Elektromobilität. Der Münchener Anbieter BeeZero, der ganz auf Wasserstoff gesetzt hatte, musste im Jahr 2018 komplett seinen Betrieb einstellen.

Was spricht also noch für die Brennstoffzelle? Ein Vorteil gegenüber einem batteriebetriebenen Elektromobil zeigt sich beim Tanken bzw. Aufladen. Das Befüllen des H<sub>2</sub>-Tanks dauert nur wenige Minuten. Diese wichtige Akzeptanzhürde entfällt also bei der Brennstoffzelle im Gegensatz zum Elektroauto. Zudem ist die Wasserstoffproduktion aus Wind- und Solarstrom energiewirtschaftlich interessant. Denn in Zeiten eines witterungsbedingt hohen Angebots an Ökostrom ist die Elektrolyse eine vielversprechende Flexibilitätsoption. Im Jahr 2020 musste Strom aus Erneuerbaren Energien im Umfang von 6,1 Mrd. kWh abgeregelt werden.<sup>25</sup> Dieser könnte sinnvoll verwertet werden. So

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

Wasserstoff der mithilfe von Wind- und Solarenergie erzeugt wird, ist entweder direkt oder zu Methan veredelt vielseitig in den Sektoren Wärme und Verkehr einsetzbar.



könnte mit diesem „kostenlosen“ Strom Wasserstoff erzeugt werden. Die im Jahr 2020 abgeregelt Strommenge würde für rund 120.000 t Wasserstoff reichen. Bei einem Verbrauch eines Brennstoffzellen-Pkw von etwa 1 kg Wasserstoff pro 100 km und einer jährlichen Fahrleistung von 14.000 km könnten dadurch fast 860.000 Autos betrieben werden.

### 4.4 KRAFTSTOFFWENDE VORANBRINGEN

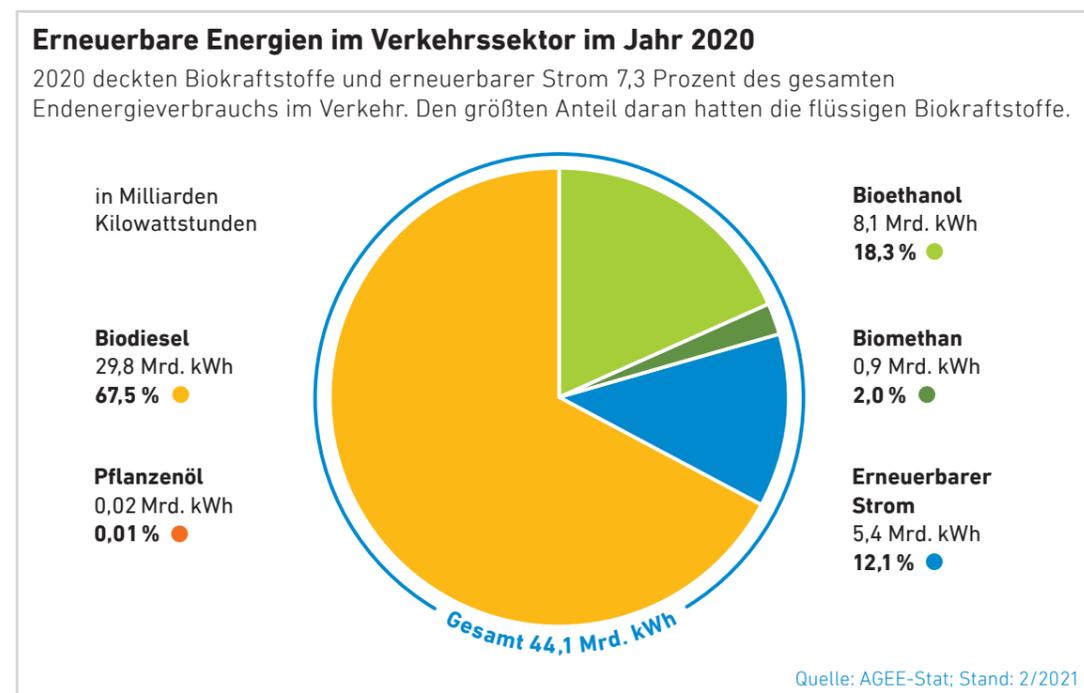
Die Antriebswende allein kann keine vollständige Umstellung auf erneuerbare Mobilität bringen. Denn in einigen Schlüsselbereichen – wie im Flugverkehr, in der Schifffahrt, aber auch im Schwerlastverkehr – werden kohlenstoffbasierte Kraftstoffe wegen ihrer hohen Energiedichte auch künftig stark nachgefragt sein. Hier sind Biokraftstoffe oder synthetisch hergestellte Kraftstoffe das Mittel der Wahl. In einigen Bereichen, so u.a. im Schiffsverkehr, könnten erneuerbare Gase künftig zunehmend

