



ZWISCHENBERICHT 03/2019

WEGE ZUR ERREICHUNG DER KLIMAZIELE 2030 IM VERKEHRSSEKTOR

A R B E I T S G R U P P E 1
KLIMASCHUTZ IM VERKEHR



NPM

NATIONALE PLATTFORM
ZUKUNFT DER MOBILITÄT



INHALT

VORWORT	4
1 MOBILITÄT IM WANDEL: KLIMASCHUTZ ALS CHANCE FÜR EIN ZUKUNFTSFÄHIGES MOBILITÄTSSYSTEM	6
2 TRANSFORMATION GESTALTEN: DIE ARBEITSGRUPPE „KLIMASCHUTZ IM VERKEHR“	11
2.1 WISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN DER ARBEIT IN DER AG 1	13
2.2 METHODISCHE ANSÄTZE DER ARBEIT DER AG 1	15
3 KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN: HANDLUNGSFELDER FÜR EIN KLIMAFREUNDLICHES UND INNOVATIVES VERKEHRS- UND MOBILITÄTSSYSTEM	18
3.1 KLIMASCHUTZZIELE IM VERKEHR: SECHS ZENTRALE HANDLUNGSFELDER	20
3.1.1 ANTRIEBSWECHSEL: PKW UND LKW (HANDLUNGSFELD 1)	20
3.1.2 EFFIZIENZSTEIGERUNG: PKW UND LKW (HANDLUNGSFELD 2)	25
3.1.3 REGENERATIVE KRAFTSTOFFE (HANDLUNGSFELD 3)	30
3.1.4 STÄRKUNG SCHIENENPERSONENVERKEHR, BUS-, RAD- UND FUßVERKEHR (HANDLUNGSFELD 4)	36
3.1.5 STÄRKUNG SCHIENENGÜTERVERKEHR, BINNENSCHIFFFAHRT (HANDLUNGSFELD 5)	41
3.1.6 DIGITALISIERUNG (HANDLUNGSFELD 6)	44
3.2 NOTWENDIGKEIT EINES ITERATIVEN VORGEHENS	50
4 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK	51
5 ANHÄNGE	55
BIBLIOGRAFIE	55
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	58
INSTRUMENTE: BÜNDEL INNOVATIONEN-INFRASTRUKTUR-DIGITALISIERUNG (IID)	59
MAßNAHMENTABELLE	62
AG- UND REDAKTIONSTEAMMITGLIEDER	63
SITZUNGSTERMINE	65
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	66
GLOSSAR	70
IMPRESSUM	73

VORWORT

Mobilität ist ein zentraler Baustein der Lebensgestaltung und bedeutet individuelle Freiheit und gesellschaftliche Teilhabe. Der Verkehrssektor ist der größte Energieverbraucher in Deutschland und nach der Energiewirtschaft der drittgrößte Sektor bei der Erzeugung von Treibhausgasemissionen. Die deutsche Fahrzeugindustrie ist eine der Säulen unserer Wirtschaft und von großer Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung und die Sicherung der Beschäftigung in Deutschland. Für eine nachhaltige Mobilität der Zukunft ergibt sich daraus eine große Herausforderung: Es gilt die Klimawirkung zu reduzieren und durch innovative Maßnahmen die Wettbewerbsfähigkeit und die soziale Teilhabe gleichzeitig zu stärken. Auf den ersten Blick scheinen diese Herausforderungen unvereinbar zu sein. Dabei kann gerade die Innovationskraft in Wirtschaft und Wissenschaft und besonders ein gemeinschaftlich getragener Wille zu maßgeblichen Veränderungen führen. Dies spiegelt der politische Auftrag der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) und deren Zusammensetzung wider. Unter Einbeziehung unterschiedlicher Akteure aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft geht es darum, eine Strategie einer bezahlbaren und nachhaltigen Mobilität zu erarbeiten.¹

Der Klimaschutz stellt eine der besonderen Herausforderungen unserer Zeit dar. Deutschland ist bindende internationale Verpflichtungen eingegangen: Die Treibhausgasemissionen sollen bis 2030 um 55 % gegenüber 1990 sinken. Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung den Klimaschutzplan 2050 verabschiedet und damit die Weichen für die Umsetzung der internationalen Verpflichtungen gestellt. Der Klimaschutzplan gibt für den Prozess zum Erreichen der Klimaschutzziele inhaltliche Orientierung für alle Handlungsfelder und weist für die einzelnen Sektoren unterschiedliche Treibhausgasminderungsziele aus. Für den Verkehrssektor bedeutet das eine Reduktion von 40 bis 42 % bis 2030.

Über die Anforderungen des Klima- und Umweltschutzes hinaus bedingen auch technische, rechtliche und gesellschaftliche Veränderungen einen tiefgreifenden Strukturwandel in unserem Mobilitätssystem. Wir erle-

ben eine zweite Welle der Digitalisierung mit dem Trend zu Vernetzung, autonomen Systemen, digitalen Technologieplattformen, neuen Geschäftsmodellen und Dienstleistungen. Eine Herausforderung für etablierte Firmen, insbesondere im Automobilsektor, aber auch eine große Chance, gleichzeitig Umwelt- und Lebensqualität zu verbessern.

Die Fachleute in der NPM und besonders der Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“ haben sich der Aufgabe gestellt, Wege zu einer ausgewogenen, nachhaltigen Reduktion von Treibhausgasen im Verkehrssektor zu erarbeiten. Im Sinn einer ganzheitlichen Betrachtung des Themenkomplexes Mobilität erfolgt die Arbeit der AG 1 dabei in Abstimmung mit den übrigen Arbeitsgruppen der Plattform.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe haben wir die unterschiedlichen Argumente und Sichtweisen relevanter Stakeholder aufgenommen. Lösungselemente können neue Technologien wie Elektro- und Wasserstoffmobilität, defossilisierte Kraftstoffe und Nutzungsinnovationen sein. Lenkende Maßnahmen, wie zum Beispiel über den Preis oder staatliche Förderung, können hier ebenso eine Rolle spielen. Die intensive Betrachtung hat gezeigt, dass es nur mit einem Bündel von Maßnahmen und Instrumenten möglich sein wird, das gesteckte Treibhausgasreduktionsziel zu erreichen. Viele Instrumente und Maßnahmen erfordern Investitionsentscheidungen und einige erzeugen auch Lasten. Die Politik ist daher gefordert, möglichst schnell Richtungsentscheidungen mit langem Wirkungshorizont zu treffen und falls erforderlich eine gerechte Lastenverteilung vorzunehmen. Ganz im Sinne der lernenden Strategie der Bundesregierung sollte ein iterativer Ansatz verfolgt werden, um die Auswirkungen und komplexen Wirkzusammenhänge der gewählten Maßnahmen kontinuierlich zu überprüfen und gegebenenfalls bedarfsgerecht nachsteuern zu können.

Die Meilensteine 2030 und 2050 erscheinen weit entfernt. Dennoch müssen wir frühzeitig handeln, damit die getroffenen Maßnahmen rechtzeitig ihre Wirkung entfal-

¹ Vgl. CDU, CSU und SPD 2018, S. 75.

VORWORT

ten können. Bis beispielsweise andere und oft elektrische Fahrzeuge in höherer Anzahl produziert und genutzt werden, große Mengen synthetischen Kraftstoffs hergestellt oder importiert werden, die digitale Infrastruktur für eine vernetzte Mobilität ausgebaut ist, die Kapazitäten bei Bus und Bahn deutlich erhöht sind, Fahrradwege gebaut sind und vieles mehr, werden hohe finanzielle und zeitliche Investitionen mit teilweise langen Umsetzungszeiträumen erforderlich sein.

In diesem Sinne freut es uns sehr, dass die AG 1 der NPM mit ihrem ersten Zwischenbericht in kurzer Zeit eine wichtige Diskussionsgrundlage zur Erarbeitung einer zukunftsfähigen Mobilitätsstrategie vorlegt. Deutschland muss und kann Vorreiter einer nachhaltigen und innovativen Transformation der Mobilität sein.



PROF. DR. HENNING KAGERMAN

VORSITZENDER DER NATIONALEN PLATTFORM
ZUKUNFT DER MOBILITÄT



FRANZ LOOGEN

LEITER DER ARBEITSGRUPPE 1
„KLIMASCHUTZ IM VERKEHR“
DER NATIONALEN PLATTFORM
ZUKUNFT DER MOBILITÄT

1 MOBILITÄT IM WANDEL:

KLIMASCHUTZ ALS CHANCE FÜR EIN ZUKUNFTSFÄHIGES MOBILITÄTSSYSTEM

MOBILITÄT ALS ZENTRALES ELEMENT MODERNER GESELLSCHAFTEN



Mobilität² und Verkehr³ führen nicht nur zur Bewegung von einem Ort zum anderen, sondern entscheiden auch über soziale Teilhabe, die Freiheit des Einzelnen und gleichwertige Lebensverhältnisse in Städten und Regionen. Verkehrsinfrastrukturen und entsprechende Verkehrsangebote ermöglichen den Weg zur Arbeit ebenso wie zum kulturellen oder sportlichen Ereignis. Der Zugang zu Verkehrsdienstleistungen ist eine der Grundvoraussetzungen unseres gesellschaftlichen Zusammenhalts und muss daher für alle Menschen möglich sein, unabhängig von sozialem und gesellschaftlichem Status. Gleichzeitig tragen Verkehrsinfrastrukturen, Services und Transportangebote entscheidend zur Prosperität unserer Volkswirtschaft bei.

Vom Rohstoff zum Endprodukt – ohne Logistik als Steuerung und Planung von Güterströmen, Nachrichten und Personenströmen erreicht kein Lebensmittel den Markt, kein Päckchen die Verbrauchenden, keine Schraube die Automobilfabrik. Verkehr und Logistik sind wesentliche Treiber für Wohlstand und Lebensqualität und Grundvoraussetzung für die Handlungsfähigkeit von Unternehmen. Die gesellschaftspolitische Herausforderung bei der Erfüllung der Ziele des Klimaschutzplans besteht nun darin, individuelle wie unternehmerische Mobilitätswünsche und Transportanforderungen zu bedienen oder gar zu verbessern, gleichzeitig diese aber auch deutlich nachhaltiger zu gestalten.

KLIMASCHUTZ UND UMWELTSCHUTZ – ZWISCHEN INTERNATIONALEN VERPFLICHTUNGEN UND NATIONALEN HERAUSFORDERUNGEN

Ohne Zweifel spielen Mobilität und Verkehr für moderne Gesellschaften eine zentrale Rolle, auch wenn digitalisierte Prozesse helfen können, Fahrten und Transportwege zu verkürzen oder zu vermeiden. Zunehmende Verkehrsströme mit motorisierten Verkehrsmitteln bringen aber auch verschiedene negative Wirkungen mit sich: Hierzu gehören unter anderem Emissionen von Klimagasen und gesundheitsschädlichen Stickoxiden oder Feinstaub ebenso wie hoher Flächenverbrauch, Lärm, Stau und negative Gesundheitseffekte durch mangelnde Bewegung.

Mit einem Anteil von circa 18 % ist der Verkehr der drittgrößte Verursacher von Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in Deutschland⁴ und im Gegensatz zu anderen Sektoren sind die Emissionen seit 1990 nicht

² Unter Mobilität ist die Summe der Bewegungsmuster oder -wünsche einer Gruppe zu verstehen.

³ Verkehre sind die konkreten Ortsveränderungen von Menschen, Gütern und Nachrichten, also die Realisierung ihrer Mobilitäts- und Transportwünsche.

⁴ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2018, S. 38.

KAPITEL 1 | MOBILITÄT IM WANDEL

gesunken, sondern gestiegen (siehe Abbildung 2). Der Handlungsbedarf resultiert damit wesentlich aus dem Verkehrswachstum des motorisierten Verkehrs.

Laut dem Weltklimarat IPCC hat sich die mittlere Oberflächentemperatur der Erde gegenüber dem vorindustriellen Niveau bereits um circa 1 Grad Celsius erhöht⁵. Bei einem ungebremsten Emissionstrend könnte die anthropogene Erderwärmung bis Ende des Jahrhunderts 4 Grad Celsius oder mehr betragen. Dies hätte massive Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft, unter anderem Schäden durch Wetterextreme („Heißzeit“), sowohl in den Entwicklungs- als auch in den Industrieländern. In einem Sondergutachten von Oktober 2018 kommt der IPCC zu dem Ergebnis, dass die negativen Folgen des Klimawandels bei Einhaltung der 1,5-Grad-Celsius-Marke signifikant geringer ausfallen würden als bei einem Temperaturanstieg um 2 Grad Celsius⁶.

Die Europäische Union hat sich zum Ziel gesetzt, die europaweiten THG-Emissionen bis 2030 um mindestens 40 % und bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren⁷. Auf europäischer Ebene ist für die Sektoren Energie und Industrie seit 2005 ein Emissionshandelssystem implementiert. Für Sektoren außerhalb des Emissionshandels, dazu zählt der Verkehr, werden die Anstrengungen zur Emissionsminderung unter den Mitgliedstaaten geteilt (Effort-Sharing-Regulation). Die Bundesregierung ist nach der EU-Effort-Sharing-Entscheidung (gültig bis 2020) und der EU-Climate-Action-Verordnung (gültig ab 2020) rechtlich dazu verpflichtet, die THG-Emissionen Deutschlands in den nicht vom EU-Emissionshandel erfassten Bereichen bis 2020 um 14 % und bis 2030 um 38 % zu reduzieren (gegenüber 2005).

Mit der Unterzeichnung des Pariser Klimaschutzabkommens hat sich die Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, ihren Beitrag zu leisten, die globale Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen, um die schlimmsten Folgen des Klimawandels zu verhindern. Der Klimaschutzplan 2050 ist die Langfriststrategie der Bundesregierung zur Umsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens. Er orientiert sich am Leitbild der weitgehenden THG-Neutralität bis zur Mitte des Jahrhunderts und legt bis zum Jahr 2030 erstmalig für alle Sektoren spezifische Zielkorridore zur Reduktion von THG-Emissionen fest. Für den Verkehrssektor bedeutet dies, die Emissionen um 40 bis 42 % gegenüber 1990 zu reduzieren (siehe Abbildung 1).

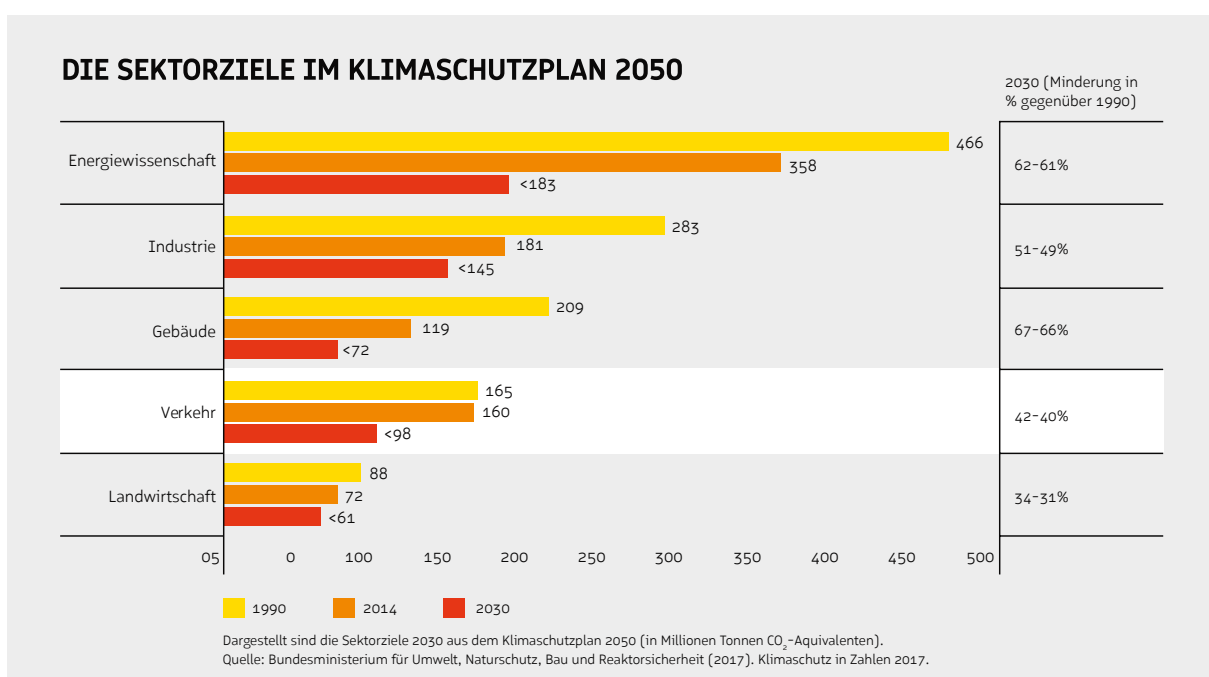


Abbildung 1: Die Sektorziele im Klimaschutzplan 2050 (BMU: Klimaschutz in Zahlen 2017)

⁵ Vgl. IPCC 2013.

⁶ Vgl. IPCC 2018.

⁷ Vgl. Europäische Kommission 2018.

TROTZ EFFIZIENTERER FAHRZEUGE: DIE GESAMTEMISSIONEN IM VERKEHRSSEKTOR STEIGEN

Insbesondere aufgrund der wachsenden Verkehrsleistung sind die Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Emissionen des Verkehrssektors trotz stetig verbesserter Fahrzeugeffizienz seit 1990 nicht zurückgegangen (siehe Abbildung 2). In den vergangenen Jahren wurden Anstrengungen unternommen, sowohl Fahrzeugemissionen zu senken, als auch zu einer veränderten Verkehrsmittelwahl zu kommen, so zum Beispiel durch Verbesserung des Schienen- und Radwegenetzes und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Obwohl diese Leistungen nachdrücklich zu würdigen sind, genügen sie nicht, in Summe die CO₂-Emissionen des Verkehrs zu reduzieren.

Außergewöhnliche politische Entwicklungen der vergangenen 30 Jahre wie die Folgen der deutschen Wiedervereinigung und die EU-Osterweiterung mit dem einhergehend zunehmenden Handel einer wachsenden Europäischen Union, aber auch gesellschaftliche Entwicklungen wie der steigende Wohlstand privater Haushalte, haben die Verkehrsnachfrage deutlich erhöht. Eine immer stärkere und internationalere Arbeitsteilung (insbesondere innerhalb der EU) sowie veränderte globale Produktionsstätten mit Anforderungen an verzweigte Logistikketten und Konsumgewohnheiten ließen und lassen vor allem den Güterverkehr insgesamt, insbesondere aber auf der Straße im Transitland Deutschland, deutlich ansteigen. Hinzu kommen ein erheblicher Anstieg bei Flugreisen, Pendlerverkehren, Freizeit-, Erholungs- und Einkaufsverkehren sowie der Trend zu größeren, schwereren und leistungsstärkeren Fahrzeugen.

Die Emissionen im Jahr 2017 betrugen rund 168 Millionen t CO₂-Äq. gegenüber 163 Millionen t CO₂-Äq. im Jahr 1990. Somit hat sich der Handlungsdruck weiter erhöht: Von heute bis 2030 müssen die Emissionen des Verkehrssektors in Deutschland um 42 bis 44 % gesenkt werden.

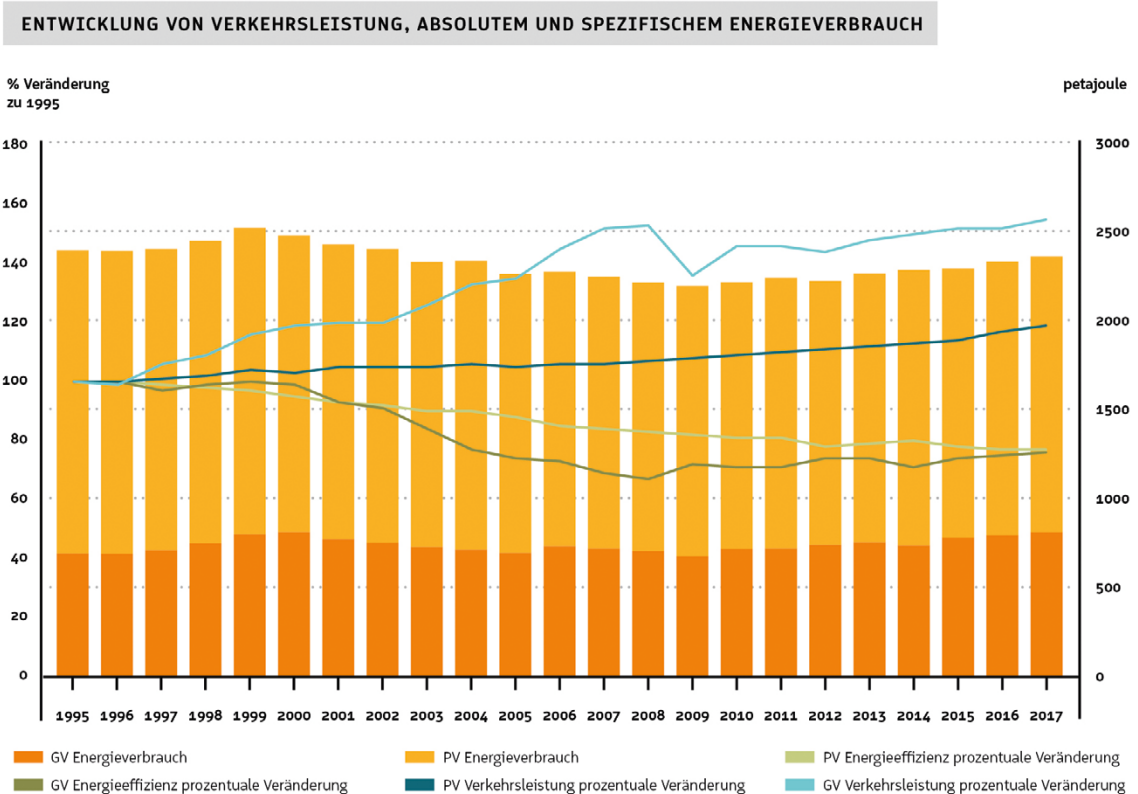


Abbildung 2: Entwicklung von Verkehrsleistung, absolutem und spezifischem Energieverbrauch

(GV – Güterverkehr, PV – Personenverkehr) (Darstellung Öko-Institut basierend auf TREMOD 5.82 vom 19.09.2018 (Basis für NIR 2019))

KAPITEL 1 | MOBILITÄT IM WANDEL

KLIMASCHUTZ ALS CHANCE – MOBILITÄTSWIRTSCHAFT IM AUFBRUCH

Klimaschutz und technologische Entwicklungen führen unser Mobilitätssystem in eine fundamentale Umbruchsphase. Dieser Umbruch bietet große Chancen für Wirtschaft und Gesellschaft. Ein zentrales Element sind technologische Treiber wie Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung. Auch die Defossilisierung von Kraftstoffen, die Entwicklung innovativer Mobilitätskonzepte und der Ausbau der Elektromobilität sowie der Schiene, des öffentlichen Nahverkehrs und des Rad- und Fußverkehrs bieten große Chancen – wenn die Rahmenbedingungen optimal gesetzt werden. Ein zukunftsfähiges Verkehrssystem

- verbraucht weniger Ressourcen,
- nutzt Infrastrukturen effizienter und
- bedient die Mobilitätsbedürfnisse nach individuellen Präferenzen bedarfsgerecht.

Es gilt die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors deutlich zu reduzieren, ohne Mobilität zu beschränken. Das gelingt zum Beispiel durch optimierte Routen, höhere Besetzungs- und Beladungsgrade, Verlagerung von Güter- und Personenverkehr von der Straße auf die Schiene, das Binnenschiff und den ÖPNV sowie bei Kurzstrecken auf den Fuß- und Radverkehr und durch neue Konzepte der Mikromobilität (zum Beispiel elektrische Kleinfahrzeuge wie E-Scooter).

- Eine nachhaltige Klimaschutzpolitik muss neben ökologischen auch ökonomischen und sozialen Aspekten Rechnung tragen. So kann sich eine gute Klimaschutzpolitik positiv auf die volkswirtschaftliche Leistung auswirken. Die frühzeitige Konzentration auf Zukunftsmärkte und die Investition in klimafreundliche und ressourcenschonende Produkte und Dienstleistungen bieten Chancen, um bestehende Arbeitsplätze zu sichern, neue Arbeitsplätze zu schaffen und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Bereits heute engagieren sich Unternehmen, Dienstleister und neue Marktakteure sowie die öffentliche Hand in vielfältiger Weise für eine klimaschonende Mobilität. Die öffentliche Hand finanziert als maßgeblichen Beitrag zur Daseinsvorsorge den regionalen und lokalen Personenverkehr (SPNV, ÖPNV) und den Ausbau umweltverträglicher Fahrrad- und Fußwegeninfrastruktur. Die Automobilindustrie arbeitet am Umstieg auf alternative Antriebe, an neuen Fahrzeugen und Mobilitätsdienstleistungen, innovativen Instrumenten zur Verbesserung intermodaler Mobilität sowie Connected Services, die Mineralölindustrie entwickelt alternative Kraftstoffe und die Energiewirtschaft arbeitet an der Bereitstellung notwendiger Netzkapazitäten und Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität.
- Bund, Länder und Kommunen sowie Verkehrsunternehmen investieren in Angebotserweiterung und Verbesserung der Servicequalität, um den öffentlichen Verkehr attraktiver zu gestalten. Es werden neue Mobilitätsangebote entwickelt, der öffentliche Nahverkehr und Fahrradrouten sowie Fußwege ausgebaut und neue Mobilitätskonzepte wie Ridesharing erprobt. Auch die Förderung von Ladeinfrastruktur sowie die Beschaffung von Elektrofahrzeugen für kommunale Flotten, seien es Busse oder Müllfahrzeuge, ist bereits angelaufen. Dabei sind neben den Kommunen und der Automobilindustrie auch zahlreiche neue Akteure, insbesondere Start-ups mit digitalen Mobilitätslösungen, aktiv.
- Gesellschaftliche Akteure wie zum Beispiel Umweltverbände, Verbraucherschutzorganisationen und Verkehrsverbände arbeiten an innovativen Verkehrskonzepten, der Reduktion des Verkehrsaufkommens und der Ausrichtung der Mobilität an Lebensqualität und Umweltschutz.