<sup>25</sup> Bundesnetzagentur: Quartalsbericht Netz- und Systemsicherheit – Gesamtes Jahr 2020.

an Bedeutung gewinnen. So werden immer mehr Dual-Fuel-Motoren, die mit Diesel und Gas betrieben werden können, eingesetzt. Angesichts der verstärkten Bemühungen um bessere Luft in den Städten könnte im Straßenverkehr auch Biomethan an Bedeutung gewinnen. So stoßen Gasfahrzeuge weniger Stickoxid und Feinstaub aus als Dieselfahrzeuge. Die Zulassungszahlen von Gasfahrzeugen sind jedoch rückläufig.

#### 4.4.1 POTENZIAL VON BOKRAFTSTOFFEN NUTZEN

Für die Herstellung von Biokraftstoffen werden Ölpflanzen (v.a. Raps), Getreide und Zuckerrüben eingesetzt. Reststoffe, Abfälle und Co-Produkte tragen ebenfalls zum heutigen Produktionsvolumen bei, so z.B. Biodiesel aus Altspisefetten oder Biogas aus Gülle und Stroh. Trotz Rückschlägen hat die Bioenergie für den Energie-, ebenso wie für den Agrarsektor, an Bedeutung gewonnen. Die Förderpolitik



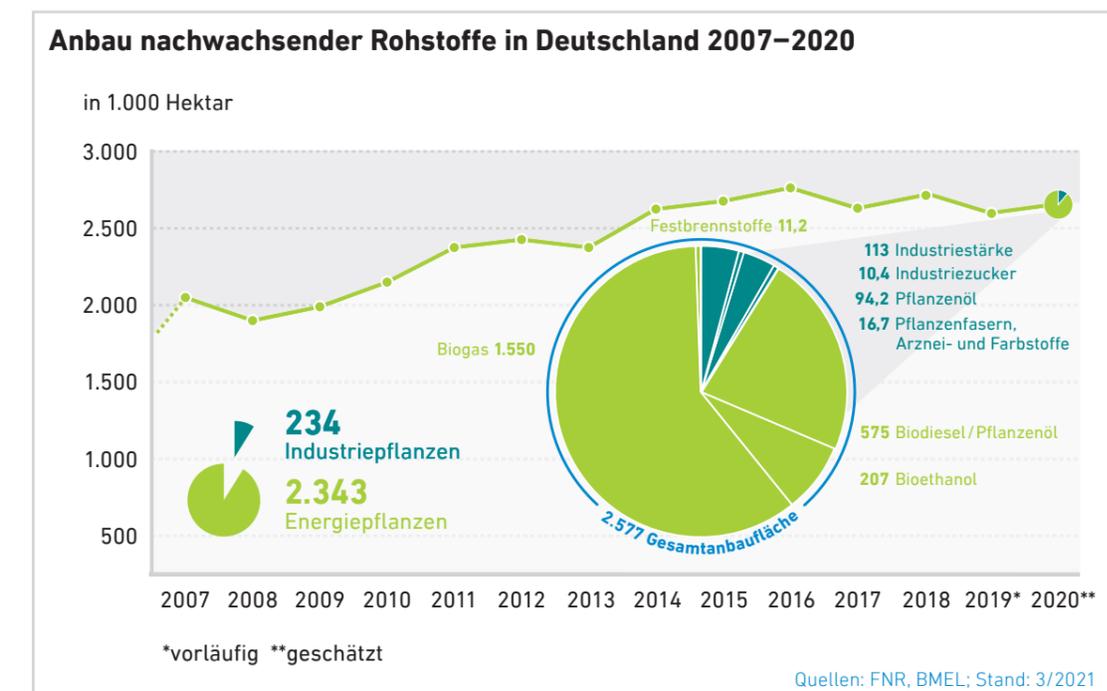
Europas konzentriert sich für die Zukunft vor allem auf Abfall- und Reststoffe, aus denen so genannte fortschrittliche Biokraftstoffe hergestellt werden.

Die Rolle von Biokraftstoffen für nachhaltige Mobilität auf der Straße wird kontrovers diskutiert. Mit einer Phase der Euphorie zum Beginn des Jahrtausends, für den stellvertretend der Ausspruch der ehemaligen Bundeslandwirtschaftsministerin Renate Künast stehen mag, die Landwirt\*innen seien die „Ölscheichs von morgen“, ging ein Boom der Branche einher. Die Markteinführung von E10-Benzin, d.h. Ottokraftstoff mit einem zehntenprozentigen Anteil von Bioethanol – stieß in Deutschland Anfang 2011 auf Skepsis bei vielen Autofahrer\*innen, u.a. wegen befürchteter Motorschäden. Auch Kritik an ökologischen Fehlentwicklungen ließ nicht lange auf sich warten, v.a. seitens diverser Umwelt- und Naturschutzverbände. Immer wieder wurden und werden Befürchtungen laut, der Anbau von Energiepflanzen könnte zu direkten oder indirekten Landnutzungsänderungen (indirect land use change – iLUC) führen. Die Biokraftstoffbranche und die Politik reagierten auf die Befürchtungen um den Umweltschutz. So wurden im Jahr 2011 in Deutschland die EU-Standards zur Nachhaltigkeitszertifizierung von Biokraftstoffen umgesetzt. Dreh- und Angelpunkt sind die steigenden Anforderungen an die Treibhausgasvermeidung

von in der Europäischen Union vermarkteten Biokraftstoffen. So sind beispielsweise Urwaldrodungen für nachhaltig erzeugte Biokraftstoffe tabu. Doch über den Umweg iLUC gibt es weiter Kritik an der Biokraftstoffnutzung in Europa. Mit ihrem Beschluss zur Begrenzung des Anteils von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse auf sieben Prozent 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 wurde bei weitem nie ausgeschöpft. In Deutschland liegt der Deckel für Kraftstoffe aus Anbaubiomasse nun sogar bei 4,4 Prozent. Palmöl wird ab 2023 komplett aus der Quotenanrechnung ausgeschlossen. Dafür sollen mehr Kraftstoffe aus Reststoffen eingesetzt werden (s.o.). Die Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) geht davon aus, dass durch diese Beschlüsse die Nachfrage nach Raps deutlich steigen wird.<sup>26</sup>

Die „fortschrittlichen“ Biokraftstoffe der zweiten Generation bringen nicht unbedingt einen Klimaschutzvorteil gegenüber den Kraftstoffen der ersten Generation. Eine Analyse der Technischen Universität Hamburg von 2018 hat ergeben, dass die Treibhausgasersparungen der Kraftstoffe aus Reststoffen sogar niedriger sein können als die der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse. Denn die Biokraftstoffproduktion finde nicht isoliert statt, sondern sei über ihre Koppelprodukte mit der Futtermittelproduktion verbunden. So fällt aus der Raps- oder Zuckerrübenverarbeitung nebenbei proteinhaltige Nahrung für Rinder, Schweine und Geflügel an. Wenn die Nebenprodukte aus der Biokraftstoffproduktion wegfallen, dann müsste ein größerer Teil des Futtermittelbedarfs in Deutschland aus anderen Quellen gedeckt werden. Wird stattdessen beispielsweise mehr Soja aus Südamerika importiert, würden sogar mehr Emissionen freigesetzt.<sup>27</sup>