Durch die Kombination von nachhaltigen Mobilitätsangeboten, Energiedienstleistungen, Digitalisierung und Automatisierung eröffnen sich innovative Geschäftsmodelle für Unternehmen aus den verschiedensten Branchen: Digitale Systeme zur Materialfluss- und Beladungsplanung beispielsweise können in der Logistik höhere Beladungsgrade ermöglichen, Leerfahrten reduzieren und Kosten einsparen. Im Bereich des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs können Konzepte für die erste und letzte Meile den Zugang verbessern und somit die Nutzung erhöhen. In den

Ballungsgebieten, aber auch im ländlichen Raum, können innovative Angebote wie Ridesharing, Ridehailing⁸, Carsharing und andere Angebote das Mobilitätsangebot im Sinne der Kund/innen verbessern, Effizienzpotenziale im Verkehrssystem erschließen und unter anderem als Zubringer zum öffentlichen Verkehr diesen ergänzen. Dabei spielt die Möglichkeit des Fahrradparkens an Haltestellen des öffentlichen Verkehrs (ÖV) und der damit verbundene Ausbau bewirtschafteter Einrichtungen für Park and Ride (P+R) und Bike and Ride (B+R) ebenfalls eine Rolle.

Letztlich bringen die durch den Klimaschutz dynamisierten Innovationen auch den Verbraucher/innen Vorteile. Neben positiven Effekten auf Klimawirkungen und den Schadstoffausstoß profitieren diese auch von niedrigeren Energieverbräuchen und individuell zugeschnittenen Mobilitätsangeboten sowie von kürzeren Wegen und verdichteten und durchmischten Nutzungen⁹ zwischen Wohnort, Bildungsort, Freizeit, Erholung, Einkaufen und Arbeitsplatz.

Da Aktivitäten zum Klimaschutz im Verkehr international an Relevanz gewinnen, können die Mobilitätswirtschaft und die Energiewirtschaft zukünftig auch in Deutschland erprobte Modelle auf einem internationalen Markt anbieten und einsetzen. So entstehen Wertschöpfungschancen auch im internationalen Kontext.

Wie bei anderen Transformationsprozessen stehen zu Beginn jedoch auch hier Investitionen, Risiken und notwendige politische Richtungsentscheidungen. Verlässliche und frühzeitig kommunizierte Rahmenbedingungen sind essenziell für die Planungssicherheit und fördern die notwendige Entwicklung eines Marktes für nachhaltige Mobilitätslösungen. Dabei ist es an der Politik, die Rahmenbedingungen so auszugestalten, dass Anreize für Klimaschutz im Verkehr mit einer Mobilität verschränkt werden, die für alle bezahlbar und zugänglich bleibt, und der Zugang verbessert wird.

WIRTSCHAFTSFAKTOR MOBILITÄT

Die Bedeutung der verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereiche für die deutsche Volkswirtschaft ist immens: 3,8 bis 4,4 Millionen Erwerbstätige sind hier direkt beschäftigt – das ist jeder/jede zehnte Erwerbstätige in Deutschland. Die Wertschöpfung in verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereichen betrug im Jahr 2014 309 Milliarden Euro – das entspricht etwa 11 % der gesamten Wertschöpfung. Die Produktion, der Handel und die Instandhaltung von Fahrzeugen vereinen den größten Teil der Wertschöpfung in verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereichen auf sich (57 %), gefolgt von Verkehrsdienstleistungen (40 %). Die restlichen 3 bis 4 % verteilen sich zu gleichen Teilen auf die Bereiche Kraftstoffe und Infrastruktur.

Die Zahlen machen deutlich, wie viele Menschen im Hinblick auf ihre Erwerbstätigkeit unmittelbar von Veränderungen unseres Mobilitätssystems betroffen sind und wie stark unser Wohlstand von diesen Wirtschaftszweigen abhängt. Mobilität und Logistik nehmen hier also eine Schlüsselposition ein. Sie sind eine Grundvoraussetzung für gesellschaftlichen Wohlstand und erschöpfen sich dabei nicht nur in wirtschaftlicher Prosperität. Mobilität ist zentraler Baustein der Lebensgestaltung und steht für individuelle Freiheit und gesellschaftliche Teilhabe.

Über Jahrzehnte haben sich in Deutschland wettbewerbsfähige Wertschöpfungsketten und -strukturen entwickelt, von denen sich einige nun durch Veränderungen des Antriebsstrangs und der Kraftstoffe, der Verkehrsorganisation und neuer klimaschutzpolitischer Rahmenbedingungen anpassen müssen. Nicht nur die Automobilindustrie, sondern auch die Energiewirtschaft und Teile der chemischen Industrie, der metallverarbeitenden Industrie, der Elektro- und Mineralölindustrie sowie viele andere mit der Mobilitätswirtschaft verwobene Wirtschaftszweige werden hier vor Herausforderungen gestellt. Wirtschaftswachstum und die Erreichung sinkender CO₂-Emissionen müssen in Einklang gebracht werden. Es gilt jetzt die Chance zu nutzen, Transformation zu gestalten, die Basis für neue, nachhaltige Wertschöpfungsketten anzulegen und so Beschäftigung zu sichern. Deutschland hat die Möglichkeit, sich durch eine gezielte politische Steuerung in Zukunftsmärkten zu positionieren und den Wandel gleichzeitig sozialverträglich zu gestalten.

⁸ Ridehailing ist eine Möglichkeit für den individuellen Transport von Haus zu Haus. Ridehailing Services nutzen onlinefähige Plattformen, um Passagiere mit lokalen Fahrer/innen mit ihren privaten Fahrzeugen zu verbinden. Ridesharing hingegen ist eher wie eine organisierte Fahrgemeinschaft und bedeutet im Wesentlichen die gemeinsame Nutzung von freien Sitzen mit Mitfahrer/innen, die ein ähnliches Ziel haben beziehungsweise in die gleiche Richtung müssen.

⁹ Entsprechend der Leipzig-Charta von 2007 und ihrer geplanten Fortschreibung ab 2020.

JETZT HANDELN, UM NEGATIVE ÖKONOMISCHE KONSEQUENZEN ZU VERHINDERN

Bereits jetzt ist zu erwarten, dass Deutschland seiner Verpflichtung in den „Nicht-ETS-Sektoren“¹⁰ für 2013 bis 2020 nicht vollständig nachkommen wird. Tritt dieser Fall ein, muss Deutschland bei anderen EU-Mitgliedern überschüssige Nicht-ETS-Emissionsrechte kaufen, um einen Ausgleich herbeizuführen. Sollte sich der aktuelle Trend fortsetzen und die Nicht-ETS-Klimaschutzziele für die Jahre 2021 bis 2030 verfehlt werden, könnte der deutsche Bundeshaushalt erheblich belastet werden. Die Kosten lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht eindeutig beziffern. Die Summe ist unter anderem davon abhängig, wie hoch die Verfehlungen in anderen Ländern ausfallen und zu welchem Preis ein Handel mit Emissionsrechten stattfinden wird. Diese Kosten motivieren zusätzlich, die notwendigen Investitionen für den Klimaschutz im Verkehr zu tätigen.

Angesichts der Entwicklungen der CO₂-Emissionen in Deutschland sind weitere Anstrengungen und politische Instrumente notwendig, um die nationalen Klimaschutzziele zu erreichen und damit auch den Zukauf von Emissionsrechten zu umgehen. Die Umsetzung der selbst gesteckten Ziele der Bundesregierung im Klimaschutzplan 2050 sowie die eingegangenen Verpflichtungen auf europäischer und globaler Ebene werden nur gelingen können, wenn der Verkehrssektor seinen Beitrag dazu leistet.

2 TRANSFORMATION GESTALTEN

DIE ARBEITSGRUPPE „KLIMASCHUTZ IM VERKEHR“

GRÜNDUNG DER NPM UND EINBERUFUNG DER KOMMISSION „ZUKUNFT DER BEZAHLBAREN UND NACHHALTIGEN MOBILITÄT“

Mit dem Kabinettsbeschluss vom 19. September 2018 hat die Bundesregierung die im Koalitionsvertrag vereinbarte Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) eingesetzt, unter anderem um Wege aufzuzeigen, wie den Herausforderungen des Klimaschutzes im Verkehrsbereich begegnet und die sich bietenden Chancen genutzt werden sollen. Unter Einbeziehung von Wirtschaft und Teilen der Zivilgesellschaft wird an Ideen und Konzepten für ein zukunftsfähiges Mobilitätssystem gearbeitet. Dabei beraten die Mitglieder der Plattform in insgesamt sechs Arbeitsgruppen zu verschiedenen Themenbereichen über die notwendigen strategischen Weichenstellungen im Mobilitätsbereich. Über einen Lenkungskreis werden die Empfehlungen der Arbeitsgruppen an die Politik übermittelt. Mit der konstituierenden Sitzung des Lenkungskreises am 26. September 2018 hat die NPM ihre Arbeit aufgenommen. Eine Beratende Kommission mit Mitgliedern aus dem Bundestag stellt die Anbindung der Arbeiten an das Parlament sicher.

¹⁰ Der Nicht-ETS-Bereich deckt die Sektoren Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft und kleinere Teile von Energiewirtschaft und Industrie ab. Hier etabliert die Climate-Action-Verordnung verbindliche nationale THG-Ziele.

Die folgende Darstellung zeigt den Aufbau der Plattform und die verschiedenen Arbeits- und Themenschwerpunkte der sechs Arbeitsgruppen (AGs).



Abbildung 3: Aufbau der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (Quelle: NPM)

Die ursprünglich im Koalitionsvertrag geplante Kommission zum Klimaschutz, die eine Strategie zur Zukunft einer bezahlbaren und nachhaltigen Mobilität erarbeiten soll¹¹, wurde als AG 1 „Klimaschutz im Verkehr“ in der NPM eingerichtet. Unter Einbeziehung verschiedenster Akteure aus Wirtschaft, Umweltverbänden, Gewerkschaften, Verbraucherorganisationen sowie Vertretern von Ländern und Kommunen (siehe Mitgliederliste der AG 1 im Anhang) identifiziert die AG 1 – in gemeinsamer Verantwortung mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) – geeignete Instrumentenbündel zur Erreichung des Sektorziels 2030 unter Berücksichtigung ihrer Wechselwirkungen in Ökonomie und Gesellschaft. Die breite Besetzung des Gremiums ist dabei von wesentlicher Bedeutung, um mit den zentralen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Akteuren des Verkehrsbereichs Empfehlungen zu erarbeiten. Im Zeitraum September 2018 bis März 2019 kam die AG 1 zu zehn AG-Sitzungen zusammen. Zusätzlich wurde ein Redaktionsteam gebildet, das sich sechs Mal traf (Auflistung der Termine siehe Anhang).

ARBEITSAUFTRAG UND SELBSTVERSTÄNDNIS DER AG 1 „KLIMASCHUTZ IM VERKEHR“

Die AG 1 hat von der Bundesregierung den Auftrag erhalten, geeignete Handlungsfelder und Instrumente zur Erreichung des Klimaschutzziels 2030, einer THG-Minderung im Verkehrssektor von 40 bis 42 %, zu empfehlen. Die Empfehlungen der AG 1 werden in die Beratungen für das im Klimaschutzplan 2050 festgelegte Maßnahmenprogramm zur Sicherstellung der Erreichung des Klimaschutzziels 2030 eingehen und unterstützen die Arbeit der neu geschaffenen und im Bundeskanzleramt angesiedelten Gremien Konzentrierte Aktion Mobilität und Klimakabinett. Leitlinie für die Diskussionen der AG 1 ist es, eine nachhaltige und klimafreundliche sowie auch zukünftig bezahlbare Mobilität sicherzustellen. Die vorgeschlagenen Instrumente beziehungsweise Instrumentenbündel sollen daher die klimapolitische Zielerreichung absichern, aber auch positiv auf die wirtschaftliche Entwicklung und den gesellschaftlichen Zusammenhalt wirken.

¹¹ CDU, CSU und SPD 2018, S. 75.

Vor diesem Hintergrund ist es zentral, die AG-übergreifende Zusammenarbeit der gesamten Plattform weiterzuführen. Denn gerade hinsichtlich der Schnittstellenthematik „Klimaziele 2030“ ist ein intensiver Austausch aller Arbeitsgruppen der NPM in Hinblick auf deren Fokusthemen essenziell: elektrifizierte Antriebs- und alternative Kraftstoffarten (AG 2), digitalisierte Mobilitätskonzepte (AG 3), Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandorts (AG 4), gezielter Infrastrukturausbau (AG 5) und Standardisierung nachhaltiger Technologien (AG 6). Hier gilt es die Zusammenarbeit zu intensivieren und über den Zeitverlauf gemachte Annahmen zu validieren und verschiedene Entwicklungen unter Monitoringaspekten zu begleiten. Die Arbeit der AG 1 und die damit verbundene AG-übergreifende Zusammenarbeit geht über die Abgabe des vorliegenden Zwischenberichtes hinaus.

2.1 WISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN DER ARBEIT IN DER AG 1

DAS REFERENZSZENARIO ALS RECHENGRUNDLAGE UND PLAUSIBLE TRENDFORTSCHREIBUNG

Einer der Ausgangspunkte für Bewertungen der AG 1 ist das im Auftrag des BMVI erstellte Referenzszenario zur Entwicklung der Emissionen im Verkehrssektor bis 2030. Es ist das Ergebnis eines Berechnungsmodells, das ein Gutachterkonsortium¹² im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) entwickelt hat. Das Referenzszenario dient als Basis für die Bewertung der CO₂-Minderungswirkung von Instrumenten zum Klimaschutz im Verkehr. Das Gutachterkonsortium der MKS steht ebenso wie das Öko-Institut der AG 1 als unabhängiger Gutachter zur Verfügung und unterstützt die Arbeit der AG 1 mit Modellierungen, (Neu-)Berechnungen von Minderungspotenzialen, verkehrswissenschaftlichen Daten und wissenschaftlicher Fachkompetenz.

Das verwendete Referenzszenario basiert auf einem dynamischen Systemansatz, der die komplexen Interaktionen verschiedenster verkehrsbezogener und ökonomischer Variablen abbilden kann. So haben zum Beispiel Änderungen von Energiepreisen Auswirkungen auf die Wahl des Verkehrsmittels, das Verkehrsaufkommen, die Flottenzusammensetzung und weitere Variablen. Das Modell kann daher vielfältige Feedback- und Rebound-Effekte abbilden. Auch ökonomische Sekundäreffekte werden im Referenzszenario berücksichtigt, zum Beispiel über Veränderungen der Transportdienstleistungen sowie Investitionen in Fahrzeuge, Infrastrukturen und deren Vorleistungen. Ökonomische Veränderungen wirken sich wiederum auf den Verkehr aus, da die Personenverkehrsnachfrage durch Beschäftigung und Einkommensentwicklung beeinflusst wird.

Das Referenzszenario ist ein konsistenter Rahmen, der eine einheitliche Bewertung der THG-Minderung von Instrumenten und Maßnahmen ermöglicht. Die auf dem Referenzszenario basierenden Berechnungen führen zu einer Reihe von Veränderungen wie zum Beispiel Effizienzsteigerungen, beschleunigten Markthochläufen von alternativen Antrieben, veränderten Fahrleistungen und Verkehrsträgerwechsel. Aus Effizienzsteigerungen über die Referenz hinaus sowie aus anderen Effekten abzüglich der Referenzentwicklung lassen sich die THG-Wirkungen ermitteln.

Damit bieten die Berechnungen eine gute Basis, um die Bewertung von Instrumenten und Maßnahmen zu unterstützen. Die auf dem Referenzszenario basierenden Berechnungen zu Emissionsminderung und Kosten sind trotz aller Präzision und Komplexität im Modell Prognosen und – wie jedes Modell – eine vereinfachte Darstellung der Wirklichkeit. Beispielsweise können der Ölpreis, die Entwicklung der wirtschaftlichen Gesamtsituation oder technische Verbesserungen nur angenommen werden. Die Parameter des Modells wurden so kalibriert, dass sie empirische Werte bestmöglich abbilden. Beim Referenzszenario handelt es sich also um eine plausible Trendfortschreibung mit dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Erstellung.

¹² Unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI zudem bestehend aus den Partnern Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, M-FIVE GmbH, PTV Group und Technische Universität Hamburg (TUHH).

ZENTRALE PROJEKTION DES REFERENZSZENARIOS UND HANDLUNGSERFORDERNIS

Das Referenzszenario berücksichtigt in seiner Projektion für 2030 alle Instrumente mit Bezug zum Klimaschutz, die bis Mitte 2017 beschlossen wurden. Die seit Mitte 2017 beschlossenen Instrumente, wie zum Beispiel die Pkw-Effizienzstandards der EU für die Post-2021-Phase, wurden innerhalb der AG-Diskussionen thematisiert und sind entsprechend in weitere Berechnungen eingeflossen. Die Modellierung des Referenzszenarios kommt zu dem Ergebnis, dass ohne den Einbezug weiterer Maßnahmen die Verkehrsleistung bis 2030 weiter zunimmt: im Personenverkehr um 6,6 % und im Güterverkehr um 23,4 % (jeweils gegenüber 2015)¹³. Im Straßengüterverkehr erhöhen sich die Emissionen dadurch von 36,7 Millionen t CO₂-Äq. auf 42,4 Millionen t CO₂-Äq.¹⁴ Im Personenverkehr kommt es trotz der steigenden Verkehrsleistung zu einer Reduktion von 109,1 Millionen t (2015) auf 90,2 Millionen t CO₂-Äq. (2030). Das liegt vor allem an den CO₂-Standards der EU für 2021 (95-Gramm-Ziel), die zu einer deutlichen Reduktion der durchschnittlichen Emissionen neu zugelassener Fahrzeuge ab 2021 führen und somit einen erheblichen Einfluss auf die Pkw-Flotte im Jahr 2030 haben, sowie an dem Markthochlauf von Elektrofahrzeugen.

Das Referenzszenario kommt zum Ergebnis, dass sich die Emissionen im Verkehrssektor bis 2030 auf 150 Millionen t CO₂-Äq. verringern. Das Klimaschutzziel der Reduktion von 40 bis 42 % gegenüber 1990 bedeutet jedoch eine notwendige Minderung auf 95 bis 98 Millionen t CO₂-Äq. Für die Erreichung des Klimaschutzziels im Verkehr bleibt somit eine Minderungslücke von weiteren 52 bis 55 Millionen t CO₂-Äq. Hierfür gilt es geeignete Ansatzpunkte und Instrumente zu identifizieren, um diese Reduktionen zu erreichen.

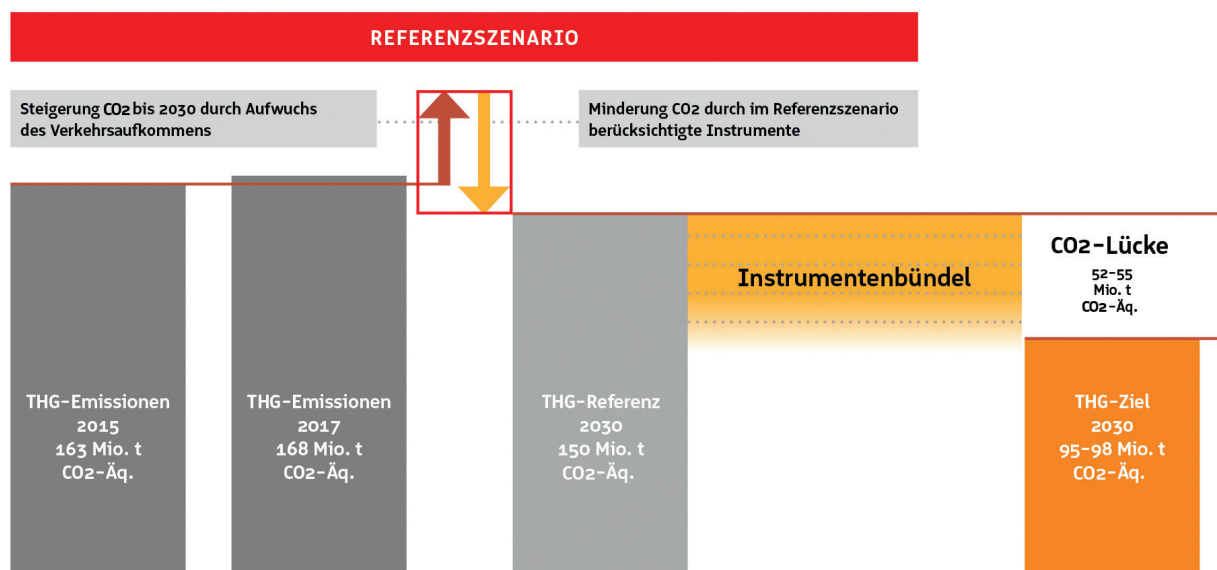


Abbildung 4: Zentrale Projektion des Referenzszenarios und Handlungserfordernis (eigene Darstellung)

¹³ Vgl. Schade et al. 2018.
¹⁴ Vgl. ebd.

SEKTORABGRENZUNG UND ERFASSUNG VON KLIMAGASEMISSIONEN

Die internationale Systematik der Sektorabgrenzung bei der Erfassung von Klimagasemissionen gibt vor, dass im Verkehrssektor ausschließlich die direkt durch die Fahrzeugnutzung erzeugten THG-Emissionen betrachtet werden. Hier wird von einer Tank-to-Wheel-Betrachtung gesprochen. Andere indirekt dem Verkehr zuzuordnende Emissionen von Klimagasen wie der Energieaufwand für die Fahrzeugproduktion, Batterieherstellung, Stromerzeugung sowie die Emissionen bei der Herstellung von Kraftstoffen werden in anderen Sektoren betrachtet beziehungsweise fließen, falls die Herstellung im Ausland erfolgt, gar nicht in die nationalen Inventare ein. Maßnahmen im Verkehr wie zum Beispiel die Elektrifizierung des Antriebsstrangs, der Einsatz von Bio- und strombasierten Kraftstoffen werden entsprechend im Verkehrssektor als emissionsfrei bilanziert. Sie können aber gegebenenfalls bei ihrer Herstellung in anderen Sektoren beziehungsweise im Ausland höhere Emissionen induzieren, sofern dort nicht weitere Minderungsmaßnahmen umgesetzt werden, wie beispielsweise der Ausbau erneuerbarer Energien. Gerade vor dem Hintergrund der zunehmenden Elektrifizierung des Antriebsstrangs scheint dies wichtig, da dieser zwar zu einem deutlich geringeren Verbrauch an Treibstoffen führt, jedoch auch zu einem höheren Bedarf an elektrischer Energie. Die schnellstmögliche Umstellung des Energiesektors auf die Nutzung erneuerbarer Energien ist entsprechend der im Energiesektor vorgegebenen Sektorziele zu erreichen (unter anderem 65 % Erneuerbare-Energien-Anteil am Bruttostromverbrauch in 2030).

Zu beachten ist, dass damit für den Einsatz erneuerbarer Energien in der Sektorabgrenzung andere Bilanzierungsgrenzen zugrunde gelegt werden als beispielsweise in der RED II (Erneuerbare-Energien-Richtlinie), bei der es sich um eine Well-to-Wheel-Betrachtung handelt. Es kann also passieren, dass Instrumente, die einen positiven Minderungsbeitrag im Sinne der RED II erbringen, für die Erreichung des Sektorziels nicht angerechnet werden.

Das Ziel des Klimaschutzplans von 40 bis 42 % gilt für den nationalen Verkehr. Der mit einer hohen Klimawirkung verbundene innerdeutsche Luftverkehr wurde bislang in der AG 1 nicht diskutiert. Eine Vertiefung ist im folgenden Prozess vorgesehen. Nicht Teil des Ziels sind der internationale Luft- und Seeverkehr.

2.2 METHODISCHE ANSÄTZE DER ARBEIT DER AG 1

DIMENSIONEN FÜR DIE BEWERTUNG VON NACHHALTIGKEIT IM VERKEHR: DAS NACHHALTIGKEITSDREIECK

Die Mitglieder der AG 1 haben sich darauf verständigt, alle Klimaschutzinstrumente aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive zu betrachten. Dieser breite Nachhaltigkeitsansatz ermöglicht es, eine umfassende Bewertung vornehmen zu können.

Die unten stehende Darstellung beschreibt die aus der Verbindung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielen entstehenden Handlungsansätze. So beschreibt Suffizienz die Notwendigkeit, ökologische und soziale Belastungsgrenzen bei ökonomischen Entscheidungen zu beachten und den Ressourceneinsatz zu vermindern. Effizienz hingegen bedeutet, dass mit einem geringstmöglichen Aufwand an Ressourcen ein bestimmtes Ziel erreicht wird. Zentraler Faktor hierfür ist der Einsatz optimaler Technologien. Die Konsistenz richtet sich vor allem auf die Vereinbarkeit der Stoff- und Energieströme des Menschen mit denen der Natur. Das menschliche Wirken darf dabei nicht mit den ökologischen Kreisläufen in Konflikt geraten.

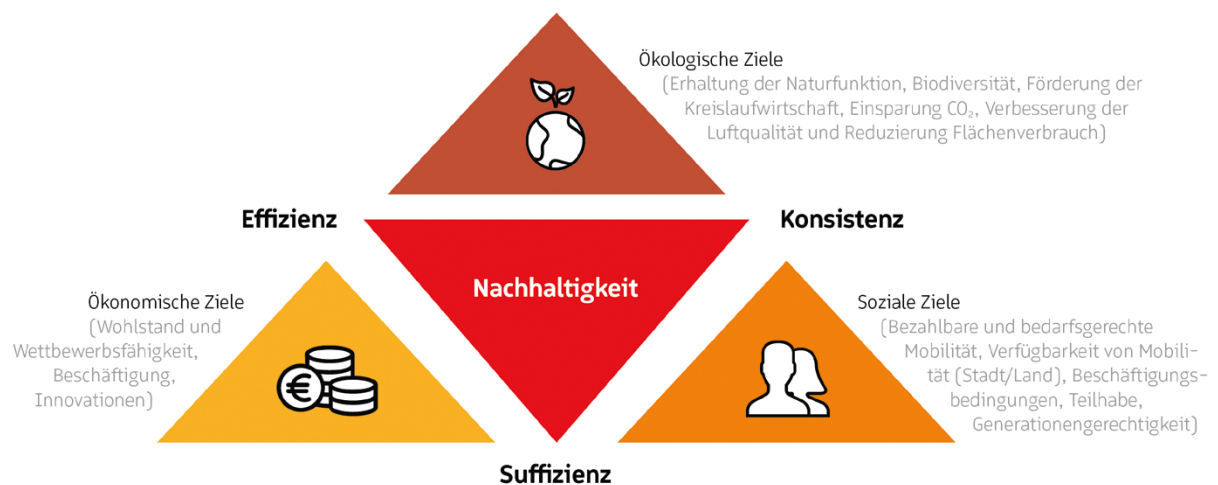


Abbildung 5: Nachhaltigkeitsdreieck im Verkehr (eigene Darstellung)

KAPITEL 2 | TRANSFORMATION GESTALTEN

STELLSCHRAUBEN FÜR KLIMASCHUTZ IM VERKEHR: DAS WIRKDREIECK

Klimaschädliche Emissionen können im Verkehrssektor durch verschiedene Ansatzpunkte reduziert werden. Die Mitglieder der AG 1 haben sich darauf verständigt, diese mittels eines Wirkdreiecks darzustellen.