Die unter dem Strich positive Umweltbilanz der Biokraftstoffe wird von der Bevölkerung durchaus anerkannt. Laut einer Kantar-Umfrage aus dem Jahr 2020 bewerten rund zwei Drittel der deutschen Bevölkerung Biokraftstoffe positiv. 29 Prozent sind skeptisch, wovon wiederum nur sechs Prozent Biokraftstoffe strikt ablehnen. Wenn die Nachhaltigkeit der Biokraftstoffe zertifiziert und die THG-

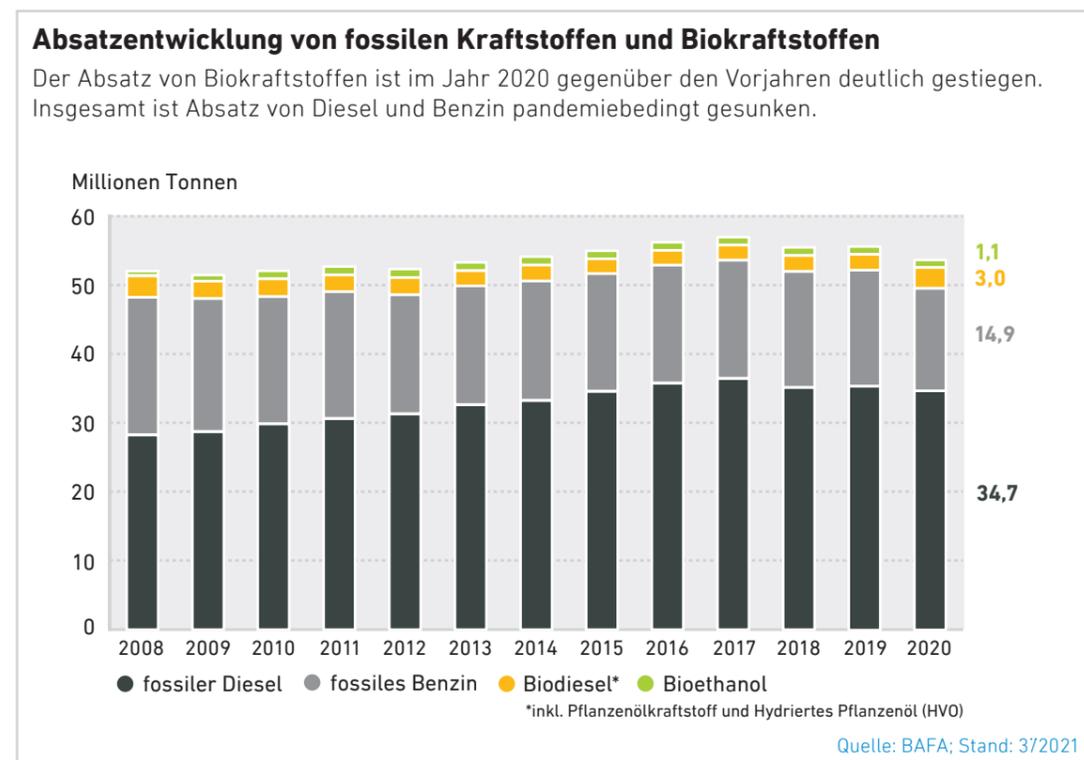


<sup>26</sup> UFOP 2021.

<sup>27</sup> Top Agrar 2018.