Das Wirkdreieck setzt sich aus den Aspekten „Technologie und Infrastruktur“, „Nutzerverhalten“ und „Fahrzeugkilometer“ zusammen. Alle drei Aspekte verweisen auf die grundsätzlichen Möglichkeiten, wie mehr Klimaschutz im Verkehr erreicht werden kann. So bedarf es zum einen klimaschonender Technologien, die die Effizienz von Fahrzeugen weiter optimieren. Hierbei spielen vor allem alternative Antriebe und Kraftstoffe, aber auch aerodynamische Verbesserungen und die Verringerung des Fahrzeuggewichts eine zentrale Rolle. Gleichzeitig muss aber auch bei den Nutzer/innen selbst angesetzt werden. Es geht darum, gezielte Anreize zu schaffen, sodass der Umstieg auf klimaverträgliche (emissionsfreie oder emissionsarme) Verkehrsträger angeregt werden kann. Zudem gilt es aber auch, die klimarelevante Fahrleistung im Verkehr zu verringern. Beispielhaft und ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind die Aspekte des Wirkungsdreiecks in der unten stehenden Darstellung illustriert. Das Dreieck bietet der AG 1 eine Grundlage, um die Wirkungsweise ausgewählter Instrumente zu verorten und im Blick zu behalten, ob die ausgewählten Instrumente alle Ansatzpunkte ausgewogen adressieren.

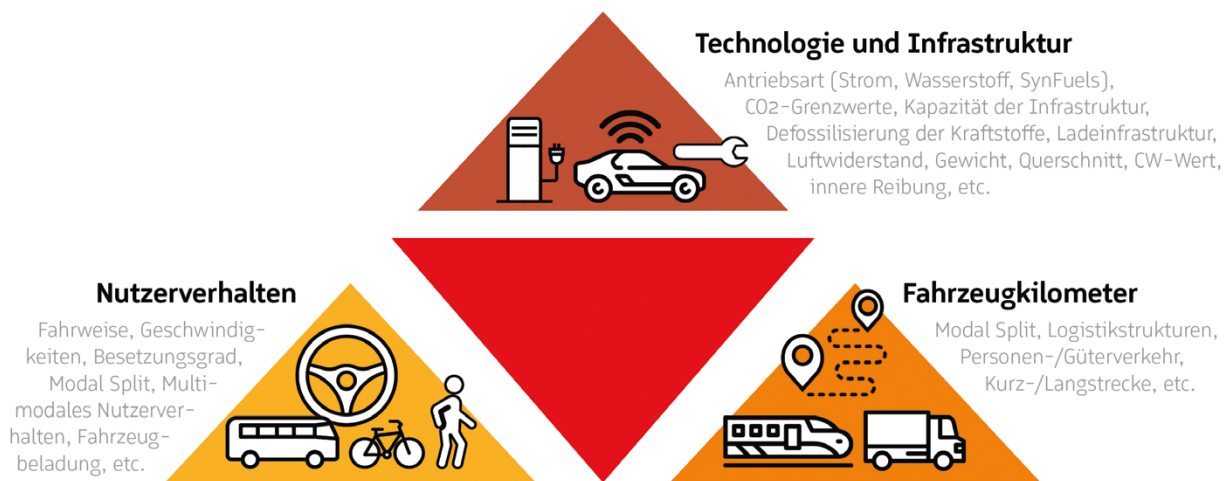


Abbildung 6: Wirkungsdreieck im Verkehrsbereich (eigene Darstellung)

DER ITERATIVE ANSATZ: KONSTANTES MONITORING UND AKTIVES NACHSTEUERN

Die AG 1 hat in ihren Diskussionen an vielen Stellen herausgearbeitet, dass die identifizierten Instrumente für Klimaschutz im Verkehr eines kontinuierlichen Monitorings hinsichtlich ihrer Effektivität und Wirkweise bedürfen. Es ist davon auszugehen, dass stetig neue relevante Einflüsse hinzukommen. Das trifft auf technische Entwicklungen, gesellschaftliche Anforderungen und wissenschaftliche Erkenntnisse sowie Kosten gleichermaßen zu. Deshalb legt die AG 1 ihren Bewertungen und Empfehlungen einen iterativen Ansatz zugrunde. Darüber werden zunächst die für die klimapolitische Zielerreichung umgehend anzustößenden Instrumente identifiziert. Mit den weiteren Iterations-schleifen gilt es auch, immer wieder neue Instrumente aufzunehmen, die zu diesem Zeitpunkt relevant werden. Auch besteht die Möglichkeit, Instrumente schrittweise anzupassen sowie bei Unsicherheiten und unerwünschten Wechselwirkungen nachsteuern zu können. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass den Unternehmen Planungs- und Rechtssicherheit für ihre im Hinblick auf die Erreichung der Klimaziele getätigten Investitionen gegeben werden kann.

Der iterative Ansatz geht in seiner Grundausrichtung Hand in Hand mit der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS), die als lernende Strategie¹⁵ konzipiert ist. Aufgrund der Komplexität des Mobilitätssystems und der multiplen Verflechtungen und Abhängigkeiten der verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereiche sowie der gesellschaftlichen Dimension kann dieses Vorgehen dazu beitragen, die mit dem Wandel einhergehenden Lasten und Kosten durch flexible (Nach-)Steuerung so gering wie möglich zu halten. So können formulierte Handlungsempfehlungen und bereits initiierte Instrumente überprüft und künftige Innovationen, neue Entwicklungen sowie veränderte Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

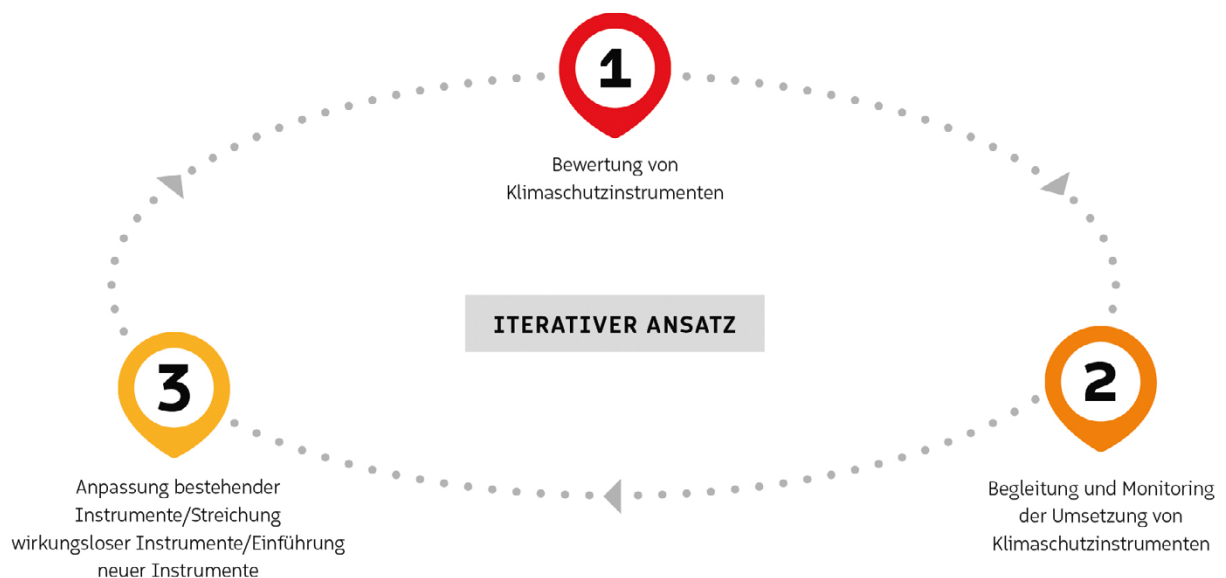


Abbildung 7: Iterativer Ansatz der AG 1 (eigene Darstellung)

3 KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

HANDLUNGSFELDER FÜR EIN KLIMAFREUNDLICHES UND INNOVATIVES VERKEHRS- UND MOBILITÄTSSYSTEM

Die AG 1 hat sechs Handlungsfelder (HF) identifiziert, die ein hohes Potenzial aufweisen, um zur Reduzierung der CO₂-Lücke wirksam beizutragen und die klimafreundliche Transformation des Verkehrssystems voranzutreiben (siehe 3.1):

- Handlungsfeld 1 – Antriebswechsel: Pkw und Lkw
- Handlungsfeld 2 – Effizienzsteigerung: Pkw und Lkw
- Handlungsfeld 3 – Regenerative Kraftstoffe
- Handlungsfeld 4 – Stärkung Schienenpersonenverkehr, Bus-, Rad- und Fußverkehr
- Handlungsfeld 5 – Stärkung Schienengüterverkehr, Binnenschifffahrt
- Handlungsfeld 6 – Digitalisierung

In allen Handlungsfeldern hat die AG 1 zentrale Kenngrößen herausgearbeitet, die ein mit den Klimazielen konformes Verkehrs- und Mobilitätssystem im Jahr 2030 beschreiben können. Dies sind zum Beispiel die Anzahl von Elektrofahrzeugen im Bestand, das heißt Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie Busse, aber auch der Anteil des Radverkehrs und des öffentlichen Verkehrs an der Verkehrsleistung oder der Binnenschifffahrt und des Schienengüterverkehrs an der Transportleistung im Güterverkehr. Um vorab die Machbarkeit der benannten Größen zu überprüfen, hat die AG 1 mögliche Hochlaufkurven der notwendigen Technologien und Infrastrukturen und die dafür erforderlichen Rahmenbedingungen für die einzelnen Handlungsfelder kritisch diskutiert.

Anliegen der AG 1 ist es, die Möglichkeiten der Realisierbarkeit dieser Hochlaufkurven¹⁶ auszuloten und realistische Empfehlungen für die Gestaltung der erforderlichen politischen Rahmenbedingungen zu geben. Aus diesen Kenngrößen je Handlungsfeld hat die AG 1 ein **Zielsystem 2030** für den Verkehrssektor abgeleitet (siehe Kapitel 3.2). Dieses Zielsystem legt die zahlreichen Handlungsbedarfe offen, die Wirtschaft, Politik und Gesellschaft gemeinsam zügig angehen müssen, um die CO₂-Reduktion von 40 bis 42 % bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990 zu erreichen.

Die im Zielsystem beschriebenen Kenngrößen können nur erreicht werden, wenn in den Handlungsfeldern geeignete **Maßnahmen und Instrumente** ergriffen werden. Um die Klimaschutzbeiträge in den einzelnen Handlungsfeldern zu erschließen, gilt es, die Möglichkeiten hinsichtlich Förderung und staatlicher Steuerung gut abzuwägen und auch die dafür notwendigen Investitionen, Kosten und Lasten in den Blick zu nehmen (siehe Kapitel 4).

Die wissenschaftlichen Analysen und Diskussionen zu deren Bewertung innerhalb der AG 1 haben deutlich gemacht, dass die Sektorziele im Verkehr nur mit einem Bündel – einer **gut aufeinander abgestimmten** Mischung von Investitionen, Maßnahmen und Instrumenten in den genannten Handlungsfeldern – zu erreichen sein werden. Um einen umweltfreundlichen und innovativen Verkehrssektor zu erreichen, ist es unabdingbar, die notwendigen Maßnahmen und Instrumente gleichzeitig zu adressieren. Unter Berücksichtigung des Konzepts der Nachhaltigkeit müssen diese dabei aufeinander abgestimmt werden. Es gilt die Chance zu ergreifen, neue Technologien voranzutreiben und die notwendigen Infrastrukturen zu stärken und auszubauen sowie Forschung zu fördern. Das ist die notwendige Voraussetzung, um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, um den Wirtschafts- und Mobilitätsstandort Deutschland zukunftsorientiert weiterzuentwickeln und sowohl Wohlstand als auch Beschäftigung zu sichern.

¹⁶ Realistische Annahmen zu den erforderlichen Hochlaufkurven sind für die betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftlich effiziente Entwicklung neuer Strukturen von enormer Bedeutung. Sie stellen sicher, dass die Entwicklungen in den verschiedenen Märkten unter Vermeidung von Fehlinvestitionen synchron ineinandergreifen.

Der notwendige **Maßnahmenmix** und die **parallele Adressierung aller Handlungsfelder** stellen aufgrund der zeitlichen Dringlichkeit alle Akteure vor große Herausforderungen. Aus diesem Grund empfiehlt die AG 1 ein iteratives Vorgehen in drei Stufen (siehe Kapitel 3.2). Dieser Innovationspfad zeigt in drei Phasen bis 2030 einen möglichen Weg auf, wie die Klimaschutzziele zu erreichen sind und wie die damit verbundenen Innovationspotenziale für ein zukunftsfähiges Mobilitätssystem nutzbar gemacht werden können.

3.1 KLIMASCHUTZZIELE IM VERKEHR: SECHS ZENTRALE HANDLUNGSFELDER

Die AG 1 hat zu allen sechs Handlungsfeldern die zentralen Fakten zusammengetragen. Die folgenden Seiten beschreiben die einzelnen Handlungsfelder. Die Darstellungen sind dabei nach dem folgenden Muster aufgebaut:

- Kurzbeschreibung
- Ist-Zustand, Zielkorridor und resultierendes THG-Minderungspotenzial
- Nachhaltigkeitsaspekte (ökologische, ökonomische und soziale Aspekte)

Wie die Beiträge der Handlungsfelder zum Erreichen der Klimaschutzziele erschlossen werden können, ist in Kapitel 4 beschrieben.

3.1.1 HANDLUNGSFELD 1: ANTRIEBSWECHSEL: PKW UND LKW

KURZBESCHREIBUNG

Durch den Wechsel auf **Antriebstechnologien**, die Erneuerbare Energien besonders effizient nutzen, wird die Treibhausgaswirkung von Pkw, Lkw und Bussen reduziert. Zentrale Technologie hierfür ist der Elektromotor, welcher unterschiedlich eingesetzt werden kann. Ein batteriebetriebenes Elektrofahrzeug nutzt den Strom direkt und hat daher den höchsten Wirkungsgrad.

Bei Pkw kann der Elektromotor in rein **batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV)**, **Plug-In-Hybridfahrzeugen (PHEV)** und **Brennstoffzellenfahrzeugen** zum Einsatz kommen. Eine weitere Option stellen für eine Übergangszeit auch **gasbetriebene Fahrzeuge**¹⁷ dar. Für **Lkw und Busse** stehen ebenfalls mehrere Technologien zur Verfügung, wie Oberleitungs-, batterie- oder wasserstoffbetriebene oder für eine Übergangszeit auch gasbetriebene Fahrzeuge.

Für den Klimaschutzbeitrag eines Antriebswechsels sind die **Erweiterung des Angebotes** und die **Nachfrage nach Fahrzeugen** mit alternativen, treibhausgasarmen bzw. -freien Antrieben sowie deren Diffusion in die Fahrzeugflotte (Bestand) notwendig.¹⁸ Die tatsächliche Geschwindigkeit der Diffusion alternativer Antriebe hängt vor allem vom Angebot und der **Kaufentscheidung der Kund/innen** ab. Dafür sind das verfügbare Angebot an Neuwagen, die Schaffung der Nutzungsvoraussetzungen (zum Beispiel Energieversorgung), die Nutzungsmuster und der Kaufpreis wichtige Parameter. Außerdem muss das Verkehrssystem an das sich mit der Einführung neuer Antriebe und

¹⁷ Gas ist als fossiler Energieträger aus Sicht einiger Mitglieder nicht dazu geeignet, die notwendigen CO₂-Einsparungen zu erreichen. Hierzu bestehen unterschiedliche Auffassungen. Andere Mitglieder vertreten die Auffassung, dass Gasantriebe durch Nutzung CO₂-neutraler Kraftstoffe (Biomass-to Liquid (BtG), Power-to Gas (PtG)) einen relevanten Beitrag zur CO₂-Minderung leisten können. Einige Akteure gehen davon aus, dass Gasantriebe bereits auf Basis von Erdgas kurzfristig CO₂ (-20 %) einsparen könnten sowie mittelfristig durch Nutzung von grünem Gas, das heißt CO₂-neutraler Kraftstoffe (BtG, PtG), einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Minderung leisten.

¹⁸ Die Nachrüstung von ursprünglich mit Verbrennungsmotoren ausgestatteten Fahrzeugen mit einem Elektromotor ist eine denkbare technische Option. Sie eignet sich insbesondere bei langlebigen Verkehrsmitteln wie Lokomotiven oder Binnenschiffen mit Lebensdauern von über 30 Jahren. Das Handlungsfeld Antriebswechsel (HF 1) befasst sich im Kern aber mit der Einführung alternativer Antriebe bei Neufahrzeugen.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Technologien verändernde Nutzer/innenverhalten angepasst werden. Dabei spielen politisch gesetzte Anreize wie zum Beispiel im Bereich Besteuerung und Förderung eine Rolle. Auch Erwartungen der Kund/innen hinsichtlich der durchschnittlichen technischen Lebensdauer, der durchschnittlichen Fahrleistungen und der Restwerte der im Markt befindlichen und der neuen Fahrzeuge haben einen Einfluss auf das Kaufverhalten. Zentral ist, ob alternative Antriebe für viele Kunden bei der nächsten Fahrzeugbeschaffung in der Gesamtabwägung attraktiver als Fahrzeuge mit Benzin- oder Dieselantrieb sind. Auch die Verfügbarkeit einer bedarfsgerechten Tank- und Ladeinfrastruktur (öffentlich und privat) ist entscheidend für den Antriebswechsel.

IST-ZUSTAND, ZIELKORRIDOR UND RESULTIERENDES THG-MINDERUNGSPOTENZIAL

Folgende Tabelle stellt dar, in welchem Umfang Antriebstechnologien bis 2030 unter dem Gesichtspunkt Klimaschutz bei positiven Rahmenbedingungen in den Markt kommen. Die Angabe geschieht in einem Zielkorridor, da Komplexität und diverse Unsicherheiten keine genaue Aussage zulassen. Hinzu kommt, dass eine sehr starke Auslegung in einem Handlungsfeld zu geringerer Notwendigkeit in anderen Handlungsfeldern führt.

	Ist-Zustand (2015) nach KBA	Zielkorridor	CO ₂ ggü. 2015	CO ₂ ggü. Ref. 2030
Pkw	19 Tsd. E-Pkw 494 Tsd. LPG-Pkw 81 Tsd. CNG-Pkw	7–10,5 Mio. ^{19 20} E-Pkw (BEV & Plug-in-Hybride) 0,4–3 Mio. Gas-Pkw 0–1,8 Mio. H ₂	E-Pkw: 15–23 Mio. t CNG: 0,2–1,4 Mio. t H ₂ : 0–4 Mio. t	E-Pkw: 6–13 Mio. t CNG: 0,1–1,3 Mio. t H ₂ : 0–4 Mio. t
LNF	25 Tsd. Gas-LNF 3 Tsd. E-LNF	0,35–0,8 E-LNF, 0,1 Gas	1,5–3,5 Mio. t	0,7–2,3 Mio. t
Lkw	keine E-Lkw 16 Tsd. Gas-Lkw	90–170 Tsd. xEV ²¹ (<20 t) 20–130 Tsd. xEV (>20 t) 70–130 Tsd. Gas (<20 t) 12–125 Tsd. Gas (>20 t)	xEV-Lkw: 4–19 Mio. t Gas-Lkw: 0,2–2 Mio. t	xEV-Lkw: 2–16 Mio. t Gas-Lkw: 0,2–2 Mio. t
Busse	1 Tsd. Gas-Busse 0,1 Tsd. E-Busse	Busse (ÖPNV): 5–16 Tsd. E/H ₂ -Busse	Busse: 0,5–1,8 Mio. t	Busse: 0–1,3 Mio. t ²²
			Gesamt: 21–56 Mio. t	Gesamt: 9–41 Mio. t

PKW

Alternativ zu mit Diesel oder Benzin betriebenen Verbrennungsmotoren können verschiedene Technologien zum Einsatz kommen:

- Im Jahr 2015 waren **19.000 elektrifizierte Pkw im Bestand**. Werden die Rahmenbedingungen vorausschauend und unter der Voraussetzung gestaltet, dass die Kund/innen die entsprechenden Produkte auch annehmen, ist unter optimalen Rahmenbedingungen ein stark wachsender Fahrzeugbestand für die nächsten Jahre zu erwarten.

¹⁹ BCG/Prognos 2018 rechnen bis 2030 mit 5,8 Millionen E-Pkw bei einem volkswirtschaftlichen kosteneffizienten Pfad, der mit der Zielsetzung von 7–10,5 Millionen Pkw bis 2030 verlassen wird und zu Mehrkosten führt.

²⁰ BCG/Prognos 2019 rechnen in einem Szenario mit Erreichung der Reduktionsziele des Klimaschutzplanes 2030 (40–42 %) in 2030 mit 6,6 Millionen bis 8,9 Millionen E-Pkw.

²¹ xEV steht hier für elektrifizierte Lkw mit den Optionen Batterie-Lkw, Wasserstoff-Brennstoffzellen-Lkw und Oberleitungs-Lkw.

²² Für Busse wird als Obergrenze ein Antriebswechsel für die Herstellerflotte angenommen (Flotte im ÖPNV im Referenzszenario 32.000 im Jahr 2030). Einsparpotenziale beziehen sich hier auf den Antriebswechsel in der bestehenden Flotte. Wirkung durch Verlagerung hin zum ÖPNV sind nicht miteinbezogen (vgl. auch Ref. ggü. 2015).

²³ BCG/Prognos 2019 gehen von 6,6 bis 8,9 Millionen Pkw aus.

²⁴ BCG/Prognos 2019 kommen auf 30 bis 40 %.

- Bezüglich der erforderlichen Anzahl elektrisch betriebener Fahrzeuge gibt es je nach Gutachten unterschiedlichste Aussagen. Die Industrie erachtet **7 bis 10,5²³ Millionen elektrifizierte Pkw** (BEV, PHEV) im Jahr 2030 als ambitioniert aber möglich. Dies erfordert, dass in den Jahren 2020 bis 2025 stark steigende sechsstellige Zulassungszahlen für elektrifizierte Pkw realisiert werden und ab 2025 sogar jährliche Zulassungszahlen im Millionenbereich: Das heißt, der Anteil an den Neuzulassungen muss auf 40 bis 45 %²⁴ ab 2025 steigen, um circa 7 Millionen elektrifizierte Pkw in 2030 zu erreichen. Die Erreichung von 10,5 Millionen elektrifizierten Fahrzeugen erfordert Neuzulassungsraten von 55 bis 60 % ab 2025.²⁵
- Im Jahr 2015 gab es einen Bestand von 575.000 Gasfahrzeugen. Als Potenzial für 2030 halten verschiedene Akteure einen Bestand von 0,4 bis 3 Millionen CNG-Fahrzeugen für möglich. Dies würde zu einer THG-Minderung von 0,1 bis 1,3 Millionen t gegenüber der Referenz in 2030 führen.

Derzeit ist die Anzahl an Brennstoffzellenfahrzeugen in Deutschland gering (wenige hundert), das Fahrzeugangebot beschränkt sich auf zwei Modelle und das öffentliche Tankstellennetz auf circa 60 Standorte. Mehrere neue Fahrzeugmodelle sind angekündigt und der Tankstellennetzausbau schreitet derzeit voran. Unter optimistischen Rahmenbedingungen kann ein realisierbares **Potenzial für 2030 von 0 bis 1,8 Millionen Brennstoffzellen-Pkw** angenommen werden, was zu einer THG-Minderung von 0 bis 4 Millionen t gegenüber der Referenz in 2030 führen könnte.²⁶

Die kürzlich beschlossenen **EU-Pkw-CO₂-Standards** verlangen eine Reduktion der CO₂-Emissionen der neu zugelassenen Fahrzeugflotten der Hersteller um **15 % bis 2025 und 37,5 % bis 2030**. Dies wird voraussichtlich nur mit einem deutlichen Hochlauf elektrisch angetriebener Pkw zu erreichen sein. Aufgrund der strukturellen Unterschiede zwischen den EU-Mitgliedstaaten, insbesondere mit Blick auf die jeweilige Aufnahmefähigkeit der Märkte für Elektromobilität, muss die Automobilindustrie in Deutschland voraussichtlich deutlich überproportional viele Elektrofahrzeuge in den Markt bringen.

Bei Bestandszahlen von circa 7 Millionen elektrifizierten Pkw in 2030 ergibt sich eine THG-Reduktion im Pkw-Bereich von circa 6 Millionen t CO₂ gegenüber der Referenz in 2030 (15 Millionen t CO₂ gegenüber 2015), bei 10 Millionen E-Pkw von 13 Millionen t CO₂ (23 Millionen t CO₂ gegenüber 2015).

LKW, LEICHTE NUTZFAHRZEUGE UND BUSSE

Aufgrund spezifischer Anforderungen sind die im Lkw-Bereich möglichen einzusetzenden Antriebsalternativen die Folgenden:

- Eine Option für Lkw ist die Elektrifizierung mittels Oberleitungen. Diese Technologie befindet sich für schwere Lkw noch in der **Pilot- oder Demonstrationsphase**. Bei entsprechender Ausstattung stark frequentierter Autobahnen sowie Zufahrtsstrecken zu Umschlaganlagen des kombinierten Verkehrs (KV) mit Oberleitungen könnten Lkw mit hohen Tagesfahrleistungen (zum Beispiel im Fernverkehr und im kombinierten Verkehr) elektrisch angetrieben werden. In drei Pilotprojekten wird der Einsatz von Oberleitungs-Lkw auf Autobahnen und Bundesstraßen in Deutschland im Praxisbetrieb getestet. Durch die direkte Stromnutzung besitzt diese Technologie einen **hohen Wirkungsgrad**, sodass geringe Ausgaben für Energie entstehen (bei entsprechender Ausgestaltung der Steuer- und Abgabenlast), was gerade im Güterverkehr eine wichtige Rolle spielt. Es existieren aber noch eine Reihe an relevanten Herausforderungen bei den Oberleitungs-Lkw.
- **Batterieelektrifizierte Lkw** existieren bisher fast nur als Prototypen oder als Kleinstserien von Umbauten konventioneller Lkw. Einige Hersteller bieten bereits im Bereich leichte Nutzfahrzeuge (LNF) elektrifizierte Fahrzeuge an. Die Elektrifizierung beginnt zurzeit bei den niedrigen Lkw-Gewichtsklassen, das heißt LNF bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht (zGG) über Lkw mit 3,5 bis 7,5 t zGG und von 7,5 bis 12 t zGG. Diese werden als

²³ Seitens der Umweltverbände wird ein deutlich höherer Hochlauf auf bis zu 14 Millionen elektrifizierte Pkw als erforderlich eingeschätzt.

²⁶ BCG/Prognos 2019 geht von anderen Werten aus. H₂-PKW können sich bis 2030 dort nicht durchsetzen.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

batterieelektrische Lkw angeboten und im städtischen Verkehr oder im Verteilerverkehr genutzt. Aber auch im Bereich der schweren Lkw (> 12 t zGG) wird die Elektrifizierung zunehmend Einzug halten. Bei batteriebetriebenen Lkw gibt es allerdings gerade für schwere Lkw mit hoher jährlicher Laufleistung eine starke Beeinträchtigung aufgrund der Volumen- und Nutzlastverluste aufgrund der geringen Energiedichte der Batterien.

- Im Rahmen kleinerer Feldversuche sind auch erste Lkw-Prototypen mit **Brennstoffzellenantrieb** im Einsatz. Die Lebensdauer der Brennstoffzelle bei Lkw (und auch den später behandelten Bussen) ist höher im Vergleich zu den Pkw, was den Einsatz dieser Technologie gerade für Lkw interessant macht.
- Im Bereich der **LNG-Lkw** sind erste Serienmodelle auf dem Markt. Diese Antriebsform bietet im Lkw-Bereich bei entsprechenden Rahmenbedingungen ein relevantes Markt- und THG-Minderungspotenzial. Das Potenzial zur THG-Reduktion im Verkehr ist allerdings deutlich geringer als bei einer Elektrifizierung. **LNG-Fahrzeuge** eignen sich vor allem in **Transportsegmenten**, die sich nicht oder nur schlecht elektrifizieren lassen, etwa Teile des Fern- oder Schwerlastverkehr zu Land und zu Wasser. Dies betrifft insbesondere schwere Lkw. In der Schifffahrt nutzen bereits heute Binnen- und Fährschiffe sowie erste Kreuzfahrtschiffe LNG.

Als einen theoretisch adressierbaren Markt für elektrifizierte LNF und Busse kann man bis 2030 ungefähr die Hälfte der Flotte ansetzen, welche aufgrund der Lebensdauer der Fahrzeuge bis dahin ausgetauscht werden wird. Für leichtere Lkw dürfte das Maximalpotenzial aufgrund der längeren Lebensdauern dieser Fahrzeuge niedriger liegen, für schwere Lkw könnte es bei koordiniertem und frühzeitigem Einstieg in die Elektrifizierung auch bei nahezu der Hälfte der Flotte liegen. Dies würde einem Bestand von über 100.000 elektrifizierten schweren Lkw im Jahr 2030 entsprechen. Das gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die notwendige Tank- oder Ladeinfrastruktur beziehungsweise Oberleitungsinfrastruktur für Lkw sofort begonnen wird auszubauen. Das könnte der Aufbau einer Ladeinfrastruktur für schwere Batterie-Lkw sein, von LNG-Tankstellen für Schwerlast-LNG-Lkw oder von Wasserstofftankstellen für Brennstoffzellen-Lkw. Alternativ beziehungsweise in Ergänzung kann ein Netz von Oberleitungen²⁷ über stark frequentierten Autobahnabschnitten errichtet werden. Hierbei wird mit Investitionen zwischen 2 bis 2,5 Millionen Euro pro Autobahnkilometer (beidseitig) gerechnet. Wird das genannte Potenzial von 170.000 xEV (< 20 t) und 130.000 xEV (> 20 t) elektrifizierten Lkw und 0,8 Mio. LNF mit Elektroantrieb im Jahr 2030 ausgeschöpft, sind rund 18 Millionen t CO₂-Reduktion gegenüber der Referenz im Jahr 2030 vorstellbar.

Im Bereich der **Busse** befinden sich bereits alle drei möglichen Technologien für schwere Straßenfahrzeuge im städtischen Linienverkehr im Einsatz: batteriebetriebene Busse, (Hybrid-)Oberleitungs-Trolley-Busse und Wasserstoff-Brennstoffzellenbusse. Oberleitungs-Trolley-Busse sind derzeit in drei Städten in Deutschland im Einsatz und weitere Städte diskutieren die Einführung. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Umgestaltung der Betriebshöfe mit der entsprechenden Ladeinfrastruktur bei der Implementation emissionsfreier Busse. Batterie-Busse haben in einigen Ländern wie China bereits relevante Marktanteile und in Deutschland beginnt sich diese Technologie derzeit ebenfalls zu etablieren. Bei Wasserstoff-Bussen (H₂-Bussen) gibt es derzeit Test- und Demonstrationsprojekte. Wird das oben genannte Potenzial über 5.000 bis 16.000 E- und H₂-Busse im Jahr 2030 ausgeschöpft, sind rund **0 bis 1,3 Millionen t CO₂-Reduktion** gegenüber der Referenz im Jahr 2030 vorstellbar.

NACHHALTIGKEITASPEKTE

PKW

Unter sozialen Aspekten des Antriebswechsels spielt vor allem das Thema **Beschäftigung** eine zentrale Rolle. Unabhängige Studien zeigen, dass allein im Bereich der Antriebssysteme durch die Faktoren Antriebswechsel und Produktivitätsfortschritt – unter anderem durch digitalisierte Produktion – circa 90.000 Arbeitsplätze in Deutschland bis 2030 per Saldo entfallen, insbesondere bei mittelständischen Zulieferunternehmen.²⁸ Die mittelbaren Auswirkungen

²⁷ Aus Sicht einiger Akteure ist es unsicher, ob die Option Oberleitungs-Lkw zum Tragen kommen kann, da diese Technologie sich noch im Erprobungsstadium befindet.

²⁸ Vgl. u.a. Fraunhofer IAO 2018, S. 83; Ausmaß des Personalbedarfsrückgangs mit Saldo-Effekten mit Produktivitätssteigerungen, bei Szenario 2 mit Produktionsanteil BEV= 40 %.

in anderen Wertschöpfungsstufen oder durch grundlegend neue Qualifizierungsanforderungen gehen deutlich darüber hinaus. Vieles hängt im Automobilbereich davon ab, ob die deutschen Unternehmen ihre derzeitige internationale Wettbewerbssituation erhalten können. Nach der Abwanderung eines Teils der Wertschöpfung in den letzten Jahren sind die Industrialisierung von neuen elektrischen Komponenten sowie der Aufbau einer bedarfsdeckenden Zellfertigung in Europa von entscheidender Bedeutung. Die von der Bundesregierung zur Förderung ausgeschriebene Zellfertigung kann hierfür nur ein erster Schritt sein. Die Automobilindustrie hat **für die deutsche Wirtschaft eine herausragende Bedeutung**. Es gilt, industriepolitische Herausforderungen sozial- und arbeitsmarktpolitisch zu flankieren.

Es ist deshalb notwendig, Einbußen von Arbeitsplätzen in der Produktion des klassischen Verbrennungsmotors durch neue Arbeitsplätze, zum Beispiel in der Batteriezellfertigung, aber auch in der Fertigung von Fahrzeugen für den öffentlichen Verkehr zu kompensieren. Die genauen Auswirkungen und Möglichkeiten der Abfederung werden von der AG 4 noch genauer erarbeitet und können daher in diesem ersten Bericht nicht abschließend beurteilt werden. In vielen Zukunftsfeldern wie der Ertüchtigung der Stromnetze, dem Aufbau einer intelligenten Ladeinfrastruktur und durch den Ausbau der erneuerbaren Energien können notwendige **Investitionen, Arbeitsplätze und Wertschöpfung in Deutschland geschaffen werden**. Dies gilt auch für entstehende **Spill-over-Effekte**, zum Beispiel dass Batterien preisgünstiger hergestellt werden und dadurch neue Einsatzfelder bei stationären Anwendungsfeldern erschlossen werden können.

Elektrofahrzeuge werden – abhängig vor allem von der schwer abschätzbaren Entwicklung der Batteriepreise – in den nächsten Jahren noch **teurer in der Anschaffung** sein als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, und der Anschaffungspreis spielt für viele Käufer/innen eine wichtige Rolle. Elektrofahrzeuge haben das Potenzial durch die **günstigeren laufenden Ausgaben bei Fahrstrom sowie Reparatur- und Instandhaltung** kurzfristig in einer Gesamtkostenbetrachtung wirtschaftlich zu werden. Dabei eröffnet eine zunehmende Elektrifizierung Möglichkeiten, völlig neue, kleinere Fahrzeugkonzepte um- und abzusetzen und die klassischen Segmente nach unten zu öffnen. Die sozialen Folgen für Mobilität von Menschen mit niedrigem Einkommen sind bei der Politikentwicklung und Instrumentierung zu berücksichtigen.

Schon heute weist ein durchschnittliches Elektroauto gegenüber einem herkömmlichen Verbrenner über die Lebenszeit des Fahrzeugs einen Klimavorteil auf. Weil die Nutzung zusätzlicher E-Fahrzeuge einen zusätzlichen Strombedarf erzeugt, der im Sinne des Klimaschutzes möglichst CO₂-frei sein sollte, ist der schnellstmögliche Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland im Sinne der Ziele im Energiesektor erforderlich.

Es sei darauf hinzuweisen, dass der Antriebswechsel bei Pkw und Lkw maßgeblich dazu beiträgt, dass die Steuereinnahmen aus der Mobilität signifikant sinken werden. Perspektivisch müssen daher auch Beiträge von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben erbracht werden.

Über die geringere **Lärm- und Luftschadstoffbelastung** durch die fortschreitende Elektrifizierung profitieren bei höheren Anteilen von elektrischen Fahrzeugen in der Flotte auch diejenigen Menschen, die an oder in der Nähe von stark befahrenen Straßen wohnen.

Da durch den Ausbau der Elektromobilität der **Bedarf an Rohstoffen** wie Lithium, Kobalt oder Mangan deutlich ansteigt, ist die Sicherstellung der nachhaltigen Gewinnung dieser Rohstoffe auf internationalen Märkten und die Weiterentwicklung sowie Sicherstellung des Recyclings als Innovationschance für die deutsche Industrie notwendig, da die in den Batterien verwendeten Metalle bei ihrer Gewinnung und Verarbeitung mit teilweise erheblichen Umweltbelastungen verbunden sind.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Es ist eine wichtige Aufgabe, dass sich die **Energie- und CO₂-Bilanz bei der Akkuproduktion in den kommenden Jahren verbessern** wird. Der Anteil erneuerbarer Energien am Strommix steigt und mit der einsetzenden Massenproduktion der Batteriezellen sinkt der Materialeinsatz. Durch Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien und die Hebung von Energieeffizienzpotenzialen sind **deutliche Einsparungen an Treibhausgasen bei der Batterieherstellung** möglich (50 % und mehr).

LKW, LEICHTE NUTZFAHRZEUGE UND BUSSE

Die **Nutzfahrzeug- und Transportbranche ist kostengetrieben**. Für den Hochlauf alternativer Antriebe ist eine **Total-Cost-of-Ownership-Betrachtung (TCO)** notwendig. Die Weitergabe von Mehrkosten in der Wertschöpfungskette ist nicht ohne Weiteres möglich.

Inwieweit ein Antriebswechsel für Lkw auch aus **betriebswirtschaftlicher Perspektive**²⁹ zu Kosteneinsparungen führt, ist derzeit noch ungewiss und hängt von den Preisen regenerativer Kraftstoffe (inklusive Strom), der Verfügbarkeit von Lade- und Tankinfrastruktur, der betriebswirtschaftlichen und logistischen Einsetzbarkeit der Fahrzeuge, ihrer Gebrauchtvermarktung sowie einer künftigen Bemaßung ab. Zunächst kommt es zum Teil zu deutlich höheren Kosten für die Beschaffung der Fahrzeuge. Sobald aber TCO-Parität mit herkömmlich angetriebenen Lkw erreicht ist und alle anderen Voraussetzungen für einen logistisch sinnvollen und betriebswirtschaftlich tragfähigen Einsatz gegeben sind, schwenken die Kund/innen auf BEV-, Gas/LNG-, Brennstoffzellen- oder Oberleitungs-Lkw um. Für den Abbau der Rohstoffe und die Auswirkungen auf Arbeitsplätze gelten ähnliche Aussagen wie bei den Pkw.

3.1.2 HANDLUNGSFELD 2: EFFIZIENZSTEIGERUNG: PKW UND LKW

KURZBESCHREIBUNG

Zur Effizienzsteigerung des Verkehrs gehören zwei Ansätze:

1. Verringerung des Energieverbrauchs im Fahrzeug pro gefahrenem Kilometer (**Fahrzeug- und Fahreffizienz**)
2. Verbesserung der Auslastung der Fahrzeuge und Optimierung des Betriebs (**Systemeffizienz**)

FAHRZEUGEFFIZIENZ

Eine verbesserte **Fahrzeugeffizienz** lässt sich durch **technische Maßnahmen am Neufahrzeug** wie zum Beispiel technische Verbesserungen am Verbrennungsmotor und der Aerodynamik, durch Leichtbau³⁰ oder in der Nutzungsphase durch den Einsatz von Leichtlaufreifen und -ölen erreichen. Generell spielt die Verfügbarkeit kleiner, leichter und kostengünstiger Elektromobile eine zentrale Rolle für die Verringerung des Energieverbrauchs und des Ressourcenbedarfs im Fahrzeug. Moderner intermodaler Verkehr bedeutet auch die Abkehr vom All-in-One-Pkw und die Bereitstellung kostengünstiger Elektromobile für Nutzer/innen³¹, die nur gelegentlich und auf kürzeren Strecken auf einen eigenen Pkw zurückgreifen wollen. Hierbei sind auch kombinierte Nutzungen mit Rent-a-Car-Services im Rahmen von Mobilitätsdienstleistungen, wie sie von einigen Anbietern offeriert werden, von Bedeutung.

²⁹ Aus Sicht einiger Akteure ist unter sozialen Aspekten zu beachten, dass eine Verteuerung des Transports auch die Verteuerung der Lieferware bedeuten kann. Aus heutiger Sicht ist der Umfang dieses Effekts nicht prognostizierbar. Allerdings machen die Transportkosten im Durchschnitt aller transportierten Güter nur einen geringen einstelligen Prozentsatz am Warenwert aus.

³⁰ Aus Sicht einiger Mitglieder stellt der Leichtbau in diesem Zusammenhang nur einen Teilaspekt dar. Eine Verschiebung der Segmente nach unten durch steuernde Maßnahmen der Politik (Mittel- statt Oberklasse) kann ebenso zur Fahrzeugeffizienz beitragen.

³¹ Aus Sicht einiger Mitglieder sind diese Konzepte defizitär und befinden sich noch in der Testphase.

Vorausschauende **Fahrweise**, ein defensiver Fahrstil oder frühes, gegebenenfalls automatisiertes Hochschalten senken den Energieverbrauch beim Fahren. Assistenzsysteme wie Schaltanzeigen oder Tempomat können dies unterstützen. Verhaltensweisen und die Nutzung technischer Systeme werden in der Fahrschule bereits unterrichtet und können durch spätere Schulungen der Fahrer/innen aufgefrischt und verbessert werden.

Für die **Fahrzeug- und Fahreffizienz** sind folgende **Rahmenbedingungen** wichtig:

- Zentral sind langfristig verlässliche Rahmenbedingungen für die Ausgestaltung von Fahrzeugen. Dies gilt für CO₂-Flottengrenzwerte, aber auch für technische Vorgaben mit Relevanz für die Fahrzeugeffizienz (zum Beispiel Aerodynamik), die nach Möglichkeit europa- oder weltweit einheitlich ausgestaltet sein sollten, und für Vorgaben zu Kraftstoffqualitäten, mit denen eine Steigerung der Effizienz von Verbrennungsmotoren möglich ist.
- Für die Fahreffizienz gibt es eine Reihe von Maßnahmen, die auf bessere Information und Leitung setzen. Diese Maßnahmen setzen vor allem möglichst präzise Daten voraus.

SYSTEMEFFIZIENZ

Ein Einflussfaktor auf die **Systemeffizienz** ist der **Besetzungsgrad** (Personenverkehr) oder **Beladungsfaktor** (Güterverkehr). Eine Erhöhung des Besetzungsgrades beziehungsweise des Beladungsfaktors führt dazu, dass für dieselbe Verkehrsleistung eine geringere Fahrleistung und damit weniger Energieeinsatz nötig ist. Im Personenverkehr können auch neue Mobilitätsdienstleistungen als Ergänzung zum herkömmlichen ÖPNV zur Systemeffizienz beitragen, sofern diese zur Erhöhung von Besetzungsgraden führen.

Eine Verflüssigung des Verkehrs durch Vermeidung von Brems- und Beschleunigungsvorgängen und Homogenisierung der Geschwindigkeit trägt ebenfalls zur Systemeffizienz bei und kann durch die Vermeidung zu großer Geschwindigkeitsunterschiede, etwa durch Geschwindigkeitsbegrenzungen, zwischen Lkw und Pkw positiv beeinflusst werden. Diese Verflüssigung kann auch die Folge von höheren Besetzungsgraden/Beladungsfaktoren sein, die zu weniger Fahrzeugen auf der Straße führen und so das Erreichen von Kapazitätsgrenzen vermeiden.

Allerdings kann eine Ausweitung der Kapazitäten der Infrastruktur beziehungsweise deren bessere Ausnutzung auch dazu führen, dass zusätzlicher Verkehr induziert wird (**Rebound-Effekt**).³² Diese gegenläufigen Effekte sind bei allen Maßnahmen der Verkehrsverflüssigung zu beachten und aus Sicht einiger Mitglieder in der Wirkungsabschätzung zu berücksichtigen.³³ Zur Verstetigung des Verkehrs und der Vermeidung von Brems- und Beschleunigungsvorgängen kann die zunehmende Marktdurchdringung von Technologien des automatisierten und vernetzten Fahrens beitragen.

IST-ZUSTAND, ZIELKORRIDOR UND RESULTIERENDES THG-MINDERUNGSPOTENZIAL

Wenn nach 2021 keine zusätzlichen Effizienzmaßnahmen ergriffen werden (das heißt über das Referenzszenario hinaus), ergibt sich die untere **Spannbreite bei Pkw** (0 %).³⁴ Der obere Wert kann erreicht werden, wenn bei Verbrennern Effizienztechnologien so eingesetzt werden, dass der Durchschnitt der neuen Verbrenner in 2030 ungefähr bei 90 Gramm CO₂/km³⁵ läge anstatt wie im Referenzszenario bei über 120 Gramm CO₂/km und sich gleichzeitig die Systemeffizienz um 5 % verbessert.

³² Aus Sicht einiger Mitglieder sind die positiven Effekte der Verkehrsverflüssigung unabhängig davon zu bilanzieren.

³³ Von einigen Akteuren werden Pricing-Instrumente als geeignet vorgeschlagen.

³⁴ Aus Sicht einiger Mitglieder werden die Effizienzverbesserungen aufgehoben oder sogar überkompensiert, wenn die Kund/innen weiter zu größeren und schwereren Fahrzeugen greifen.

³⁵ Technisch sind für die EU-Pkw-Flotte mit neu zugelassenen hybridisierten Verbrennern in 2030 auch minimale Emissionswerte von 64 bis 72 Gramm CO₂/km realisierbar gemessen im NEFZ. Um diese Emissionswerte zu erreichen, würden zusätzliche Herstellkosten von 5.000 bis 5.760 Euro pro Pkw anfallen (IKA 2015). Es ist sehr unwahrscheinlich, dass bei den erwarteten Zulassungsanteilen von elektrifizierten Pkw in 2030 von mindestens 40 %, die Effizienzverbesserung der Verbrenner diese Werte erreicht. Der angegebene Wert berücksichtigt das Maximalpotenzial, wenn gleichzeitig ein großer Anteil der Neuzulassungen auf elektrifizierte Pkw entfällt (vgl. IKA 2015).

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Die **Spannbreite bei Lkw** wird ähnlich begründet. Im unteren Wert spiegelt sich eine minimale Verbesserung von Beladung und Verkehrsverflüssigung wider bei fehlender Verbesserung der Technologieeffizienz, während der obere Wert die Kombination aus maximaler Verbesserung der Technologieeffizienz und Fahrzeugeffizienz darstellt.

Ist-Zustand (2015)	Zielkorridor	CO ₂ ggü. 2015	CO ₂ ggü. Ref-2030
Effizienztechnologie ICE-Pkw ³⁶ (RDE ³⁷): 184 g CO ₂ /km (2015)	Effizienztechnologie Pkw-NZL (15-30): 0-30 %	Pkw: 17-22 Mio. t Lkw: 4,5-12 Mio. t	Pkw: 1-10 Mio. t Lkw: 2-9 Mio. t
Effizienztechnologie ICE-Lkw (RDE): 600 g CO ₂ /km (2015)	Systemeffizienz Betrieb/Auslastung Pkw: 1-5 % ³⁸ Effizienztechnologie Lkw-NZL (15-30): 12-28 % ³⁹ Systemeffizienz Betrieb/Auslastung Lkw: 2-12 %		

FAHRZEUG- UND FAHREFFIZIENZ

Die durchschnittliche **CO₂-Emission des Pkw-Bestands** lag in 2015 (bezogen auf den tatsächlichen Verbrauch) bei rund **184 Gramm CO₂/km**. Durch die Setzung der CO₂-Standards für die Pkw-Neuwagenflotte von 130 Gramm CO₂/km im Jahr 2015 und 95 Gramm CO₂/km in 2021 (jeweils im NEFZ-Prüfzyklus) und einer weiteren Reduktion von 37,5 % bis 2030 (im WLTP-Prüfzyklus) werden die CO₂-Emissionen der Verbrenner auch im Bestand weiter sinken, voraussichtlich um circa 20 % gegenüber 2015. Potenzialuntersuchungen halten für verbrennungsmotorische Fahrzeuge die Erreichung von unter 70 Gramm CO₂/km (NEFZ, Zulassung) für realisierbar. Eine merkliche Verbesserung der Effizienz des Fahrzeugbestands wird in den Jahren um und nach 2020 erfolgen, wenn relativ ineffiziente Fahrzeuge aus der Bestandsflotte ausscheiden und neue, unter den Verpflichtungen zur Erfüllung des 95 Gramm CO₂/km Zielwerts in 2021 aus der EU-Regulierung (No. 333/2014) zugelassene Pkw hinzukommen.

Im **Lkw-Bereich** werden neben der Steigerung der Motoreffizienz auch durch aerodynamische Verbesserungen an Zugfahrzeug und Anhänger **bis 2030 Effizienzpotenziale** zu heben sein. So können aerodynamische Anbauten mit relativ hohen Kraftstoffeinsparpotenzialen nach Schaffung der zulassungsrechtlichen Voraussetzungen kurzfristig umgesetzt und nachgerüstet werden. Die Höhe des Einsparpotenzials differiert stark je nach Einsatzart. Insbesondere im Langstreckenverkehr kann Kraftstoff eingespart werden.⁴⁰ Es bestehen jedoch Unsicherheiten bezüglich der Nutzung im Nutzfahrzeugalltag. Aus Sicht einiger Mitglieder könnten durch die Nutzung des durch aerodynamische Anbauten gewonnenen leeren Raumes als Ladefläche zusätzliche Einsparpotenziale entstehen. Dem widersprechen andere Mitglieder, da dies aus ihrer Sicht im Widerspruch zur 2015 überarbeiteten EU-Richtlinie für Lkw-Maße und Gewichte (2015-719) stehe. Diese erlaube aerodynamische Anbauten nur, wenn dadurch nicht die Ladelänge vergrößert wird. Darüber hinaus seien solche Anbauten nur mit dem kombinierten Verkehr Straße-Schiene kompatibel, wenn sie vollständig klappbar seien.

³⁶ ICE-Pkw sind mit Verbrennungsmotoren angetriebene Pkw gegebenenfalls auch mit Einsatz von Hybridisierung, aber ohne Stromstecker, das heißt ohne externe Stromzufuhr (ICE = Internal Combustion Engine).

³⁷ RDE = Real Driving Emissions = Emissionen im Realbetrieb = Realemissionen.

³⁸ Die durchschnittlichen Besetzungsgrade im Pkw-Verkehr liegen laut MiD bei 1,5 Personen pro Pkw. Sie hängen vom Fahrtzweck ab (zum Beispiel weisen Urlaubsreisen deutlich höhere Werte auf), verändern sich aber über die Zeit nahezu nicht. Theoretisch könnte eine Erhöhung der Besetzungsgrade eine substanzielle THG-Reduktion bewirken. Für eine substanzielle Änderung der Besetzungsgrade müsste aber entweder eine Verhaltensänderung oder ein erfolgreicher und massiver Einsatz von Ridesharing beziehungsweise Carpooling Services unterstellt werden. Beides wurde bei den Angaben nicht angenommen. Eine moderate Verbesserung der Besetzungsgrade könnte auch durch preisliche Anreize erreicht werden. Der zweite Beitrag zur Verbesserung der Systemeffizienz kann von der Verflüssigung des Verkehrs induziert werden. Hier haben Analysen des Gutachterkonsortiums gezeigt, dass die Potenziale vorhanden, aber begrenzt sind (siehe zum Beispiel auch VDA/FAT 2009). In Summe wird daher ohne Unterstellung exogener Verhaltensänderungen von dem genannten Maximalpotenzial ausgegangen.

³⁹ Als Anhaltswert für Lkw-Verbesserungen kann eine jährliche Verbesserung neuer schwerer Lkw von 1 % genutzt werden. Verschiedene Studien berichten über deutlich höhere Effizienzpotenziale bis 2030 (zum Beispiel ICTT 2017, ifeu/TU Graz 2015). Angaben gelten dort unter zahlreichen Randbedingungen und der Definition spezifischer Technologiepakete. Diese Angaben sind für die Tabelle der Zielkorridore vereinfacht zu einem Wert von 28 % als Maximalpotenzial zusammengefasst worden. In einzelnen Konfigurationen der Randbedingungen und Technologien liegen die Potenziale auch deutlich höher.

⁴⁰ Vgl. Süßmann/Lienkamp 2015.

Auch die Nutzung von Lang-Lkw könnte weitere Potenziale erschließen⁴¹, insbesondere bei Hub-Hub-Verkehren im Stückgut und KEP-Verkehr (Kurier-, Express- und Paketdienste) sowie im kombinierten Verkehr im Vor- und Nachlauf. Geht eine solche CO₂-Optimierung der Transportkonzepte im Straßengüterverkehr einher mit einer konsequenten Fortsetzung der Modernisierung des Wagenmaterials im Schienengüterverkehr, kann zudem die Aerodynamik der Züge verbessert werden. In jedem Fall muss die Kompatibilität mit dem kombinierten Verkehr sichergestellt werden.