Einsparungen garantiert sind, steigt die Zustimmung auf 70 Prozent. Etwa ein Viertel der Befragten wünscht sich sogar eine höhere Beimischungsquote als bisher.<sup>28</sup>

Während flüssige Biokraftstoffe heute großflächig in die Beimischung zum fossilen Diesel und Ottokraftstoff 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 ermöglichen die Kraftstoffnormen Beimischungen von 20 Prozent bzw. 30 Prozent Biodiesel. Eine ganze Reihe von Nutzfahrzeugen (z.B. Traktoren, Busse und Lastwagen) der Hersteller Caterpillar,



Deutz, IVECO, John Deere, MAN, Mercedes, Scania und Volvo sind sogar für B100, also reinen Biodiesel, freigegeben. Durch den Einsatz von Biokraftstoffen ergibt sich beispielsweise für Kommunen die Möglichkeit die Vorgaben des „Gesetzes über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge“ zu erfüllen. In den kommenden Jahren muss ein Mindestanteil an klimaschonenden Fahrzeugen eingesetzt werden. Bei Lkw sollen bis zum Jahr 2025 zehn Prozent klimafreundlich unterwegs sein, der Wert steigt bis 2030 auf 15 Prozent. Für Busse sind bis 2025 Anteile von 45 Prozent und bis zum Ende 2030 von 65 Prozent vorgeschrieben. Mit reinen Biokraftstoffen kann eine Kommune die verbindlichen Vorgaben für Lkw vollständig erfüllen, die für Busse zur Hälfte.

28 VDB et al. 2020.

#### 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\*innen konventioneller Biokraftstoffe sehen in PtL eine vielversprechende Option zur Dekarbonisierung von Mobilitätsbereichen, die schwer oder gar nicht 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>29</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 bei einer stärkeren Nutzung synthetischer Kraftstoffe ein erheblicher Teil importiert werden müsste.<sup>30</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 von 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>31</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>32</sup> Damit lägen die Preise synthetischer Kraftstoffe im optimistischsten Fall auf einem ähnlichen Niveau wie die heutigen reinen Produktpreise fossiler Kraftstoffe (ohne Steuern).

#### 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.



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 treibhausgasneutrale CO<sub>2</sub>-Quelle würden sich Biogasanlagen anbieten. Klimaschutzend 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.

29 AEE 2019.

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

31 Agora Verkehrswende 2018.

32 Prognos et al. 2017.

## 5 FAZIT

Die Energiewende kommt auf der Straße nur langsam in Fahrt. Den Menschen ist die Dringlichkeit aber durchaus bewusst, wie Studien und Umfragen belegen. Notwendig ist ein beschleunigter Wandel unserer Mobilität, der Mensch und Umwelt zugleich nutzt. Die Energiewende auf der Straße sollte nicht nur für den Klimaschutz, sondern auch im Interesse der Lebensqualität stattfinden. Wie die Chancen der Verkehrswende für den Standort Deutschland werden auch die sozialen Kosten der konventionellen Mobilität nach wie vor unterschätzt. Im Jahr 2019 summierte sich die Gesamtlänge der Verkehrsstaus in Deutschland auf 1,42 Millionen Kilometer – eine Strecke fast so lange wie zweimal zum Mond und zurück. 2020 halbierte sich diese Zahl, was aber wegen der Corona-Pandemie eine Ausnahme bildete. In normalen Jahren entstehen an verkehrsintensiven Tagen bis zu 35.000 Kilometer Stau.<sup>33</sup> Eine Studie aus dem Jahr 2018 kommt zu dem Ergebnis, dass die dadurch entstehenden Zeitverluste, Kraftstoffmehrerbräuche, Mehremissionen und weiteren indirekten Effekte gesamtgesellschaftliche Kosten in Höhe von jährlich 80 Mrd. Euro verursachen.<sup>34</sup>