Die THG-Reduktionspotenziale der Fahreffizienz sind schwieriger zu heben. Die Wirkung von Fahrerschulungen wird mit **5 bis 10 % Energieeinsparung im Fahrzeugbetrieb**⁴² angegeben. Hier können moderne Systeme helfen, die Fahrenden auf Einsparpotenziale hinzuweisen, zum Beispiel auf die optimale Geschwindigkeit, die geringere Brems- und Anfahrvorgänge zur Folge hat. Zunehmende Ausstattung der Fahrzeuge mit Automatisierungsfunktion und zunehmende Vernetzung der Fahrzeuge sowie dynamische Verkehrsbeeinflussung und intelligente Ampelsteuerungen können die Effizienz durch eine homogenere und vorausschauende Fahrweise mit reduzierten Brems- und Beschleunigungsvorgängen ebenfalls positiv beeinflussen. Die zunehmende Fahrzeugausstattung reduziert aber deutlich die Wirkung von Fahrerschulungen.

Gegenüber der Referenzentwicklung beträgt der **Reduktionsbeitrag** durch effizientere konventionelle Pkw im Jahr **2030 1 bis 10 Millionen t**; bei Lkw sind **2 bis 9 Millionen t** gegenüber der Referenz 2030 denkbar.

SYSTEMEFFIZIENZ

Sowohl im **Güterverkehr** als auch im Pkw-Verkehr können Beladungs- beziehungsweise Besetzungsgrade erhöht und dadurch Emissionen reduziert werden. Bei Güterverkehren können zum Beispiel durch Frachtbörsen beziehungsweise Logistikallianzen Beladungen erhöht und Leerfahrten vermieden werden. Da im Güterverkehr die Beladungsfaktoren beziehungsweise die Auslastung der Fahrzeuge aufgrund des starken Wettbewerbs hoch ist, sind einer Steigerung selbiger enge Grenzen gesetzt. Die **Besetzungsgrade im Pkw-Verkehr liegen derzeit nur bei etwa 1,5 Personen pro Pkw**. Im Pkw-Verkehr besteht also theoretisch noch großes Potenzial, den Besetzungsgrad zu steigern. Allerdings scheinen sowohl die Art der Wege und des Verkehrsvorgangs als auch Akzeptanzbarrieren der Pkw-Nutzer/innen eine deutliche Steigerung des Besetzungsgrads derzeit zu verhindern. Ob im Rahmen der Digitalisierung App-basierte Lösungen zu einer deutlichen Steigerung führen können, muss hier offenbleiben, erscheint unter geeigneten regulatorischen Rahmenbedingungen (siehe Kapitel 4) aber möglich.

Neben der Verkehrsmenge entscheiden unter anderem **Geschwindigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs** über die Emissionsmenge. Insbesondere in Stausituationen sind durch häufige Anfahr- und Bremsvorgänge die Kraftstoffverbräuche und dadurch die CO₂-Emissionen deutlich erhöht. Diese Effekte treten sowohl innerorts als auch außerorts (und hier insbesondere auf Autobahnen) auf. Innerorts bestehen zusätzliche Potenziale dadurch, dass intelligente Unterstützung bei der Parkplatzsuche den Parkraumsuchverkehr reduzieren kann (siehe Handlungsfeld 6).

Besonders auf Autobahnen können sich energieintensive Brems- und Beschleunigungsvorgänge durch eine Harmonisierung der gefahrenen Geschwindigkeiten verringern lassen. Aus Sicht einiger Mitglieder könnte die Einführung einer generellen Geschwindigkeitsbegrenzung auf Bundesautobahnen daher zielführend sein. Dabei sei bei Höchstgeschwindigkeit 120 km/h von Einsparungen bis zu 3 Millionen t CO₂ und bei 130 km/h von 1,2 Millionen t auszugehen.

⁴¹ Den Einsatz von Lang-Lkw lehnen einzelne Akteure aus Gründen der zu erwartenden Rückverlagerung von Warenströmen von der Schiene auf die Straße ab. Andere Akteure sehen diese These als gegenstandslos an, da trotz Regelbetrieb des Lang-Lkws der KV die höchsten Zuwachsraten im Vergleich zu allen Verkehrsträgern in den letzten fünf Jahren hatte.

⁴² Vgl. TNO/IEEP/LAT 2006 und Schade et al. 2011.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Die Abschätzung der Maximalpotenziale einer Verflüssigung des Verkehrs fällt sehr unterschiedlich aus, zumal Rebound-Effekte einer effektiven Minderung der Emissionen entgegenstehen. Modellbasierte Untersuchungen im Autobahnbereich zeigen, dass Kapazitätserweiterungen durch Ausbau helfen, Staus abzubauen, und so Emissionen reduzieren. Gleichzeitig erhöhen Kapazitätserweiterungen aber auch die Fahrleistung durch Umwegfahrten und die Durchschnittsgeschwindigkeit im ungestörten Zustand, was die positive Wirkung reduziert oder sogar überkompensieren kann⁴³.

Es liegen keine detaillierten Untersuchungen zur Wirkung von deutschlandweit eingesetzten Instrumenten zur Verkehrsverflüssigung vor. Eine Abschätzung der Effekte aus verschiedenen Teilstudien und Modellansätzen ergibt ein **Gesamtreduktionspotenzial von unter 1 Million t CO₂-Äq. pro Jahr**⁴⁴.

Im **innerstädtischen Bereich** können durch technische Lösungen (Kordinierung, Ampelassistenten, adaptive Steuerungen, Zuflusssteuerung, intelligente Unterstützung bei der Parkplatzsuche) Verbesserungen im Verkehrsfluss erreicht werden. Diese Verflüssigungen, zum Beispiel durch Vermeidung von Parkplatzsuchverkehr und Anfahrvorgängen, können helfen, Emissionen zu reduzieren. Gleichzeitig können kompensierende Wirkungen an anderer Stelle (Stau in Gegenrichtung) entstehen. Darüber hinaus kann es bei einer Steigerung der Geschwindigkeit und der Kapazitäten im innerstädtischen Verkehr zu Rebound-Effekten kommen.

NACHHALTIGKEITASPEKTE

FAHRZEUG- UND FAHREFFIZIENZ

Unter sozialen Aspekten bietet die Steigerung der Fahrzeugeffizienz neben den problematischen Wirkungen einer Verteuerung der Anschaffung auch Vorteile, denn sie führt zu deutlich **sinkenden Betriebskosten**. Sobald die effizienten Fahrzeuge in den Gebrauchtwagenmarkt gelangen, führen sie zu **geringeren Energiekosten** auch für die Pkw-Käufer/innen, die sich keinen Neuwagen leisten können oder wollen. Gleichwohl kann der Einbau von Effizienztechnologien auch den Kaufpreis beeinflussen und zu **höheren Anschaffungskosten** führen. Überwiegen die rückläufigen Energieverbrauchskosten, ist die Verbesserung der Fahrzeugeffizienz aus sozialer Perspektive positiv zu beurteilen. Auch im **Güterverkehr** können Effizienzverbesserungen zu insgesamt **rückläufigen Kosten des Betriebs** führen, von denen letztlich auch die Verbraucher/innen profitieren.

SYSTEMEFFIZIENZ

Da durch **Staus massive Verluste an Zeit von Erwerbstätigen** entstehen, Lieferketten unzuverlässiger sind und auf der Straße im Stau blockiertes Material ineffizient gebundenes Kapital darstellt, erzeugen diese signifikante ökonomische Kosten. Soweit Staus durch Mängel an der Infrastruktur bedingt sind (Engstellen, Brücken- und Straßenschäden, Baustellen), können **Investitionen vor allem in die Instandhaltung der Straßeninfrastruktur** zur Behebung dieser Mängel ökonomisch und auch unter Klimaschutz Gesichtspunkten sinnvoll sein.⁴⁵

Im städtischen Bereich kommen **Investitionen für Verflüssigungsmaßnahmen** etwa durch intelligente Verkehrslenkung und Unterstützung bei der Parkplatzsuche hinzu. Der Investitionsbedarf lässt sich hierfür schwer bestimmen. Im Außerortsbereich müsste intensiv in technische Maßnahmen zur temporären Verkehrsflussoptimierung (Seitenstreifenfreigabe, Streckenbeeinflussungsanlagen) investiert werden.

Ein effizientes Verkehrssystem kann je nach Ausgestaltung **für die Nutzer/innen zu niedrigeren Kosten** führen und dadurch einen Beitrag zu Erhalt und Verbesserung der Mobilität im Sinne der Daseinsvorsorge leisten.

⁴³ Aus Sicht einiger Mitglieder ist die FAT-Studie heranzuziehen.

⁴⁴ Vgl. VDA/FAT 2009.

⁴⁵ Aus Sicht einiger Mitglieder sollte mit Blick auf die Durchsetzung technologischer Innovationen zudem die Notwendigkeit der Umsetzung der Straßeninfrastrukturprojekte des Bundesverkehrswegeplans 2030 (BVWP 2030) überprüft werden.

3.1.3 HANDLUNGSFELD 3: REGENERATIVE KRAFTSTOFFE

KURZBESCHREIBUNG

Neben dem direkten Einsatz erneuerbaren Stroms können regenerative Kraftstoffe dazu beitragen, die bis 2030 erforderlichen THG-Emissionsminderungen im Verkehrssektor zu erreichen. Regenerative Kraftstoffe werden allgemein in **Biokraftstoffe** und **strombasierte Kraftstoffe** unterteilt.

Auch langfristig werden **flüssige und gasförmige regenerative Energieträger für den Verkehrssektor benötigt**, um die Klimaziele von Paris einhalten zu können. Denn bei einigen Verkehrsträgern, wie beispielsweise dem Luft- und Seeverkehr, ist es wenig wahrscheinlich, dass die direkte Elektrifizierung allein einen größeren Teil des Transportbedarfs bestreiten wird. Und auch im Straßenverkehr, besonders bei schweren Nutzfahrzeugen, kann nicht erwartet werden, dass die Elektromobilität die einzige Lösung in der näheren Zukunft darstellt. Der Einsatz regenerativer Kraftstoffe kann dem Erreichen der Klimaziele durch verschiedene Effekte dienen. Er mindert die **THG-Emissionen im Verkehrssektor**, ohne dass in den meisten Fällen dafür ein Antriebswechsel oder der Aufbau neuer Tankinfrastrukturen notwendig wird. Zusätzlich wird die **Effizienzsteigerung der Fahrzeuge und der Fahrzeugnutzung** durch die höheren Kraftstoffkosten unterstützt, wenn die höheren Kraftstoffpreise an die Kund/innen weitergegeben werden. Anders als bei anderen Handlungsfeldern sind Rebound-Effekte daher nicht zu erwarten. Ein weiterer Vorteil des Einsatzes regenerativer Kraftstoffe ist, dass der **gesamte verbrennungsmotorische Fahrzeugbestand** adressiert wird.

Voraussetzung für die Akzeptanz in der Bevölkerung sind klare, vorab definierte Nachhaltigkeitskriterien für alle Arten regenerativer Kraftstoffe, die gewährleisten, dass sie – auch global gesehen – keine negativen ökologischen und sozialen Folgewirkungen bei der Herstellung hervorrufen. Im Rahmen der RED II sind für Biokraftstoffe erste, aus Sicht der Umweltverbände noch unzureichende, Bestimmungen entwickelt worden – für strombasierte Kraftstoffe muss dies noch geschehen.

Welche Mengen an erneuerbaren Kraftstoffen im Jahr 2030 zur Verfügung gestellt werden können beziehungsweise sollen, wird von Teilnehmer/innen sehr unterschiedlich beurteilt. Nach Ansicht einiger Akteure würden die technischen und Rohstoff-Potenziale eine erhebliche Steigerung der heute eingesetzten Mengen erneuerbaren Kraftstoffs ermöglichen. Hierbei geht es nicht um eine Zunahme der heute eingesetzten Mengen von Biokraftstoffen der ersten Generation, sondern um zusätzliche Mengen von reststoffbasierten Kraftstoffen der zweiten Generation sowie von strombasierten Kraftstoffen. Von anderen Akteuren wird dagegen die Auffassung vertreten, dass der Einsatz von Biokraftstoffen weitestgehend, bis auf die verpflichtenden Mindestmengen, die sich aus der RED II ergeben, reduziert werden sollte, da erhebliche Bedenken wegen der Nachhaltigkeit in verschiedenen Dimensionen existieren und weil die begrenzten Ressourcen besser in anderen Sektoren einzusetzen sind. Hinsichtlich der strombasierten Kraftstoffe gibt es unterschiedliche Einschätzungen, wie schnell ein Markthochlauf zu realisieren ist.

So sind die erheblichen Bandbreiten in der folgenden Tabelle zu erklären.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Ist-Zustand (2017)	Zielkorridor*	CO ₂ ggü. 2015	CO ₂ ggü. Ref-2030
Biokraftstoffe: 3,4 Mrd. l, 113 PJ	Biokraftstoffe: 0,9-8 Mrd. l bzw. 30-270 PJ (1,8 -16 %) PtX: 1-4,2 Mrd. l bzw. 35-140 ⁴⁶ PJ (2,1-8,4 %)	Biokraftstoffe: -6-11 Mio. t PtX: 2,5-10 Mio. t	Biokraftstoffe: -6-11 Mio. t PtX: 2,5-10 Mio. t

* Werte stellen die verschiedenen Perspektiven maximaler Potenziale dar, keine Minimalwerte.

IST-ZUSTAND, ZIELKORRIDOR UND RESULTIERENDES THG-MINDERUNGSPOTENZIAL

BIOKRAFTSTOFFE

Als Biokraftstoffe werden flüssige und gasförmige Energieträger bezeichnet, die aus Biomasse hergestellt werden. Der energetische Anteil von Biokraftstoffen im Verkehr in Deutschland ist seit 2008 auf ähnlichem Niveau und lag **im Jahr 2018 bei knapp 5 % des Energiebedarfs**, davon etwa 2/3 Biodiesel und 1/3 Bioethanol. Bei dem überwiegen- den Anteil davon (70 %) handelt es sich um sogenannte „konventionelle“ Biokraftstoffe der ersten Generation auf Basis von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen. Rund 30 % der eingesetzten Kraftstoffe werden aus Altspeiseölen und -fetten hergestellt. Etwa 25 % der Ausgangsstoffe für Biokraftstoffe kamen 2017 aus Deutschland, weitere rund 50 % aus dem europäischen Ausland und 25 % aus dem außereuropäischen Ausland.

Alle eingesetzten Biokraftstoffe müssen die festgelegten Nachhaltigkeitsanforderungen erfüllen. Nach Angabe der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) betrug die **CO₂-Einsparung durch Biokraftstoffe im Verkehrssektor im Jahr 2017 7,7 Millionen t**.

Aus Sicht der Industrie ist auch bei einem ambitionierten Ausbau der Elektromobilität eine deutliche Zunahme der Nutzung erneuerbarer Kraftstoffe erforderlich, um die geforderte THG-Emissionsminderung im Verkehr bis 2030 zu erreichen.

Die zur Verfügung stehenden **Potenziale für Biokraftstoffe** werden unterschiedlich beurteilt. Das hängt vor allem damit zusammen, dass die Potenziale anhand unterschiedlicher Rahmenbedingungen, Anforderungen und Setzun- gen, zum Beispiel an Flächenverbrauch, Eutrophierung, Biodiversitätsverlust und soziale Nachhaltigkeit, bestimmt werden. Hinzu kommt, dass die begrenzten Biomasse-mengen aus Sicht der Umweltverbände in anderen Sektoren (wie beispielsweise Industrie und Gebäude) effizienter eingesetzt werden können. Aus Sicht der Industrie trägt dagegen jeder Ersatz eines fossilen Energieträgers durch erneuerbare gasförmige oder flüssige Kraftstoffe in gleicher Weise zum Klimaschutz bei, unabhängig davon, in welcher Anwendung der Ersatz erfolgt. Wenn neue Technologien zur Herstellung von Kraftstoffen, zum Beispiel auf Basis von Algen, entwickelt werden sollen, ist es vielmehr von Bedeutung, in welchem Sektor die Mehrkosten am ehesten getragen werden können. Der zukünftige Einsatz sollte sich nach Auffassung aller Akteure an der maximalen Klimawirkung unter Berücksichtigung aller umweltpolitischen, ökonomischen und sozialen Aspekte orientieren. Ein anderer wichtiger Grund für die unterschiedlichen Potenziale ist die Frage, inwieweit Importe erneuerbarer Kraftstoffe aus der EU oder weltweit zur Deckung des Bedarfs heran- gezogen werden können und sollen.

⁴⁶ Aus Sicht einiger Akteure ist der obere Wert (140 PJ) nicht realisierbar. Die Werte von 140 PJ für den nationalen Verkehr und 190 PJ einschließlich des von Deutschland ausgehenden internationalen Flugver- kehrs gehen auf die Analyse Klimapfade Verkehr 2030 von BCG/Prognos (2018) zurück. Einige Akteure plädieren dagegen, die für den internationalen Verkehr angenommenen PtX-Mengen zunächst auch im Straßenverkehr einzusetzen, um die sektorspezifischen Klimaschutzziele im Verkehrssektor bis 2030 zu erreichen.

Das **maximale nachhaltig zur Verfügung stehende Mengenpotenzial an Biokraftstoffen** bis zum Jahr 2030 weist je nach Einschätzung der Akteure eine entsprechend **große Spanne zwischen 30 und 270 PJ** auf.

Die Umweltverbände sehen ein Maximalpotenzial bei Biokraftstoffen lediglich in Höhe von 30 PJ. Das ergibt sich aus dem aus Sicht der Umweltverbände erforderlichen Phase-out von Kraftstoffen auf der Basis von Anbaubiomasse. Gründe hierfür sind vor allem negative Klimawirkungen aufgrund indirekter Landnutzungsänderungen, die Konkurrenz zu Nahrungs- und Futtermitteln bei einer wachsenden Weltbevölkerung und begrenzten Flächenpotenzialen sowie die negativen Auswirkungen intensiver Landwirtschaft.

Die Industrie hingegen sieht ein deutlich höheres Potenzial bei Biomasse der zweiten Generation aus Abfallstoffen, Klärgasen und -schlamm sowie Biogasen, die bei einer sektorspezifischen Zielsetzung in Konkurrenz zu anderen Sektoren stehen. Bei Reststoffen bestehen zukünftig große Potenziale aus Biokraftstoffen der zweiten Generation, die Rohstoffe nutzen, welche nicht als Nahrungsmittel geeignet sind (zum Beispiel Stroh, Forstabfälle, kultivierte Algen, Abfälle aus der Papierindustrie), sodass in Summe ein maximales Potenzial von 270 PJ im Jahr 2030 zur Verfügung stehen könnte⁴⁷.

Die Umweltverbände sehen dieses Potenzial für Biokraftstoffe der zweiten Generation im Verkehrsbereich nicht, da diese effektiver in anderen Sektoren (zum Beispiel für Kraft-Wärme-Kopplung) eingesetzt werden können. Auch sollen Importe vermieden werden, um nachteilige ökologische Folgewirkungen auszuschließen. Viele Reststoffe werden bereits heute auf etablierten Verwertungswegen genutzt, wobei zukünftige Strategien der Abfall- und Reststoffvermeidung diese Potenziale voraussichtlich noch reduzieren werden. Darüber hinaus spielen Reststoffe wie beispielsweise Waldrestholz eine bedeutende Rolle für die Biodiversität, weshalb für Biokraftstoffe auf Basis von Reststoffen nur maximal die Mindestanforderung der RED II (etwa 30 PJ) umgesetzt werden sollte.

Biokraftstoffe werden im Verkehrssektor wie E-Fahrzeuge mit **Null-CO₂-Emissionen bilanziert**⁴⁸, sofern die THG-Minderungspotenziale nachgewiesen werden können. Durch den verstärkten Einsatz von biogenen Kraftstoffen in Höhe der aufgezeigten **oberen Spannweite** des Maximalpotenzials (270 PJ) wäre eine **CO₂-Minderung** in Höhe von rund **11 Millionen t** gegenüber der Referenzentwicklung im Jahr 2030 im Verkehrssektor möglich. Gegenüber der Referenz würden sich aufgrund des Phase-outs aus Anbaubiomasse bei der unteren Obergrenze (30 PJ), die durch die Vorgaben der RED II praktisch eine Untergrenze darstellt, eine Reduzierung der CO₂-Minderung in Höhe von knapp **6 Millionen t** ergeben, die durch andere Maßnahmen zu kompensieren wäre.

STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE

Strombasierte gasförmige und flüssige Energieträger bieten die Möglichkeit, über verschiedene Umwandlungsschritte **Strom in Form von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen** (Benzin, Diesel, Kerosin, Gas) für den Verkehrssektor nutzbar zu machen. Damit erlauben sie es, bestehende Speicher-, Transport- und Verteilerinfrastrukturen zu nutzen und andernfalls nicht wirtschaftlich nutzbare Potenziale erneuerbarer Energien (EE) zu erschließen. Sie bieten auch die Möglichkeit, in anderen Bereichen wie zum Beispiel der Chemikalienherstellung oder der Hochtemperaturprozesswärmebereitstellung fossile Energieträger zu substituieren.

⁴⁷ Die „Sub Group on Advanced Biofuels“ hat für das „Sustainable Transport Forum“ der EU-Kommission im März 2017 einen Report veröffentlicht, in dem die europäischen Potenziale für Biokraftstoffe der zweiten Generation im Jahr 2030 abgeschätzt werden. Dabei wird in zwei verschiedenen Szenarien (Basis und Progressive) ein Potenzial von jeweils 10 oder 15 Millionen t Öl-Äquivalenten sowohl für Lipid-basierte Kraftstoffe (einsetzbar vor allem als Dieselmotorkraftstoff) als auch für Lignocellulose-basierte Kraftstoffe (wird schwerpunktmäßig zur Herstellung von Bio-Ethanol als Beimischung zu Benzin oder zur Herstellung von Biogas verwendet) angegeben. Hier wird auf die Basisentwicklung zurückgegriffen.

⁴⁸ Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen sowie Klimaemissionen von Düngemitteln und Treibstoffen werden nach der internationalen Systematik zur Erfassung von Klimagasemissionen nicht im Verkehrssektor bilanziert.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

In aktuellen Studien wird meist davon ausgegangen, dass strombasierte Energieträger in relevanten Mengen nicht in Deutschland, sondern im **Ausland** hergestellt werden⁴⁹. Gründe sind, dass die Flächenpotenziale zur Erzeugung von erneuerbarem Strom und die Akzeptanz für die Anlagen in Deutschland begrenzt sind und die Produktion von strombasierten Stoffen in bestimmten Weltregionen aufgrund besserer EE-Erzeugungsbedingungen (höhere Sonneneinstrahlung, höheres Winddargebot) deutlich günstiger ist als in Deutschland. Durch den Import strombasierter gasförmiger und flüssiger Kraftstoffe lassen sich die günstigeren Bedingungen zur Erzeugung erneuerbaren Stroms in anderen Weltregionen für Deutschland dann nutzbar machen, wenn die Bereitstellung der Energie in Form von flüssigen oder gasförmigen Treibstoffen erforderlich ist. Zahlreiche Studien⁵⁰ gehen davon aus, dass auch im Jahr 2050 ein erheblicher Bedarf an flüssigen und gasförmigen erneuerbaren Energieträgern und Rohstoffen bestehen wird (je nach Annahmen circa 40 bis 60 % der heutigen Bedarfe), auch wenn sehr viele Anwendungen bis dahin elektrifiziert werden können. Eine Studie von Frontier Economics hat die positiven Arbeitsplatzeffekte in den Erzeugungsregionen belegt⁵¹. Dadurch wird die Akzeptanz dieser Technologie unterstützt.

Das **maximal bereitstellbare Mengenpotenzial bis zum Jahr 2030** wird von Akteuren der Industrie und auch im wissenschaftlichen Raum **sehr unterschiedlich eingeschätzt**. Dies bezieht sich nicht auf die Notwendigkeit, zügig diese Technologie und deren Markthochlauf zu fördern, sondern vielmehr auf die Einschätzungen, mit welcher Geschwindigkeit der Aufbau der Erzeugungskapazitäten beziehungsweise die Skalierung der zur Bereitstellung strombasierter Kraftstoffe benötigten (Einzel-)Technologiekomponenten (zum Beispiel Elektrolyseure, CO₂-Abscheideanlagen, zusätzliche erneuerbare Stromerzeugungskapazitäten) bei idealen Förder- und Rahmenbedingungen realisiert werden können. Entsprechend weisen die Einschätzungen über die möglichen Mengen für das Jahr 2030 eine vergleichsweise breite Spanne von **maximal 35 PJ bis hin zu 140 PJ**⁵² auf.

Die technische Machbarkeit und die entstehenden Kosten des benannten Zielkorridors konnten im Rahmen der Arbeit der AG 1 bislang nur unzureichend geprüft werden.

Die unterschiedlichen Einschätzungen beruhen auch darauf, dass es sich bei strombasierten Kraftstoffen um eine Technologie handelt, die sich noch im Demonstrationsstadium befindet. Erste kleinere Produktionsanlagen sind für 2021 angekündigt. Erfahrungsgemäß muss eine neue Technik schrittweise skaliert werden und zwischen den einzelnen Skalierungsstufen muss ausreichend Zeit vorgesehen werden, um die Erfahrungen von kleineren auf größere Anlagen übertragen zu können. Wie schnell ein derartiger Hochlauf erfolgen kann, hängt auch davon ab, in welchem Umfang parallel auch auf internationaler Ebene entsprechende Investitionen erfolgen.

Der tatsächliche Hochlauf der Elektromobilität und der erforderlichen PtX-Anlagen wird aber erst später sichtbar. Deshalb sind aus Sicht der Vertreter/innen der oberen Potenzialgrenze beide Hebel gleichermaßen zur Erfüllung eines äußerst ambitionierten Klimaschutzziels im Verkehrssektor zu ziehen und in heutigen Szenarien zu berücksichtigen. Sollte einer der beiden Hebel nicht die gewünschten Effekte in den letzten Jahren vor dem Zieljahr 2030 erreichen, so wäre dann die fehlende CO₂-Reduktion zu kompensieren.

Durch den verstärkten Einsatz von synthetischen Kraftstoffen in Höhe der aufgezeigten oberen und unteren Maximalpotenziale wäre eine **CO₂-Minderung in Höhe von rund 2,5 bis 10 Millionen t** im Jahr 2030 möglich.

⁴⁹ Vgl. z.B. Prognos; UMSICHT; DBFZ 2018 und dena 2018.

⁵⁰ Vgl. z.B. dena 2017.

⁵¹ Vgl. Weltenenergiemat Deutschland e.V./Frontier Economics 2018.

⁵² Das niedrigere Maximalpotenzial umfasst internationale Produktionen.

NACHHALTIGKEITASPEKTE

BIOKRAFTSTOFFE

Zur Beurteilung der Nachhaltigkeit sind verschiedene Kriterien zu berücksichtigen. Dazu gehören die Auswirkungen möglicher direkter oder indirekter **Landnutzungsänderungen**. Dies kann unterschiedliche Maßnahmen wie zum Beispiel die Regenwaldabholzung, aber auch die Trockenlegung von Mooren betreffen. Zwar lässt sich durch Zertifizierung das Problem der direkten Landnutzungsänderung weitgehend ausschließen. Für das Problem indirekter Landnutzungsänderung gilt das jedoch nicht, da die Produktion zusätzlicher agrarischer Güter den weltweiten Bedarf an Produktionsfläche erhöht. Hinzu können Probleme **intensiver Landwirtschaft** durch den verstärkten Einsatz von Dünger, Pestiziden und gentechnisch veränderten Pflanzen kommen. Auch bei den Reststoffen können **Konflikte mit der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension** entstehen (zum Beispiel hinsichtlich der Frage, wie viel Stroh auf dem Acker und wie viel Restholz im Wald zur Erhaltung des Humusgehalts im Boden beziehungsweise zur naturnahen Waldwirtschaft verbleiben sollten).

Soziale Auswirkungen bestehen vor allem bei Biokraftstoffen, die auf landwirtschaftlichen Flächen produziert werden, da eine zusätzliche Nachfrage zu höheren Weltmarktpreisen für Grundnahrungsmittel führen kann. Es entstehen bei der Herstellung von Biokraftstoffen zum Beispiel aus Raps, aber auch in gekoppelter Produktion, Futtermittel für die Landwirtschaft.

STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE

Hinsichtlich der energetischen Ressourcennutzung ist zu beachten, dass strombasierte Kraftstoffe im Verhältnis zu Strom in batterieelektrischen Fahrzeugen in der Nutzung eine deutlich **geringere Energieeffizienz** aufweisen. Beim Einsatz von strombasierten Kraftstoffen stehen am Ende der Kette von Wirkungsgraden hinsichtlich Herstellung, Transport und Verbrennungsmotor rund 13 % des eingesetzten Stroms zur Verfügung. Im Vergleich dazu sind es beim Elektrofahrzeug 69 %⁵³. Das ist relevant, wenn eine begrenzte Menge erneuerbaren Stroms für die Mobilität zur Verfügung steht. Davon ist – nach heutigem Stand – für die Stromerzeugung in Deutschland auszugehen. Aus energetischer Sicht ist die direkte Stromnutzung im batterieelektrischen Fahrzeug in diesem Fall um den Faktor 5 bis 6 effizienter. Dieser Effizienzunterschied ist in der Praxis besonders im Winter häufig deutlich kleiner (Faktor 3 bis 4), wenn die Fahrzeuge beheizt werden müssen. Alle relevanten Studien gehen aber bei flüssigen strombasierten Kraftstoffen davon aus, dass diese aus sonnen- und windreichen Standorten außerhalb Europas importiert werden, an denen speziell für die Kraftstoffherzeugung zusätzliche Anlagen zur Erzeugung erneuerbaren Stroms errichtet werden. Diese Strommengen können nicht direkt in Elektrofahrzeugen in Deutschland genutzt werden, insofern ist der Effizienzvergleich für diese Fälle nicht relevant. Die energetische Effizienz dieser Anlagen liegt in der Regel bis zum Faktor 2 höher als in Deutschland (Windkraft Offshore im Verhältnis zu Windkraft Onshore; Photovoltaik in Deutschland im Verhältnis zu Photovoltaik zum Beispiel in Nordafrika). Strombasierte Kraftstoffe können darüber hinaus gut transportiert und über die bestehende Kraftstoffinfrastruktur genutzt werden. Die verbleibende geringere Gesamtenergieeffizienz spielt deshalb keine oder eine geringe Rolle, wenn die Energie zwingend in Form von gasförmigen oder flüssigen Treibstoffen vorliegen muss oder dies entsprechend große Vorteile hat.

⁵³ Siehe Abbildung 2, Agora Energiewende/Agora Verkehrswende 2018; acatech/ Leopoldina/Akademienunion 2017.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Auch für strombasierte Kraftstoffe müssen **Nachhaltigkeitskriterien** festgelegt werden. Notwendig sind zum Beispiel Anforderungen für die **Herstellung auf Basis von zusätzlichem EE-Strom, eine nachhaltige Wasserversorgung**, zum Beispiel durch Meerwasserentsalzung, und klare Kriterien für die **Kohlenstoff- beziehungsweise CO₂-Quelle**, zum Beispiel CO₂-Abscheidung aus der Luft.

Die Kosten strombasierter Kraftstoffe hängen vor allem von den Kosten des Stroms und den Kapitalkosten ab. Durch die hohen Energieverluste bei der Herstellung strombasierter Kraftstoffe werden die Herstellungskosten der stromgenerierten Kraftstoffe auch bei einer positiven Kostenentwicklung deutlich über denen des fossilen Pendantes liegen, in der **Größenordnung von 1,00 bis 2,00 Euro pro Liter⁵⁴** ohne Steuern (zum Vergleich: Die Weltmarktpreise von konventionellem Benzin und Diesel liegen heute bei etwa 0,50 Euro pro Liter ohne Steuern). Die relativ große Bandbreite bei den erwarteten Kosten ist vor allem darauf zurückzuführen, dass bei Technologien am Anfang der Lernkurven die Kostensenkungspotenziale noch nicht verlässlich abgeschätzt werden können. Da es sich vor allem um hohe Investitionen für die Anlagen zur Stromerzeugung und zur Elektrolyse handelt, spielen die angenommenen Kapitalkosten eine wichtige Rolle. Einige Mitglieder vertreten die Auffassung, dass sich die Mehrkosten im Vergleich zu den fossilen Kraftstoffen relativieren würden, wären erneuerbare Kraftstoffe ähnlich niedrig besteuert wie Strom.

Der Pfad der strombasierten Kraftstoffe bietet darüber hinaus eine große **industriepolitische und damit ökonomische Chance** für Deutschland. Derzeit sind deutsche Unternehmen bei vielen Schlüsseltechnologien für synthetische Kraftstoffe führend. Das betrifft beispielsweise die Elektrolyse, die Katalysatoren für die Syntheseprozesse und den komplexen Chemieanlagenbau selbst. Hieraus ergeben sich auch Exportchancen für die betreffenden Technologien. Einige Mitglieder weisen darauf hin, dass durch Importe von in diesen Anlagen hergestellten synthetischen Rohölen zur Weiterverarbeitung in deutschen Raffinerien auch wichtige Wertschöpfungsketten, wie die enge Vernetzung zwischen Raffinerien und chemischer Industrie, schrittweise weiterentwickelt werden könnten. Andernfalls wären auch zahlreiche Chemiestandorte gefährdet, die direkt von der Rohstoffversorgung benachbarter Raffinerien abhängig sind.

Daher sollte insbesondere die AG 2 prüfen, welchen Beitrag der Hochlauf von regenerativen Kraftstoffen (synthetische und Biokraftstoffe der zweiten Generation) leisten kann und welche Rahmenbedingungen für die notwendigen Produktionskapazitäten aufgebaut werden müssten.

⁵⁴ Siehe u.a. Agora Energiewende/Agora Verkehrswende 2018.

3.1.4 HANDLUNGSFELD 4: STÄRKUNG SCHIENENPERSONENVERKEHR, BUS-, RAD- UND FUßVERKEHR

KURZBESCHREIBUNG

Gegenstand dieses Handlungsfelds ist die Stärkung des Verbunds aus **Schienenpersonenverkehr** der Eisenbahn (SPV), öffentlichem **Straßenpersonenverkehr** (ÖSPV) mit Bussen und U-, Straßen- und Stadtbahnen sowie **Rad- und Fußverkehr**.

Der öffentliche Personenverkehr ist aufgrund der hohen Energieeffizienz und des bereits hohen Einsatzes erneuerbarer Energieträger mit erheblich **geringeren THG-Emissionen pro Personenkilometer (pkm)** verbunden als der motorisierte Individualverkehr. Rad- und Fußverkehr finden emissionsfrei statt. Im Mittelpunkt dieses Handlungsfelds steht daher die CO₂-Minderung durch die **Verlagerung von Verkehr** auf diese Verkehrsträger. Zusätzlich kann auch im öffentlichen Personenverkehr die Dekarbonisierung, zum Beispiel durch die Elektrifizierung weiterer Schienenstrecken, den Einsatz alternativer Antriebe (Wasserstoff, Batterie) sowie durch zusätzliche Effizienzsteigerung weiter vorangetrieben werden. Des Weiteren bieten neue Konzepte der Mikromobilität, aber auch die Personensammelbeförderung (Ridepooling) je nach Ausgestaltung die Möglichkeit, als Alternativen zum motorisierten Individualverkehr (MIV) emissionsmindernde Wirkungen zu entfalten.

Strategien zur **Veränderung der Verkehrsmittelwahl** sind sowohl in städtischen als auch in stadt-regionalen und interregionalen Verkehrsbeziehungen sowie im Fernverkehr notwendig. Willkommener **Begleiteffekt** des Verbunds aus öffentlichem Verkehr und Rad- und Fußverkehr sind erhebliche Flächenersparnisse, was sich positiv auf Lebens-, Aufenthalts-, Gestaltungs- und Umweltqualität auswirkt.

Zwei Bereiche müssen in diesem Handlungsfeld adressiert werden. Im Sinne einer **Attraktivitätsoffensive** muss erstens die Wettbewerbsfähigkeit dieser Mobilitätsformen aus Sicht der Nutzer/innen weiter verbessert werden. Zweitens müssen im Sinne einer **Kapazitätsoffensive** die infrastrukturellen, Fahrzeug- und personellen Kapazitäten für Wachstum geschaffen werden. Dem MIV können so zeitnah und flächendeckend niedrigschwellige Alternativen gegenübergestellt werden, die den Verkehrsmittelwechsel erleichtern.

Werden die benannten Mobilitätsformen mit umfassenden Maßnahmen zur Schaffung von Attraktivität und Kapazität adressiert, können Verlagerungseffekte in der Größe des im Folgenden näher erläuterten Zielkorridors erreicht werden. Damit verbunden sind erhebliche THG-Reduktionen.⁵⁵

Die Potenziale und der Einfluss einer Kapazitätserweiterung im ÖV auf eine Verkehrsverlagerung vom MIV auf den ÖV und deren Auswirkung auf CO₂-Minderungen sind weiter zu untersuchen und zu modellieren. Hierbei müssen Erkenntnisse aus dem Nutzungsverhalten bei realen ÖV-Erweiterungsprojekten (zum Beispiel Strecke München-Berlin, Tram München, PlusBus Bad Benzig etc.) einfließen. Bei der Modellierung ist zu schärfen und zu bewerten, ob ein Kapazitätsausbau nur durch verkürzte Fahrzeiten und Kosten zu betrachten ist.

⁵⁵ Aus Sicht einiger Mitglieder sind bei ambitionierten Aktivitäten im Bereich der Finanzierung und der Setzung der Rahmenbedingungen auch Modal-Split-Werte wie in der Schweiz mit deutlich höheren CO₂-Minderungspotenzialen erzielbar.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Ist-Zustand (2015)	Zielkorridor	CO ₂ ggü. 2015	CO ₂ ggü. Ref-2030
Schiene: 91,7 Mrd. pkm (7,6 %) ⁵⁶ Bus mit U- und Straßenbahnen: 81,8 Mrd. pkm (6,8 %) ⁵⁶	Schiene: 126-140 (bzw. rund 180 Mrd. pkm laut Koalitions- vertrag) Mrd. pkm (10,5-12 %) Bus mit U- und Straßenbahn: 89-96 Mrd. pkm (7,5-8 %)	6,7 – 10,3 Mio. t	7 – 9,9 Mio. t
Rad/Fuß: 70,8 Mrd. ⁵⁷ pkm (5,9 %) Davon Rad: 35,8 (3,0 %) Mrd. pkm Fuß: 35 (2,9 %) Mrd. pkm	Rad/Fuß: 113 Mrd. pkm (9 %) Davon Rad: 75,4 Mrd. pkm (6 %) Fuß: 37,7 Mrd. pkm (3 %)		

IST-ZUSTAND, ZIELKORRIDOR UND RESULTIERENDES THG-MINDERUNGSPOTENZIAL

SCHIENENPERSONENVERKEHR

Der Schienenpersonenverkehr der Eisenbahn (SPV) gliedert sich in den **Schienenpersonenfernverkehr** (SPFV) sowie den **Schienenpersonennahverkehr** (SPNV). Betreiber und Anbieter in diesen Segmenten sind Eisenbahnverkehrsunternehmen. Der SPFV wird rein kommerziell („eigenwirtschaftlich“) betrieben und unterliegt einem Open-Access-Prinzip. Im SPNV organisieren die Aufgabenträger der Länder den Wettbewerb in Form europaweiter Ausschreibungen um Verkehrsverträge. Letztere bestimmen das Verkehrsangebot im SPNV und tragen über sogenannte Bestellerentgelte aus Regionalisierungsmitteln – neben den Fahrgelderlösen – zur Finanzierung bei.

Die **Verkehrsleistung des SPV** im Jahr 2015 betrug 91,7 Milliarden pkm. Dies entsprach einem intermodalen Marktanteil von 8,1 % ^{57,2} (Bezug: Verkehrsleistung des motorisierten Personenverkehrs in Deutschland). Von 2000 mit 75,4 Milliarden pkm verzeichnete der SPV bis 2015 ein Wachstum von 21,6 %. Bei Fortschreibung dieses Trends ergäbe sich 2030 eine Verkehrsleistung von 111,5 Milliarden pkm. Aufgrund der aktuellen Dynamik ist 2017 bereits ein Leistungsvolumen von 95,8 Milliarden pkm erreicht.

Der Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode formuliert als Zielstellung für den SPV eine Verdopplung der Fahrgastzahlen bis 2030. Abgeleitet aus diesem Ziel sowie auf Basis der Potenzialeinschätzungen der Branchenexpert/innen und Gutachter/innen wird das **verkehrliche Potenzial für den SPV bis 2030 in einer Bandbreite von 126 bis 140 Milliarden pkm** gesehen. Dabei ist von einem erheblichen Verlagerungseffekt auszugehen, der einem intermodalen Marktanteil von 10,5 bis 12 % entspricht. In der bisherigen Modellierung wurde somit eine Erhöhung der Personenkilometer um 30 % angesetzt. Die Stärkung des Schienenpersonenverkehrs kann auch dazu beitragen, Verkehre aus dem Flugzeug auf die Schiene zu verlagern.

⁵⁶ Modal-Split-Angaben inklusive inländischem Luftverkehr und nichtmotorisiertem Verkehr.

⁵⁷ Ist Zustand 2015 laut Verkehr in Zahlen 2017/2018. Die MiD 2017 gibt 75 Milliarden pkm Verkehrsleistung an, 6,4 %, davon 41 Milliarden pkm mit Rad und 34 Milliarden pkm zu Fuß.

^{57,2} Der motorisierte Personenverkehr in Deutschland inkludiert den Inlandsluftverkehr.

ÖFFENTLICHER STRAßENPERSONENVERKEHR

Der ÖSPV umfasst den öffentlichen Personenverkehr mit **Bussen sowie mit Straßen-, U- und Stadtbahnen**. Dieser wird heute überwiegend durch kommunale Verkehrsunternehmen erbracht. Daneben sind auch private Betreiber aktiv, insbesondere im Buslinienfernverkehr, in stadtregionalen Relationen sowie im ländlichen Raum. Mit Ausnahme des Buslinienfernverkehrs sowie des Taxiverkehrs handelt es sich entweder um genehmigte Verkehre oder vertraglich gebundene Verkehre. Die Finanzierung erfolgt aus Fahrgelderlösen sowie mehreren öffentlichen Quellen (Bestellerentgelte, Verlustausgleich, kommunaler Querverbund), maßgeblich vonseiten der Länder und Kommunen.

Die **Verkehrsleistung des ÖSPV** im Jahr 2015 betrug 81,8 Milliarden pkm, davon 65,1 Milliarden pkm im Busverkehr und 16,7 Milliarden pkm mit U- und Straßenbahnen. Dies entspricht einem intermodalen Marktanteil von 7,2 %^{57,3} (Bezug: Verkehrsleistung des motorisierten Personenverkehrs in Deutschland). In urbanen Räumen ist der Anteil signifikant höher als im Gesamtmarkt. Im Jahr 2000 verzeichnete der ÖSPV eine Verkehrsleistung von 77,3 Milliarden pkm, davon 63,3 Milliarden pkm mit Bussen und 14,0 Milliarden pkm mit U- und Straßenbahnen (aufgeteilte Werte geschätzt, da in der Statistik 2000 noch nicht separat ausgewiesen). Damit verzeichnete der ÖSPV von 2000 bis 2015 eine Wachstumsrate von 5,8 %. Bei Fortschreibung dieses Trends würde die Verkehrsleistung im Jahr 2030 86,8 Milliarden pkm betragen.

Bund und Länder wollen den ÖSPV stärken. Die Bundesregierung will bis zum Ende der 19. Legislatur die Gemeindeverkehrsfinanzierung hierfür auf 1 Milliarde Euro/Jahr anwachsen lassen. Die Länder äußern sich zum ÖSPV in einer Bandbreite von Bestandssicherung bis zu einem Aufwuchspotenzial bis 2030 von 20 % der Betriebsleistung. Abgeleitet aus den Schätzungen der Gutachter/innen und Branchenfachleute wird für den ÖSPV ein **verkehrliches Potenzial in der Bandbreite von 89 bis 96 Milliarden pkm** identifiziert. Dies entspricht einem intermodalen Marktanteil von 7,5 bis 8 %.

Insgesamt zeigen die schon heute deutlich höheren intermodalen Marktanteile des öffentlichen Verkehrs (SPV und ÖSPV) in Ländern wie der Schweiz (19,5 % in 2015), dass das mögliche Marktpotenzial des öffentlichen Verkehrs in Deutschland weitaus höher liegen könnte.

In Zukunft kann unter optimalen Rahmenbedingungen auch das ÖV-integrierte Ridepooling dazu beitragen, die Attraktivität des ÖV-Systems in seiner Gesamtheit zu erhöhen. Nähere Erläuterungen zu diesem Thema finden sich in Handlungsfeld 6.

RAD- UND FUßVERKEHR, MIKROMOBILITÄT

Aktive Mobilität, zu Fuß, auf Rädern oder Rollen ist gesund, umweltfreundlich und emissionsfrei. Sowohl auf gesamter Weglänge als auch als Etappe in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln ist die aktive Mobilität wichtig für die Funktionsfähigkeit des städtischen und des ländlichen Verkehrs. Zudem besitzen Städte und Gemeinden, in denen Menschen in attraktiven Straßenräumen leicht zu Fuß und mit dem Rad unterwegs sein können, eine hohe Lebensqualität.

Die Verkehrsleistung der aktiven Mobilität zu Fuß und mit dem Fahrrad betrug im Jahr 2017 75 Milliarden pkm, davon 41 Milliarden pkm im Radverkehr und 34 Milliarden pkm im Fußverkehr. Dies entspricht einem intermodalen Marktanteil von 6,4 % an der Verkehrsleistung (Bezug: Verkehrsleistung des motorisierten und des nichtmotorisierten Personenverkehrs in Deutschland). Davon entfällt auf den Radverkehr ein Marktanteil von 3,5 % und auf den Fußverkehr 2,9 %. Von der MiD 2008 zur MiD 2017 betrug die Wachstumsrate im Radverkehr 28 %. Der Fußverkehr

^{57,3} Der motorisierte Personenverkehr in Deutschland inkludiert den Inlandsluftverkehr.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

erreichte ein Wachstum von 3,3 %. Allein bei einer Fortschreibung dieser Trends ergäbe sich 2030 eine Verkehrsleistung für den Radverkehr in Höhe von 53 Milliarden pkm und für den Fußverkehr von 35 Milliarden pkm, zusammen 88 Milliarden pkm.⁵⁸

Im Bereich der Mikromobilität können aufgrund der Aktualität der Entwicklungen keine entsprechenden Aussagen zu Trendfortschreibungen getroffen werden.

Bund, Länder und Kommunen wollen den Fuß- und Radverkehr und die klimafreundliche Mikromobilität stärken. Im Koalitionsvertrag 2018 sind daher höhere Bundeshaushaltsmittel für Radwege, verbesserte Rahmenbedingungen für Radschnellwege und innovative Modellprojekte in den Kommunen, eine Überarbeitung der Straßenverkehrsordnung (StVO) sowie die Fortschreibung des Nationalen Radverkehrsplans (NRVP 2020) vorgesehen. Dabei sind Förderinstrumente des Bundes für die kommunale Ebene so neu, dass die Mittel erst teilweise eingesetzt werden und eine Wirkung deshalb noch nicht abzuschätzen ist. Zudem gibt es die Absicht seitens der Bundesregierung, dass der Radverkehrsanteil am Modal Split (Wege) bis 2030 von derzeit 11 % auf 25 %^{59 60} gesteigert werden soll. Ferner wird momentan eine bundesweite Strategie zur Stärkung des Fußverkehrs erarbeitet. Die Mikromobilität wird mit ersten Richtlinien adressiert.

Abgeleitet aus den Schätzungen der Gutachter/innen, aktuellen Trends und internationalen Daten wird für den Rad- und Fußverkehr eine Obergrenze des Zielkorridors bei 113 Milliarden pkm identifiziert (75,4 Milliarden pkm beim Radverkehr, 37,7 Milliarden pkm beim Fußverkehr). Dies entspricht einem intermodalen Marktanteil von 9 % (6 % Radverkehr, 3 % Fußverkehr).⁶¹ Für die Mikromobilität können solche Abschätzungen derzeit nicht getroffen werden, da es auf die Entwicklung der Rahmenbedingungen und auf die tatsächliche Nutzungsform entsprechender Angebote ankommt.

Aktuell liegt der Anteil der kombinierten Nutzung von Fahrrad und ÖV (Bahn + ÖSPV) in Deutschland bei 5 %⁶², in den Niederlanden bereits bei 45 %^{63 64}. Der deutlich höhere intermodale Marktanteil des Radverkehrs in Ländern wie den Niederlanden (8,2 % in 2016) zeigt, dass Deutschland trotz Beliebtheit des Radfahrens in der Bevölkerung⁶⁵ und einer sehr hohen Haushaltsausstattung mit Fahrrädern (77 %) und Pedelecs (6 %) im europäischen Vergleich die **Potenziale im Radverkehrsbereich bei weitem nicht ausschöpft**. Beispiele zeigen, dass eine fuß- und fahrradfreundliche Umgestaltung innerhalb von zehn Jahren zu einer signifikanten Erhöhung des Modalanteils des Radverkehrs führen kann. Dies wirkt sich auch positiv auf den öffentlichen Verkehr aus, der durch Verlagerung auf nicht-motorisierte Mobilität in Spitzenzeiten entlastet werden kann.

THG-MINDERUNGSPOTENZIAL ÜBERGREIFEND

SPV und ÖSPV weisen von allen motorisierten Verkehrsträgern die mit Abstand **geringste spezifische THG-Emission pro Personenkilometer** auf: Der SPV ist bereits heute nahezu CO₂-frei. Im SPNV betragen die spezifischen Emissionen 60 g/pkm, bei Straßen-, Stadt- und U-Bahnen 64 g/pkm und bei Linienbussen 75 g/pkm. Der Rad- und Fußverkehr ist komplett CO₂-frei. Beim Pkw dagegen betragen die spezifischen CO₂-Emissionen heute 139 g/pkm.⁶⁶ Jede Verkehrsverlagerung zugunsten dieser Verkehrsträger mindert daher den Ausstoß von THG im Verkehr signifikant.

⁵⁸ Vgl. MID 2008 und MID 2017.

⁵⁹ Aussage des Parlamentarischen Staatssekretärs Enak Ferlemann auf dem Kongress Vivavelo in Berlin am 16. und 17. April 2018.

⁶⁰ Vgl. Ferlemann 2018.

⁶¹ Der überwiegende Anteil der Wege im Personenverkehr findet im Nahbereich statt (58 % im Entfernungsbereich bis 5 km, 74 % bis 10 km und 87 % bis 20 km). Da 50 % der mit dem Pkw zurückgelegten Wege weniger als 5 km und 25 % weniger als 2 km betragen, bietet sich hier ein großes Substitutionspotenzial für Radverkehr, Fußverkehr, neue Formen der Mikromobilität und entsprechende Sharingangebote. Für die mittleren Distanzen (10 bis 15 km) gilt dies besonders für Pedelecs und E-Bikes insbesondere auf Radschnellwegen. Dass es auf diesen Streckenlängen keine nennenswerten Reisezeitvorteile des Pkw-Verkehrs gibt, macht die Alternativen zusätzlich attraktiv. Großes Umstiegspotenzial besteht somit auch bei etwa 15 Millionen Pendler/innen.

⁶² MID 2017.

⁶³ Nur Bahn, ohne ÖSPV.

⁶⁴ Vgl. ProRail 2013.

⁶⁵ Vgl. Sinus Markt- und Sozialforschung 2017.

⁶⁶ Vgl. UBA.

Das konkrete **CO₂-Minderungspotenzial** bei Realisierung der verkehrlichen Potenziale sowie einzelner CO₂-effizienzsteigernder Maßnahmen beträgt insgesamt **6,7 bis 10,3 Millionen t CO₂ gegenüber 2015 und 7 bis 9,9 Millionen t gegenüber⁶⁷** dem Referenzszenario.

NACHHALTIGKEITASPEKTE

Darüber hinaus ergeben sich durch die Verlagerung **Entlastungen bei den Luftschadstoffen**. Insbesondere in städtischen Bereichen treten weitere positive Wirkungen hinzu: Eine starke Nutzung von Schiene, ÖSPV, Rad- und Fußverkehr führt zu einer Reduktion der Lärmbelastung, verringert den Flächenverbrauch und schafft somit Chancen für städtebauliche Entwicklung und lebenswerte Städte.

Da die Mikromobilität derzeit stark anwächst und die Entwicklungen kaum absehbar sind, besteht Unsicherheit hinsichtlich der tatsächlichen Minderungswirkungen. Gleiches gilt für Ridepooling-Verkehre. Bei Letzteren ist die Integration in den öffentlichen Verkehr für eine Minderungswirkung notwendig.

Für die Stärkung von Schiene, ÖSPV, Rad- und Fußverkehr sind umfassende **Infrastrukturmaßnahmen** in den nächsten Jahren notwendig. Nur so können die notwendigen Infrastrukturkapazitäten geschaffen werden, um die zu verlagernden Verkehrsströme aufzunehmen. Des Weiteren bedarf es umfassender Investitionen in die Attraktivitätssteigerung der Systeme. Dies ist notwendig, um den Verkehrsträgerwechsel in die geschaffenen Kapazitäten anzureizen.