Die Energiewende auf der Straße nützt also nicht nur Umwelt und Klima, sondern auch der Wirtschaft. Nebenbei verbessert sie die Lebensqualität der Menschen. Damit sie effektiv und effizient umgesetzt werden kann, muss die Verkehrswende eine Antriebs- und Kraftstoffwende zugleich sein. Die verschiedenen klimaschonenden Energieträger und Technologien werden sich gegenseitig ergänzen – wobei nicht auszuschließen ist, dass sie teilweise auch in Konkurrenz zueinander treten werden. Doch der alleinige Fokus auf den Einsatz Erneuerbarer Energien und alternative Antriebe ist kein Erfolgsgarant. Denn ohne eine Änderung des Mobilitätsverhaltens sowie eine Verlagerung des Verkehrs auf Schiene, Fahrrad und ÖPNV ist das Klimaschutzpotenzial von Elektromobilität und alternativen Kraftstoffen begrenzt. In den vergangenen Jahren zeigte sich, dass die Wirkung von Biokraftstoffen, effizienteren Motoren und mehr Elektroautos auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Verkehrs verpufft, wenn gleichzeitig die Verkehrsleistung ansteigt und der Trend zu schweren, verbrauchsintensiven Fahrzeugen anhält. Es ist daher Zeit, eine umfassende Energiewende auf die Straße zu bringen.

<sup>33</sup> ADAC 2019.

<sup>34</sup> Inrix 2018.

## 6 LITERATUR

ACATECH: Mobilitätsmonitor 2021, München 2021.

ADAC: Staubilanz 2020. München, 2021.

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (AEE): Die Energiewende auf die Straße bringen. Wie sehen es die Menschen in Deutschland? Berlin, 2018.

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

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

AGORA VERKEHRSWENDE: Klimabilanz von Elektroautos. Berlin, 2019.

AGORA VERKEHRSWENDE: 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.

BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE: Hitting the EV inflection point, Mai 2021.

BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2019. Bonn, 2020.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT: Werte Umwelt, 2021.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI): Verkehr in Zahlen 2020/2021. Flensburg 2020.

BUNDESVERBAND CARSHARING: CarSharing Statistik, Berlin 2021.

BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (BDI): Klimapfade 2050. Berlin, 2018. European Environment Agency: Monitoring progress of Europe's transport sector towards its environment, health and climate objectives. 2017.

DEUTSCHE INDUSTRIE- UND HANDELSKAMMER: Autonomes Fahren – Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungenanalyse. Köln, 2018.

DEUTSCHE UMWELTHILFE: Carsharing – umweltfreundlich oder nicht? Berlin, 2019.

EXPERTENKOMMISSION ENERGIE DER ZUKUNFT: Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019. Berlin u.a. 2021.

FISCHEDICK, MANFRED, GRUNEWALD, ARMIN (HRSG.): Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. Pfadabhängigkeiten in der Energiewende, Das Beispiel Mobilität. München, 2017.

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, München 2018.

INSTITUTE FOR MOBILITY RESEARCH (IFMO): Autonomous Driving, The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. 2016.

NITSCH, JOACHIM: Was für einen erfolgreichen Klimaschutz erforderlich ist. Stuttgart, 2021.

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.

TOP AGRAR: Neue Biokraftstoffe führen zu höheren Klimagasemissionen. 20. Dezember 2018.

UNION ZUR FÖRDERUNG VON OEL- UND PROTEINPFLANZEN (UFOP): THG-Quotengesetz stärkt Nachfrage nach Raps, Pressemitteilung vom 21.06.2021.

UMWELTBUNDESAMT: Fahrleistungen, Verkehrsleistungen und „Modal Split“. Dessau, 2021.

UMWELTBUNDESAMT (UBA): Umweltbewusstsein in Deutschland, Berlin/Dessau, 2021.

VERBAND DER DEUTSCHEN BIOKRAFTSTOFFINDUSTRIE (VDB), (OVID), VERBAND DER ÖLSAATENVERARBEITENDEN INDUSTRIE IN DEUTSCHLAND (OVID), UNION ZUR FÖRDERUNG VON OEL- UND PROTEINPFLANZEN (UFOP): Deutsche wollen mehr Biokraftstoffe tanken, Berlin 2021.

## IMPRESSUM

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.  
EUREF-Campus 16  
10829 Berlin

Tel.: 030 200535 30  
Fax: 030 200535 51

E-Mail: [kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.de)  
Web: [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