Attraktivitätssteigerungen und Investitionen in die Infrastruktur von Schiene, ÖSPV, Bus-, Rad- und Fußverkehr **stärken den Wirtschaftsstandort und die Lebensqualität** in Deutschland. Insbesondere die Infrastrukturinvestitionen sind somit für den Standort Deutschland auch unabhängig vom Klimaschutz **zentrale Investitionen in die Zukunft**. Somit können auch die damit verbundenen Kosten nicht oder nur teilweise dem Klimaschutz zugeordnet werden. Zudem sind viele der hier zu tätigen Investitionen auch über 2030 hinaus wirksam, einige entfalten gar ihre vollständige Wirkung der THG-Minderung erst nach 2030.

Da die meisten Instrumente auf Verbesserungen des Verkehrsangebots und mehr Kapazität in Bereichen der **Daseinsvorsorge** abzielen, sind die Ansätze als sehr sozialverträglich einzuordnen. Das Angebot sichert Mobilität, Erreichbarkeit und Teilhabe für alle Bevölkerungsgruppen und eröffnet den Bürgern zusätzliche Wahlmöglichkeiten. Es trägt zur Erreichung des Ziels gleichwertiger Lebensbedingungen in allen Teilen des Landes bei, wenn auch im ländlichen Raum ein entsprechendes Angebot geschaffen wird. Mit Investitionen in diese Verkehrsträger kommen Bund, Länder und Kommunen somit der Daseinsvorsorge und weiteren politischen Zielen nach.

Die vermehrte Nutzung erhöht ferner die **Verkehrssicherheit** im Vergleich zu anderen Alternativen. Somit ist bei Aktivitäten in diesem Handlungsfeld mit einer hohen gesellschaftlichen Akzeptanz zu rechnen.

Radfahren und Zufußgehen sind zudem ideal, um die **Gesundheit zu fördern** und Bewegungsmangel vorzubeugen⁶⁸ und besitzen somit einen enormen volkswirtschaftlichen Nutzen.

Ferner belegt die deutsche Bahnindustrie international Spitzenpositionen. Investitionen in moderne Systeme für Schiene und ÖSPV haben auch **industriepolitisch hohe Relevanz**. Bedeutend ist auch die **Beschäftigungswirkung** des Schienenverkehrs und des übrigen öffentlichen Verkehrs. In Bauindustrie, Bahnindustrie und bei den Verkehrsunternehmen bestehen und entstehen eine hohe Zahl hochqualifizierter Arbeitsplätze.

⁶⁷ Das Minderungspotenzial im Radverkehr ist aus Sicht einzelner Akteure in diesen Berechnungen als zu gering ausgewiesen.

⁶⁸ Vgl. BZgA.

3.1.5 HANDLUNGSFELD 5: STÄRKUNG SCHIENENGÜTERVERKEHR, BINNENSCHIFFFAHRT

KURZBESCHREIBUNG

Auf den Verkehrsträgern Schiene und Wasserstraße können Güter mit **geringeren Emissionen pro Tonnenkilometer** als auf der Straße transportiert werden. Beim weitgehend elektrisch betriebenen Schienengüterverkehr kommt der bereits heute hohe Einsatz erneuerbarer Energieträger hinzu. Eine Erhöhung der Anteile von Schiene und Binnenschifffahrt am Güterverkehr kann somit einen signifikanten Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten. Zentraler Gegenstand des vorliegenden Handlungsfelds ist daher die **Verlagerung von Transporten auf den Schienengüterverkehr sowie auf die Binnenschifffahrt**. Um die Verlagerungspotenziale auszuschöpfen, müssen beide Verkehrsträger gestärkt werden. Dafür braucht es sowohl eine **Steigerung der Kapazität** als auch eine **Steigerung der Attraktivität**. Hinzu kommt die Senkung der Emissionen durch verbesserte **Antriebe** und **Kraftstoffe**, durch **Effizienzsteigerung, Digitalisierung und Vernetzung**. Nur in Kombination können die Anteile des Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt am Güterverkehr erhöht werden. Darüber hinaus müssen auch die Voraussetzungen zum Umladen von Gütern geschaffen werden, mittels einer Stärkung des **kombinierten Verkehrs (KV)**.

Mittels Verlagerung von Güterverkehr auf Schiene und Wasserstraße kann unter geeigneten Rahmenbedingungen und Investitionen ein **verkehrliches Potenzial** erreicht werden, welches im Folgenden näher dargestellt wird und mit erheblichen **THG-Reduktionen** einhergeht. Für den Bereich urbane Logistik wird ein solcher Zielkorridor aufgrund des komplexen Systems an dieser Stelle nicht ausgewiesen. Es wird jedoch anerkannt, dass auch dort relevante Potenziale zur THG-Minderung liegen.

Zur Erreichung der Klimaschutzziele muss auch der **städtische Güterverkehr** Beiträge leisten. Emissionsarme urbane Güterverkehre haben auch positive Nebeneffekte zum Beispiel aufgrund vermiedener Luftschadstoffe. Die Maßnahmen im Güterverkehr beziehen sich einerseits auf Antriebswechsel, andererseits auf Logistikkonzepte. Die Beiträge zu den alternativen Antrieben werden in Handlungsfeld 1 erfasst, die verbesserte Steuerung in Handlungsfeld 6 sowie Digitalisierung und die citynahen Umschlagsterminals in Handlungsfeld 5.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können die CO₂-Vermeidungspotenziale allerdings nicht in der notwendigen Tiefe beschrieben werden.

IST-ZUSTAND, ZIELKORRIDOR UND RESULTIERENDES THG-MINDERUNGSPOTENZIAL

Ist-Zustand (2015)	Zielkorridor	CO ₂ ggü. 2015	CO ₂ ggü. Ref-2030
Schiene: 121,0 Mrd. tkm (18,3 %)	Schiene: 190-205 Mrd. tkm (23-25 %)	3-5 Mio. t	2,5-4,5 Mio. t
Binnenschiff: 55 Mrd. tkm (8,4 %)	Binnenschiff: 66-82 ⁶⁹ Mrd. tkm (8,5-9,5 %)		

⁶⁹ Die gutachterliche Bewertung kommt angesichts der Rahmenbedingungen der Binnenschifffahrt zu niedrigeren Potenzialen, insbesondere durch klimatische Veränderungen (häufigere Hoch- und Niedrigwasser), durch veränderte Güterstrukturen (deutlich geringere Transportnachfrage von Massengütern wie Kohle, Rohöl und flüssige Kraftstoffe) sowie durch den modalen Wettbewerb mit dem ebenfalls gestärkten Schienengüterverkehr.

SCHIENENGÜTERVERKEHR

Der Schienengüterverkehr (SGV) gliedert sich in die Teilsegmente **Ganzzugverkehr**, **Einzelwagenverkehr** sowie den **kombinierten Verkehr**. Der SGV wird von den Eisenbahnverkehrsunternehmen rein kommerziell („eigenwirtschaftlich“) im Wettbewerb betrieben. Über 40 % der Verkehre des SGV sind grenzüberschreitend.

2015 erbrachte der SGV eine **Verkehrsleistung** von 121 Milliarden tkm, was einem Modalanteil von 18,3 % entsprach. Gegenüber 2000 mit 82,7 Milliarden tkm ist die Verkehrsleistung bis 2015 um 46,3 % gestiegen. Bei Fortschreibung dieses Trends ergäbe sich in 2030 eine Verkehrsleistung von 177 Milliarden tkm. Aufgrund der aktuellen Dynamik ist 2017 bereits ein Leistungsvolumen von 129,9 Milliarden tkm erreicht.

Der Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode zielt auf eine Verlagerung von Gütern auf die Schiene ab. Die „*Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung*“⁷⁰ weist für den Schienengüterverkehr für 2030 in der Szenarienbetrachtung eine Verkehrsleistung in Höhe von 205 Milliarden tkm aus. Daraus abgeleitet sowie auf Basis der Einschätzungen von Fachleuten und Gutachter/innen wird für den SGV ein **verkehrliches Potenzial im Korridor von 190 bis 205 Milliarden tkm** gesehen, was einem Marktanteil von 23 bis 25 % entspricht.⁷¹

BINNENSCHIFFFAHRT

Die hier betrachtete Binnenschifffahrt ist der unternehmerisch geprägte **Frachttransport auf Flüssen, Kanälen und Seen**. Einen großen Anteil trägt insbesondere die Schifffahrt auf dem Rhein bei. Zu berücksichtigen ist, dass die Binnenschifffahrt zum Teil großen jährlichen Schwankungen aufgrund von Hoch- oder Niedrigwassern unterliegt.

Die durch die Binnenschifffahrt erbrachte **Verkehrsleistung** betrug im Jahr 2015 55,3 Milliarden tkm. Das entsprach einem Modalanteil von 8,4 %. Die Beförderungsleistung des Binnenschiffs lag 1991 bei 56,0 Milliarden tkm und ist bis 2000 auf 66,5 Milliarden tkm angewachsen.

Im **Bundesverkehrswegeplan 2030** und im **Wasserstraßenausbaugesetz**, das den Bedarf bestimmter Ausbaumaßnahmen festschreibt, sind die für das System Wasserstraße wichtigen Ausbaumaßnahmen genannt und darüber hinaus im „Vordringlichen Bedarf“ (VB bzw. VB-E) klassifiziert. Diese Infrastrukturmaßnahmen erhöhen die Leistungsfähigkeit des Systems Binnenwasserstraße.⁷² Der Bund erarbeitet derzeit den **Masterplan Binnenschifffahrt**, um Maßnahmen zur Stärkung der Binnenschifffahrt zu adressieren. Wenn der Masterplan erfolgreich umgesetzt wird, ist zu erwarten, dass sich dies in der Güterverkehrsstatistik niederschlägt. Das gilt auch für die im Masterplan angestrebte Erschließung neuer Märkte. Die Abschaffung der Schifffahrtsgebühren ist bereits weitgehend umgesetzt.

Nach unterschiedlichen Quellen wird ein Potenzial der Binnenschifffahrt für das Jahr 2030 von 66 bis 82 Milliarden tkm gesehen. Grundlage der Berechnungen des oberen Wertes sind insbesondere die Ausbaumaßnahmen laut BVWP: Anhebungen von Brücken, leistungsfähige Hafeninfrastruktur mit Landanbindung, Beseitigung von Engpässen, Ertüchtigung von Schleusen. Durch Anhebung einzelner Brücken sollen die Kapazitäten für die Containerschifffahrt erhöht werden, da das Wachstum für die Binnenschifffahrt hauptsächlich im Containerbereich stattfindet und vom allgemeinen Trend in diesem Segment profitiert. Für die Sicherung der bestehenden Transportkapazitäten, insbesondere aber für jedweden Ausbau der Kapazitäten sind leistungsfähige Hafeninfrastrukturen und Landanbindungen der Binnenhäfen erforderlich. Hier müssen Hafen- und Verkehrsinfrastrukturen erneuert und Kapazitäts-

⁷⁰ Vgl. Öko-Institut e.V. et al. 2019.

⁷¹ Schon heute zeigen sich deutlich höhere intermodale Marktanteile des Schienengüterverkehrs in Ländern wie der Schweiz (43,0 % in 2015), sodass das Marktpotenzial des Schienengüterverkehrs in Deutschland noch weitaus höher liegen könnte.

⁷² Einige Mitglieder weisen darauf hin, dass diese Maßnahmen aber mit Blick auf Umwelt- und Naturschutzbelange vor allem bei Flüssen umstritten sind.

⁷³ Vgl. BCG/Prognos 2018.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

engpässe durch stadtverträglichen Ausbau beseitigt werden. Dies ist durch die Kommunen in der Regel nicht mit eigenen Ressourcen machbar und erfordert den Ausbau von hafenauffinen Infrastrukturen.⁷³

Der untere Wert des errechneten Potenzials ergibt sich aus Maßnahmen, die zum nachhaltigen Schutz der Biodiversität und wichtiger Ökosystemdienstleistungen auf den Bau weiterer Staustufen sowie auf den Ausbau unverbaubarer Flussabschnitte verzichten, aber gezielte Infrastrukturmaßnahmen und Investitionen vor allem in das westdeutsche Kanalnetz, in Hinterlandhubs und den Neubau der Scharnebecker Schleuse zulassen.⁷⁴

Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein **verkehrliches Potenzial für die Binnenschifffahrt von 66 bis 82⁷⁵ Milliarden tkm**. Die Erschließung dieses Potenzials würde allerdings eine deutliche Trendwende erfordern, die nur mit einem erheblichen Aufwuchs von Investitionen und verbesserten Rahmenbedingungen für den Transport auf Binnenwasserstraßen erreichbar ist.

THG-MINDERUNGSPOTENZIAL

Der Güterverkehr auf der Schiene und auch auf der Wasserstraße weist von allen motorisierten Verkehrsträgern die mit Abstand **geringsten spezifischen THG-Emissionen pro Tonnenkilometer** auf: Auf der Schiene liegt der Wert bei 19 g/tkm und beim Binnenschiff bei 32 g/tkm^{76 77}. Eine Verlagerung von Transporten zugunsten dieser Verkehrsträger auf geeigneten Strecken mindert somit den Ausstoß von THG. Somit können steigende Transport- und Logistikleistungen von der Entwicklung der THG-Emissionen entkoppelt werden. Die im Verkehr eingesetzte Energiemenge kann trotz Verkehrswachstum reduziert werden.

Der **Verlagerung und Effizienzsteigerung von Schiene und Binnenschiff wird ein CO₂-Minderungspotenzial von 3 bis 5 Millionen t gegenüber 2015** und 2,5 bis 4,5 Millionen t gegenüber dem Referenzszenario zugeordnet. Dabei wird die Realisierung der verkehrlichen Potenziale zugrunde gelegt. Die Umsetzung eines Teils der Minderungspotenziale setzt voraus, dass Verkehre tatsächlich von der Straße auf die Schiene und das Binnenschiff verlagert werden.

NACHHALTIGKEITASPEKTE

SCHIENENVERKEHR

Viele der **(Investitions-)Kosten** im Bereich der Güterbahnen ergeben sich ausgehend von verkehrspolitischen Zielstellungen und betrieblichen Erfordernissen der Bahnen und sind somit nicht oder, wenn überhaupt, nur teilweise der Verringerung von THG und Endenergieverbrauch zuzuordnen. So würde ein Großteil der Infrastrukturinvestitionen ohnehin notwendig und ist als Bestandteil der Bundesverkehrswegeplanung bereits politisch programmiert. Das macht eine Abgrenzung zum Klimaschutz notwendig. Investitionen in die Infrastruktur wirken nachhaltig über circa 20 bis 50 Jahre und bieten Potenziale für weitere Zielerreichung bis 2050.

Der SGV hat eine **hohe Akzeptanz** in der Bevölkerung allgemein. So befürworten regelmäßig über 90 % der Deutschen die Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene⁷⁸. Anwohner/innen von Bahnstrecken mit Güterverkehr leiden jedoch unter dem durch die Güterzüge und insbesondere das Rollgeräusch hervorgerufenen Lärm. Um hier Akzeptanz zu erhalten beziehungsweise wiederherzustellen, müssen die bereits ergriffenen Maßnahmen zur **Minimierung des Schienenlärms** konsequent fortgesetzt werden. Dies betrifft sowohl die Lärminderung an der Quelle als auch den baulichen Lärmschutz. Darüber hinaus wurde in Deutschland bereits ein Schienenlärmschutzgesetz beschlossen, das ab Ende 2020 den Einsatz lauter Güterwagen in Deutschland verbietet.

⁷⁴ Vgl. WWF et al. 2014, S. 49.

⁷⁵ Vgl. BCG/Prognos 2018, S.174ff, S.189.

⁷⁶ Emissionen aus der Energiebereitstellung sind berücksichtigt.

⁷⁷ Vgl. UBA.

⁷⁸ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)/Umweltbundesamt (UBA) 2017.

BINNENSCHIFF

Auch das Binnenschiff genießt **hohe gesellschaftliche Akzeptanz**. Problematisch ist die derzeitige **Versorgungslage mit Motoren**, die den Emissionsgrenzwerten der europäischen NRMM-Verordnung (Non-Road Mobile Machinery) genügen. Es sind bis jetzt keine speziell für Binnenschiffe entwickelten Motoren verfügbar, welche die neuen Grenzwerte einhalten. Eine Möglichkeit wäre, die Übergangsbestimmungen der NRMM-Verordnung zu verlängern, um den Modernisierungszyklus in der Schifffahrt zu erhalten. Dies ist jedoch stark umstritten, weil eine Verlängerung den Druck auf die Entwicklung neuer Motoren reduzieren würde.⁷⁹

In technischer Hinsicht sind zahlreiche Innovationen in Marktreife vorhanden, zum Beispiel in Bezug auf Digitalisierung, alternative Antriebstechnologien oder Innovationen im Schiffbau. Diese müssen breitentauglich gefördert werden. Die gesellschaftliche Akzeptanz dafür ist hoch. Mit der **Motorenmodernisierung** werden auch die lokalen Feinstaub- und NOx-Emissionen weiter gesenkt.⁸⁰

3.1.6 HANDLUNGSFELD 6: DIGITALISIERUNG

KURZBESCHREIBUNG

Digitalisierung im Verkehr bietet die Chance, das **Verkehrssystem verkehrsträgerübergreifend effizienter** und komfortabler zu gestalten. Sie schafft Voraussetzungen zur Förderung von Verhaltensstrukturen, die inter- und multi-modal geprägt und mit weniger Verkehr verbunden sind, ohne dabei die Mobilität einzuschränken. Digitalisierung ist nicht nur als technischer Fortschritt, sondern auch als politische Gestaltungsaufgabe zu verstehen, da sie auch mit Sekundäreffekten verbunden sein kann, die zu mehr Verkehr führen.

Aufgrund des Querschnittscharakters des Handlungsfelds Digitalisierung werden hier entstehende **CO₂-Einsparpotenziale teilweise anderen Handlungsfeldern zugeschrieben**, wie zum Beispiel automatisiertes und vernetztes Fahren dem Handlungsfeld 2 oder das European Train Control System (ETCS) dem Handlungsfeld 4 beziehungsweise 5. Darüber hinaus bietet das Handlungsfeld Digitalisierung eine ganze Reihe vielversprechender Ansätze, deren CO₂-Wirkung heute noch nicht abschließend nachgewiesen werden kann, zum Beispiel aufgrund noch zu kurzer Betriebszeiten oder noch nicht ausreichender Flottengrößen. Dennoch ist es wichtig, diese Ansätze zu beschreiben, um auf deren Potenzial zur THG-Reduktion im Verkehr hinzuweisen. CO₂-Effekte, die unmittelbar aus dem Handlungsfeld Digitalisierung erwachsen, werden diesem auch zugeordnet.

Die Effekte der Digitalisierung können in Teilen nach Verkehrsträgern differenziert werden. Im Bereich des **Straßenverkehrs** können sich unter anderem folgende Vorteile ergeben: effizientere Fahrweise durch Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen, Optimierung von Routen zum Beispiel durch mehr Effizienz beim Parkplatzsuchverkehr sowie Verflüssigung des Verkehrs durch Erhöhung der Auslastung im Personen- und Güterverkehr sowie die Vermeidung von Unfällen und Staus.

Im Bereich des **Schienenverkehrs** sind als Nutzen zu nennen: Kapazitätssteigerung der Infrastruktur sowie bessere Auslastung der Fahrzeuge und Gefäße, effizientere Fahrweise, Effizienzsteigerung im Schienengüterverkehr (digitaler Bahnbetrieb), nachfragegerechter Fahrzeugeinsatz sowie die Vermarktung freier Kapazitäten durch inter-/multimodale Angebote, neue Mobilitätsdienstleistungen und nahtlose Reiseketten. Auch können die Zuverlässigkeit im ÖV/ÖPNV gesteigert und durch alternative Routenführungen bei Störungen die Reisekette sichergestellt werden.

⁷⁹ Einige Mitglieder sind der Auffassung, dass der hier unterstellte Druck nicht wirke und die Marktgröße und Relevanz von Binnenschiffsantrieben für die Hersteller bei solchen Annahmen überschätzt werde.

⁸⁰ Einige Mitglieder weisen darauf hin, dass bei allen Ausbaumaßnahmen an Gewässern die hohen Anforderungen des Europäischen Rechts (Wasserrahmenrichtlinie) an die Gewässerökologie zu beachten sind.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

IST-ZUSTAND, ZIELKORRIDOR UND RESULTIERENDES THG-MINDERUNGSPOTENZIAL

Ist-Zustand (2015)	Zielkorridor	CO ₂ ggü. 2015	CO ₂ ggü. Ref-2030
12 % aller Erwerbstätigen nutzen mindestens 1 Tag Homeoffice ⁸¹	18 % zusätzlich nutzen 1 Tag Homeoffice 18 % zusätzlich nutzen 2 Tage Homeoffice	0,8-1,7 Mio. t CO ₂	0,6-1,3 Mio. t CO ₂
Smart Parking, keine Ausstattung der öfftl. Parkplätze mit digitalen Lösungen	Ausstattung aller kommunalen öffentlichen Parkplätze mit Intelligenz und 100 % Park-App-Nutzung mit 100 % Vermeidung Parksuchverkehre ⁸²	0,4-0,9 Mio. t CO ₂	0,3-0,7 Mio. t CO ₂
Automatisiertes Fahren, geringe Ausstattung mit Assistenzsystemen ⁸³	Bis zu 350 Tsd. vollautomatisierte Lkw und 640 Tsd. vollautomatisierte Pkw in Flotte in 2030	Pkw: 1 Mio. t CO ₂ Lkw: 4,2 Mio. t CO ₂ Gesamt: 5,2-7,5 Mio. t CO ₂ ⁸⁴	Pkw: 0,8 Mio. t CO ₂ Lkw: 3,4 Mio. t CO ₂ Gesamt: 4,2-6 Mio. t CO ₂ ⁸⁵

Digitalisierung ist das **jüngste Handlungsfeld zur Reduktion von THG-Emissionen im Verkehr**. Eine ganze Reihe von Testfeldern und Pilotprojekten ist jedoch bereits heute in Betrieb. Dennoch sind digitale Mobilitätsangebote heute **noch nicht flächendeckend** verfügbar. Zudem spielen unsichere rechtlich-regulatorische Rahmenbedingungen und fehlende Geschäftsmodelle speziell in ländlichen Räumen eine Rolle. Aus diesen Gründen kann **nicht auf empirische Daten zur Abschätzung möglicher Maximalpotenziale digitaler Mobilitätskonzepte** zurückgegriffen werden. Existierende Studien beziehen sich meist auf Simulationen oder Szenarien⁸⁶ oder haben einen abweichenden geografischen Bezug⁸⁷. Zudem muss in diesem Handlungsfeld von einer sehr hohen Komplexität mit vielfältigen, sich gegenseitig verstärkenden und auch teilweise aufhebenden Effekten ausgegangen werden. Vorliegende Szenario-Studien⁸⁸ zeigen zudem, dass neben der Skalierung der Mobilitätsdienstleistungen häufig zusätzliche verkehrspolitische Maßnahmen (zum Beispiel Parkraummanagement, Umverteilung von Verkehrsflächen) notwendig sind, um große positive Klimawirkungen zu erzielen.

VERMEIDUNG VON VERKEHR DURCH DIGITALISIERUNG

Das größte Potenzial bei der Verminderung von THG-Emissionen haben Verkehre, die gar nicht erst stattfinden. Im Alltag bieten sich hierfür mehrere Ansätze an, die durch Digitalisierung genutzt werden können. Wege sind – zumindest in Teilen – durch digitale Technologien substituierbar. Hierzu gehören unter anderem die Konzepte

⁸¹ Durchschnittliche Pendeldistanz 16,86 km, 3,4 Millionen Pendler erhöhen die Anzahl ihrer Homeoffice-Tage. Effekt bei 100 % Ersatz von Pkw-Fahrten.

⁸² 200 Milliarden pkm innerorts, davon 50 % in Städten, davon 50 % mit Parkplatzsuche, davon 5-10 % Fahrtanteil für Parkplatzsuche (Inrix).

⁸³ Vgl. MKS-Studie, Fraunhofer ISI, PTV, M-Five, IML 2019.

⁸⁴ Wenn sich bis 2030 auch MaaS, Sharing- und Poolingangebote und digitalisierte Logistikkonzepte durchgesetzt haben. Vgl. MKS-Studie, Fraunhofer ISI, PTV, M-Five, IML 2019.

⁸⁵ Wenn sich bis 2030 auch MaaS, Sharing- und Poolingangebote und digitalisierte Logistikkonzepte durchgesetzt haben. Vgl. MKS-Studie, Fraunhofer ISI, PTV, M-Five, IML 2019.

⁸⁶ Vgl. Lissabon-Studie, OECD/ITF, 2015.

⁸⁷ Vgl. z.B. Schaller-Report, Schaller Consulting 2018, mit Bezug auf die USA.

⁸⁸ Vgl. z.B. Lissabon-Studie, OECD/ITF 2015; Helsinki-Studie, OECD/ITF, 2017.

Homeoffice (Arbeiten von Zuhause), Smart Health (zum Beispiel medizinische Behandlung via Onlinetermin), digitale Verwaltungsangebote (neuer Reisepass via Onlineformular) oder auch Virtual-Reality-Konferenzen (zum Beispiel Geschäftstreffen in einem virtuellen Raum). Durch die Vermeidung von Verkehren sollen keine Mobilitäts-einschränkungen für Nutzer/innen vorgenommen werden, sondern eher ein Komfortgewinn oder Zusatznutzen entstehen. Deswegen kommt es darauf an, durch innovative Angebote die Optionen für die Menschen zu vergrößern.

Die Vermeidung von Verkehren erzeugt eine vergleichsweise hohe CO₂-Einsparung. Digitalisierung kann dabei helfen, notwendige Wege einzusparen und damit Verkehr zu vermeiden. Natürlich ist eine durchgängige Bewertung der potenziell ersetzbaren Wege nicht möglich, da individuelle Bedarfe der Nutzer/innen nicht vollständig vorausgesehen werden können. Wenn also ein/e Nutzer/in auf den Weg zur Arbeit verzichtet und im Homeoffice arbeitet, kann es natürlich zu zusätzlichen Wegen kommen, beispielsweise zum Einkauf oder dem Weg zu Kita oder Schule. Der Ansatz des **Homeoffice** wird mit einem maximalen **Einsparpotenzial von jährlich 0,8 bis 1,7 Millionen t CO₂** (gegenüber der Referenz 2015) abgeschätzt. Die Spanne ergibt sich aus der Anzahl von „Tagen Homeoffice pro Woche“ (hier zwei bis drei) und dem berücksichtigten Kreis der Erwerbstätigen. Es wird eine durchschnittliche einfache Wegelänge von 16,86 km⁸⁹ angenommen. Um dieses Potenzial zu heben, sind geeignete – auch arbeitspolitische – Rahmenbedingungen notwendig, die die Nutzung von Homeoffice begünstigen. Gleichzeitig sind den Vorteilen des Homeoffice auch CO₂-Emissionen durch erhöhtes Heizen zuzuschreiben. Solche gegenteiligen Effekte müssen mitgedacht werden.

DIGITALISIERUNG IM STRAßENVERKEHR

Automatisiertes Fahren auf der Straße wird im Bereich der Fahrzeugkonzepte evolutarisch über **fünf Automatisierungsstufen** entwickelt (1. assistiertes, 2. teilautomatisiertes, 3. hochautomatisiertes, 4. vollautomatisiertes und 5. fahrerloses Fahren). Seit 2018 sind Fahrzeuge der dritten Stufe auf dem Markt. Die Vernetzung der Fahrzeuge wird meist parallel dazu entwickelt. Sie ist essenziell, um die Effizienzpotenziale der Fahrzeugautomatisierung realisieren zu können. Automatisierung und Vernetzung müssen deshalb in der Praxis stets zusammenhängend betrachtet werden.

Bis zum Jahr 2030 könnten in Deutschland unter den heute absehbaren **Marktentwicklungen circa 350.000 vollautomatisierte Lkw und LNF und 640.000 vollautomatisierte Pkw⁹⁰** im Bestand sein.

Die **maximalen Potenziale zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs** durch die Automatisierung und Vernetzung bewegen sich bei **Pkw bei circa 15 bis 16 %**, bei schweren **Lkw zwischen 16 und 17 %**, welche sich jedoch nur bei hoher Penetrationsrate mit Fahrzeugen der höchsten Automatisierungsstufe realisieren lassen. Da diese voraussichtlich erst ab dem Jahr 2035 zur Verfügung steht, ist mit hohen Penetrationsraten erst **nach dem Jahr 2040** zu rechnen.

Potenziale zur Reduktion von THG-Emissionen ergeben sich bei automatisierten und vernetzten Fahrzeugen durch das Vermeiden unnötiger Brems- und Beschleunigungsvorgänge in Kombination mit der gezielten Wahl des effizientesten Lastbereichs der Motoren. Durch die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander (**Vehicle-to-Vehicle, V2V**) und mit der Infrastruktur (**Vehicle-to-Infrastructure, V2I**) können die Fahrzeuge frühzeitig auf Engpasssituationen reagieren, optimierte Routen nutzen und im Falle einer Ausstattung nahezu aller Fahrzeuge mit Automatisierungsfunktionen die Kapazität der bestehenden Straßeninfrastruktur effizienter nutzen und damit THG-Emissionen einsparen.

⁸⁹ Vgl. BBSR 2017.

⁹⁰ Vgl. MKS-Studie, Fraunhofer ISI, PTV, M-Five, IML, 2019.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

Unter Berücksichtigung von Rebound-Effekten durch leicht steigende Modalanteile der Straße ergeben sich **THG-Minderungspotenziale vollautomatisierter Fahrzeuge im Jahr 2030** gegenüber der Referenz in Höhe von **5,2 Millionen t CO₂-Äq.**^{91 92} Diese ergeben sich durch Einsparungen von 1 Million t CO₂-Äq. im Pkw-Verkehr und 4,2 Millionen t CO₂-Äq. im Straßengüterverkehr. Im Bereich des öffentlichen Verkehrs auf der Straße lassen sich circa 0,07 Millionen t CO₂-Äq. einsparen. Sollten bis zum Jahr 2030 neue MaaS-Dienstleistungen (Mobility-as-a-Service), automatisierte Sharing- und Poolingangebote und Logistikkonzepte zur Verringerung der Anzahl der Leerfahrten durch automatisierte und geteilte Logistikkonzepte verfügbar sein, ist eine Erhöhung des Minderungspotenzials um weitere 2,3 Millionen t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz im Jahr 2030 möglich. Die Größenordnung dieser zusätzlichen Einsparung hängt stark davon ab, ob und in welchem Umfang diese Konzepte bis dahin angeboten werden.

Intelligente **Parkplatzlösungen** können zu einer Reduktion beitragen. Bei Smart-Parking-Konzepten werden freie Parkplätze sensiert und beispielsweise über eine Cloudlösung via App an den/die Fahrer/in gemeldet. Der Umgang mit dem öffentlichen Raum zählt zu den wirkungsvollsten Ansatzpunkten einer klimaverträglichen Verkehrspolitik. Das **intelligente Parken** kann in unterschiedlichen Ausprägungen wirken. Es wird ein **Einsparpotenzial in Höhe von 0,4 bis 0,9 Millionen t CO₂** ermittelt. Die Effekte sind von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Dazu gehören die Anzahl der ertüchtigten Parkplätze und die entstehenden Kosten durch die eingesetzte Technologie.

Eine weitere Möglichkeit besteht im **bepreisten Zugang zu bestimmten Bereichen von Städten**, zum Beispiel der Innenstadt (Infrastrukturabgabe).⁹³ Über digitale Plattformen können die Zufahrten festgestellt und automatisiert abgerechnet werden. Das Beispiel Stockholm – wo ein solches System seit 2006 in Betrieb ist und eine 20-prozentige Verkehrsentslastung bewirkte – zeigt eine Zustimmungsrate von 80 % in der Bevölkerung. Bevor auf lokaler Ebene aber darüber entschieden wird, ist eine sorgfältige Abschätzung aller Kosten und Nutzen vorzunehmen. Dieses Thema ist auf kommunaler Ebene zu entscheiden und die notwendigen rechtlichen Rahmenbedingungen hierfür müssten geschaffen werden. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Einnahmen aus einer solchen Maut der Förderung von Maßnahmen aus den anderen Handlungsfeldern für Klimaschutz im Verkehr zugute kommen.

Das Potenzial für die Top-25-Einpendler-Städte in Deutschland liegt – so man die in Stockholm erzielten Effekte analog annimmt – bei rund **620.000 t CO₂ jährlich**. Bezieht man Städte ab 50.000 täglichen Einpendler/innen mit ein (43 Städte), liegt das CO₂-Einsparpotenzial entsprechend höher bei 792.000 t CO₂ jährlich. Steuermöglichkeiten in der Bepreisung liegen etwa im Besetzungsgrad der Fahrzeuge, dem Verkehrsaufkommen, der Routenwahl, der Fahrleistung und den Fahrzeugemissionen. Die Themen intelligentes Parken und bepreister Zugang zu Städten sind im engen Zusammenhang mit Handlungsfeld 2 zu sehen.⁹⁴

Ein noch nicht quantifizierbarer Bereich sind **digitale Logistiklösungen**, wie Ladungsoptimierung oder intelligente Routenplanung. Besonders die sogenannte Letzte-Meile-Logistik, also die Lieferung bis an die Haustür, bietet vielfältige Ansätze. Hier bietet Digitalisierung Optimierungspotenzial, indem besonders bei Standardlieferungen Fahrzeuge durch intelligente Routenplanung und Ladungsoptimierung effizienter genutzt werden. Weitere Ansätze wie Lieferroboter oder Drohnen, die Pakete befördern, können ergänzend bei speziellen Anforderungen, wie Intraday-Lieferungen, genutzt werden.

⁹¹ Die THG-Minderungspotenziale ergeben sich nicht erst bei Fahrzeugen ab Stufe 4 (Vollautomatisierung), sondern bereits (in geringerem Umfang) in den vorherigen Automatisierungsstufen.

⁹² Aus Sicht einiger Mitglieder wird das Einsparpotenzial für vollautomatisierte Fahrzeuge im Jahr 2030 als deutlich zu hoch eingeschätzt.

⁹³ Diese Sicht wird nicht von allen Teilnehmenden geteilt.

⁹⁴ Aus Sicht einiger Mitglieder wird das Einsparpotenzial durch Zugangsbepreisung in Städten als zu hoch eingeschätzt, da Zweifel an der Umsetzung durch Städte bestehen und die Wirkung dadurch überschätzt wird, dass in Stockholm die Hälfte der Verkehrsteilnehmer/innen, die nicht mehr in die Mautzone eingefahren sind, mit ihrem Pkw andere Ziele angesteuert haben.

DIGITALISIERUNG IM SCHIENENVERKEHR

Mit der Digitalisierung werden die Voraussetzungen für den flächenhaften Einsatz **digitaler Stellwerke** in Verbindung mit dem **Zugbeeinflussungssystem ETCS** (European Train Control System) geschaffen. Diese Technologien erlauben einen **energieeffizienteren Betrieb** des Bahnverkehrs durch vorausschauende Fahrweisen, da genauere Angaben über die Position einzelner Züge im Netz verfügbar sind. Die Entwicklung und Einführung weiterer Technologien für den digitalisierten Bahnbetrieb führen darüber hinaus zu erheblichen **Effizienzsteigerungen im System Schiene**. Ebenso können **Kapazitätssteigerungen** der vorhandenen Infrastruktur erzielt werden, indem Züge in geringerem Abstand fahren können, ohne Einbußen bei der Sicherheit hinnehmen zu müssen. Trotz Verkehrszunahme auf der Schiene reduziert sich der Neu- und Ausbaubedarf. Die Digitalisierung schafft damit eine **Voraussetzung für die Verlagerung von Verkehren auf die Schiene**. Zur Vermeidung von Doppelzählungen werden THG-Minderungspotenziale im Schienenbereich im Handlungsfeld 4 und 5 dargestellt.

Ferner können **kombinierte Mobilitätsangebote** und **nahtlose Reiseketten** hier eingeordnet werden. In beiden Themen spielen die Angebote des ÖPNV – und damit auch die Schiene – eine wichtige Rolle. Dabei werden die Mobilitätsangebote einer Stadt oder Region mithilfe von digitalen Plattformen zusammengeführt. Dazu können die Angebote des ÖPNV, Car- und Ridesharing, Leihfahrräder, Taxen und alle weiteren relevanten lokalen oder regionalen Mobilitätsangebote gehören. Nutzer/innen bekommen über eine App die ideale Reisekette für ihre Start-Ziel-Kombination angezeigt und können diese über eine einzige Schnittstelle planen, buchen und bezahlen. Solche Anwendungen tragen zu einem **größeren Komfort und einer höheren Akzeptanz bei der Nutzung von ÖV-Angeboten** bei.

Intermodale Transportketten, bei denen unter Einbindung von Schiene und Binnenschiff das jeweils effizienteste Transportmittel für einzelne Teilstrecken verwendet wird, werden durch von künstlicher Intelligenz (KI) gestützte Prognosen und Disposition wettbewerbsfähiger gegenüber dem End-to-End-Lkw-Transport. Ebenso kann den Bedürfnissen der Kund/innen durch die Vermarktung freier Restkapazitäten, Sendungsverfolgung etc. noch besser entsprochen werden.

Eine **konkrete Zuschreibung von CO₂-Einsparungen** kombinierter Mobilitätsangebote, nahtloser Reiseketten sowie intermodaler Transportketten ist **noch nicht möglich**, da aufgrund des innovativen Charakters noch keine Daten über längere Zeiträume vorliegen. Um eine bewertbare Basis zu schaffen, sollten neue Mobilitätsdienstleistungen stärker etabliert und skaliert werden. Auch bedarf es weitergehender Untersuchungen zu den THG-Minderungseffekten. Die AG 1 wird sich in der Zusammenarbeit mit der AG 3 diesem Thema in den kommenden Monaten verstärkt widmen.

NACHHALTIGKEITASPEKTE

VERMEIDUNG VON VERKEHR DURCH DIGITALISIERUNG

Die Vermeidung von Wegen durch das Arbeiten von zu Hause ist auch mit sozialen und ökonomischen Aspekten verbunden. So erfordern neue oder geänderte Arbeits- und Pausenzeiten gegebenenfalls zusätzliche Vereinbarungen zwischen Arbeitgeber/in und Arbeitnehmer/in. Auch Interaktionen wie beispielsweise persönliche Treffen zwischen Kolleg/innen müssen anders geplant werden. Aus ökonomischer Sicht verhindert die Vermeidung von Arbeitswegen Verspätungen sowie uneffektive Wegzeiten, die von zu Hause aus für produktives Arbeiten genutzt werden können.

KAPITEL 3 | KLIMASCHUTZZIELE UMSETZEN

DIGITALISIERUNG IM STRAßENVERKEHR

Ökonomische Aspekte bei der Digitalisierung im Straßenverkehr sind im Bereich Smart Parking bei der **Ausrüstung der Parkplätze** zu sehen. Aufgrund verschiedener verfügbarer Sensortechnologien (zum Beispiel Überkopfsensoren oder Bodensensoren) gestalten sich die Kosten unterschiedlich hoch. Die Kosten variieren zwischen zweistelligen bis hohen dreistelligen Euro-Beträgen.

Automatisiertes und vernetztes Fahren hat im Bereich des Straßengüterverkehrs **positive ökonomische Aspekte**, da sich durch den Einsatz der Technologie Kosten einsparen lassen. Es ergeben sich trotz höherer Investitionskosten für die Fahrzeuge **THG-Vermeidungsnutzen in Höhe von mittleren dreistelligen Euro-Beträgen pro Tonne CO₂-Äq.** Bei dieser Abschätzung werden jedoch keine Investitionen in den Ausbau der 5G-Mobilfunkinfrastruktur eingerechnet. Entlang der Verkehrsinfrastruktur-Hauptadern ist der Verkehr zwar Hauptzweck des 5G-Ausbaus, der verkehrliche Anteil an den gesamten Kosten des Aufbaus lässt sich jedoch nicht abschätzen.

Im Bereich des Personenverkehrs eröffnet das automatisierte Fahren langfristig die Möglichkeit der Nutzung des MIVs für **mobilitätseingeschränkte Personen** und kann bei steigenden Angeboten von automatisierten Car- und Ridesharing-Dienstleistungen die **Erreichbarkeit** sowohl **auf dem Land als auch in der Stadt** verbessern sowie **höhere Besetzungsgrade** und die **soziale Inklusion** fördern. Im Bereich des Güterverkehrs bietet die Automatisierung eine Möglichkeit der Überwindung des seit Jahren stärker werdenden Mangels im Bereich der Fahrer/innen. Hinzu kommt eine **Reduktion der Unfallzahlen**. Ein hoher Automatisierungsgrad (autonomes Fahren) kann auch zu mehr Verkehr und damit mehr CO₂-Emissionen führen (**Rebound-Effekte**), beispielsweise weil die Unterwegszeit im Pkw für andere Tätigkeiten genutzt wird und längere Pendelstrecken in Kauf genommen werden. Ferner birgt automatisiertes und vernetztes Fahren das Potenzial zur deutlichen Veränderung der Vollkosten im kommerziellen Verkehr, sodass nach ersten Schätzungen die Attraktivität des Verkehrsträgers Straße steigt und dadurch der Modalanteil zusätzlich wachsen kann. Hier bedarf es angepassten Rahmenbedingungen, um nicht mehr Verkehre auf der Straße zu erzeugen.

Wirkungen eines bedarfsorientierten bepreisten Zugangs könnten über ein Pilotprojekt im deutschen Markt erprobt werden. Mit der Digitalisierung wird eine zielgerichtete und zugleich eine sozial ausgewogene Gestaltung solcher Konzepte ermöglicht, da über hinterlegte Profile (zum Beispiel selbstständige Handwerker, Fahrzeuge mit CO₂-Ausstoß unter bestimmten Grenzwerten etc.) Erleichterungen oder Befreiungen von einer Infrastrukturabgabe geregelt werden können.

DIGITALISIERUNG IM SCHIENENVERKEHR

Da mit der Einführung von ETCS in Verbindung mit digitaler Stellwerkstechnologie neben dem Klimaschutz auch weitere Aspekte adressiert werden (Reduktion der Störanfälligkeit des Systems Schiene, Erleichterung des grenzüberschreitenden Bahnverkehrs, ohnehin erforderlicher Ersatz abgängiger Infrastruktur, Erhöhung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Bahnindustrie), sind die **Kosten nur teilweise dem Klimaschutz im Sinne von Vermeidungskosten** zuzurechnen. Insbesondere die Investitionskosten, die bei einem Verzicht auf ETCS für den Ersatz der alten Leit- und Sicherungstechnik anfielen, sind hier von besonderer Bedeutung.

Im Sinne der Daseinsvorsorge leistet eine Verbesserung des Schienenpersonenverkehrssystems meist auch einen Beitrag zur **Inklusion benachteiligter Gruppen**.

3.2 NOTWENDIGKEIT EINES ITERATIVEN VORGEHENS

Es gilt den Klimaschutz als Chance zu begreifen, um den Mobilitäts- und Verkehrssektor in Deutschland entlang eines nachhaltigen **Innovationspfads** zu gestalten und dabei den Standort zu stärken und eine Marktführerschaft bei innovativen klimaschonenden Mobilitätslösungen zu ermöglichen. Die richtige Kombination, die zeitliche Taktung und die Beachtung multipler Wechselwirkungen von Maßnahmen sind von zentraler Bedeutung, um die gesteckten Klimaschutzziele zu möglichst geringen volkswirtschaftlichen, privatwirtschaftlichen und sozialen Kosten zu erreichen. Die AG 1 empfiehlt daher zur Gestaltung des Innovationspfads ein Vorgehen in mehreren Anpassungsschleifen.

Aufgrund der oft langwierigen Planungs- und Realisierungsphasen und des engen zeitlichen Rahmens bis 2030 muss unverzüglich mit der Setzung der erforderlichen rechtlichen Rahmenbedingungen und der Umsetzung beziehungsweise der weiteren Marktvorbereitung begonnen werden. In **der ersten Phase bis 2020** gilt es demnach, möglichst kurzfristig umsetzbare Instrumente zu identifizieren und umzusetzen. Es müssen Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur getätigt und Rahmenbedingungen gestaltet werden, um den Markthochlauf innovativer Technologien und den dafür erforderlichen Infrastrukturausbau anzureizen und zu beschleunigen.⁹⁵ Wichtig ist es zudem, Planungssicherheit für Investitionen auf Basis der frühzeitigen Formulierung von gesetzlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen für Unternehmen, Verbraucher/innen und öffentliche Hand zu ermöglichen. Entsprechend sind auch die erforderlichen Entwicklungs-, Forschungs- und Fertigungsvorhaben frühzeitig auf den Weg zu bringen.

In **der zweiten Phase von 2020 bis 2026** sind in der notwendigen Frequenz, gegebenenfalls jährlich, die ergriffenen Maßnahmen und Ergebnisse aus Phase 1 zu evaluieren und auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen sowie gegebenenfalls nachzusteuern. Nahezu alle Instrumente haben neben ihrer CO₂-Minderungswirkung weitere wirtschaftliche und gesellschaftliche Implikationen. Um Lasten abzufedern und diese gerechter zu verteilen, ist eine Abwägung der Verhältnismäßigkeiten notwendig, um einem vollständigen Nachhaltigkeitsansatz im Sinne ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte gerecht zu werden.

In **der dritten Phase von 2026 bis 2030** sind auf Basis der bis dahin gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen Maßnahmen für die weitere Entwicklung nach 2030 in den Blick zu nehmen. Es gilt zu bedenken, dass Aktivitäten ab 2026 realistisch nur geringfügige Auswirkungen auf die Zielerreichung 2030 haben können. Auch langfristig sind weitere Investitionen in Forschung und Entwicklung notwendig.

Trotz der Möglichkeit zur Nachsteuerung ist von Beginn an darauf zu achten, dass die ergriffenen Maßnahmen und eingesetzten Instrumente durch ein hinreichendes Ambitionsniveau eine gegenüber unsicheren Entwicklungen robuste klimapolitische Zielerreichung gewährleisten.

Die AG 1 betrachtet zudem die Langzeitperspektive über 2030 hinaus. Für die Umsetzung eines nachhaltigen Klimaschutzes darf das Langfristziel, nämlich die weitgehende THG-Neutralität⁹⁶ des Verkehrs bis 2050, nicht aus den Augen verloren werden. Gleichzeitig ist auch mit Hinblick auf die sozialen und ökonomischen Aspekte eine sinnvolle Gesamtsteuerung über den Planungszeitraum bis 2030 anzuraten.

⁹⁵ Aus Sicht einiger Mitglieder könnte mitunter eine Verbesserung der Bürgerbeteiligung zur Beschleunigung beitragen.

⁹⁶ Vgl. BMU 2016.

4 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

JETZT TRENDWENDE EINLEITEN – GESELLSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNG ANNEHMEN

Klimaschutz gehört zu den wichtigsten Aufgaben unserer Zeit und ist **eine Frage der Verantwortung gegenüber jetzigen und kommenden Generationen**. Deutschland hat sich zu dieser Verantwortung bekannt und ist internationale Verpflichtungen eingegangen, CO₂-Emissionen zu reduzieren. Trotz erheblicher technischer Fortschritte konnte im Verkehrssektor in den letzten Jahren in absoluten Zahlen keine Senkung der CO₂-Emissionen erreicht werden. Das THG-Minderungsziel für den Verkehrssektor von 40 bis 42 % gegenüber 1990 bis zum Jahr 2030 stellt – angesichts sogar gestiegener CO₂-Emissionen – **eine besondere Herausforderung mit erheblichem Handlungsdruck** dar. Hierzu **bedarf es jetzt einer Trendwende**. Das bedeutet sehr **große Anstrengungen der Gesellschaft** auf allen Ebenen der Politik, der Wirtschaft und der Mobilitätsteilnehmer/innen. Passende **Rahmenbedingungen müssen jetzt gesetzt und Instrumente** immer mit Blick auf das gesamte Verkehrssystem sowie die gesamte Wirtschaft und Gesellschaft **ausgewählt werden**.

INVESTITIONEN IN DEN KLIMASCHUTZ SIND INVESTITIONEN IN WACHSTUM, BESCHÄFTIGUNG UND ZUKUNFTSMÄRKTE

Klimaschutz im Verkehr bedeutet, CO₂-Emissionen des Verkehrs zu verringern und durch Optimierung des Verkehrssystems die **Mobilität des Einzelnen** zu verbessern. Die AG 1 ist sich einig, dass eine klimaschonende Verkehrspolitik **ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten** zugleich Rechnung tragen muss. Investitionen in klimafreundliche und ressourcenschonende Produkte und Dienstleistungen sind auch **Investitionen in Zukunftsmärkte und bieten Wachstumschancen**. Klimaschutzmaßnahmen sollten auch **einen Beitrag zur Sicherung von Arbeitsplätzen** in Deutschland und für die **internationale Wettbewerbsfähigkeit leisten**.

DAS SEKTORZIEL 2030 IM KLIMASCHUTZPLAN 2050 IST IM GRUNDSATZ ERREICHBAR

Die AG 1 hat sechs zentrale Handlungsfelder identifiziert und mit einer systematischen Abschätzung der jeweiligen CO₂-Minderungspotenziale sowie durch Berechnungen von Zielszenarien gezeigt, dass die Zielgröße des Sektorziels 2030 von 95 bis 98 Millionen t CO₂-Emissionen im Verkehrssektor im Grundsatz erreichbar ist. Die Handlungsfelder umfassen:

1. Antriebswechsel von Pkw und Lkw;
2. weitere Effizienzsteigerung von Pkw und Lkw;
3. regenerative Kraftstoffe;
4. Stärkung von Schienenpersonenverkehr, Bus-, Rad- und Fußverkehr;
5. Stärkung von Schienengüterverkehr und Binnenschifffahrt;
6. Digitalisierung.

Um die CO₂-Minderungspotenziale zu heben, müssen **in allen sechs Handlungsfeldern gleichzeitig umfangreiche Maßnahmen mit hohem Ambitionsniveau ergriffen und umgesetzt werden. Alle Verkehrsträger und Technologien werden gebraucht.** Die damit verbundenen **Investitionen** in Technologien, Produktionskapazitäten und Infrastrukturen müssen umgehend getätigt werden, da sich anderenfalls der erforderliche Markthochlauf verzögert und die Ziele nicht bis zum Jahr 2030 erreicht werden können. Frühzeitige **Planungs- und Investitionssicherheit am Standort** sind dafür entscheidende Voraussetzungen. Zudem brauchen wir Offenheit für technologische Entwicklungen. Wichtig ist ein koordiniertes Vorgehen aller Akteure.

MAßNAHMEN AUS HANDLUNGSFELDERN MÜSSEN KOMBINIERT UND AUF EINANDER ABGESTIMMT WERDEN

In allen Handlungsfeldern hat die AG 1 **zentrale Kenngrößen herausgearbeitet**, die ein mit den Klimazielen konformes Verkehrs- und Mobilitätssystem im Jahr 2030 beschreiben können. Um vorab die Machbarkeit der benannten Größen zu überprüfen, hat die AG 1 mögliche Hochlaufkurven der notwendigen Technologien und Infrastrukturen und die dafür erforderlichen Rahmenbedingungen für die einzelnen Handlungsfelder kritisch diskutiert. Als **Ergebnis der Diskussionen** hat die AG 1 **je Handlungsfeld ambitionierte Zielkorridore für die wichtigsten Kenngrößen** für das Jahr 2030 erarbeitet:

- Im Handlungsfeld Antriebswechsel wurde ein Anteil von 7 bis 10,5 Millionen E-Pkw im Bestand diskutiert sowie der Einsatz von E-Lkw und eine massive Elektrifizierung kleinerer Lkw und Busse sowie der Wechsel auf weitere Antriebsarten in allen Fahrzeugsegmenten (Gas, LNG, H₂).
- Im Handlungsfeld Effizienzsteigerung bei verbrennungsmotorischen Pkw, LNF und Lkw wird ein Potenzial von bis zu 30 % gegenüber 2015 gesehen.
- Der Zielkorridor der regenerativen Kraftstoffe beträgt für Biokraftstoffe der zweiten Generation 1,8 bis 16 % und bei strombasierten Kraftstoffen 2,1 bis 8,4 % bezogen auf den gesamten Endenergiebedarf des Verkehrssektors.
- Das Handlungsfeld 4 sieht als oberen Zielkorridor einen Anteil von 12 % Schiene, 8 % Bus, U- und Straßenbahnen sowie 9 % Rad- und Fußverkehr an der Personenverkehrsleistung – dies entspricht einer Steigerung der Personenverkehrsleistung von 53 % beim Schienenpersonenverkehr (SPV), von 17 % bei Bus, U- und Straßenbahn und von 45 % beim Fuß- und Radverkehr gegenüber 2015.
- Das Potenzial des Schienengüterverkehrs (SGV) wird mit einem Anteil von bis zu 25 % und das der Binnenschifffahrt mit einem Anteil von bis zu 9,5 % an der Transportleistung im Güterverkehr taxiert, dies entspricht einer Steigerung der Güterverkehrsleistung gegenüber 2015 von 70 % bei der Schiene beziehungsweise 50 % beim Binnenschiff.
- Das Thema Digitalisierung findet Eingang in weite Teile des Lebensablaufes (zum Beispiel Steigerung des Anteils von Homeoffice auf bis zu 30 % der geeigneten sozialversicherungspflichtig Beschäftigten).

Diese Zielkorridore wurden im Kapitel 3 umfassend diskutiert. Unerlässlich ist, dass die in den Handlungsfeldern dargestellten Zielgrößen nur mit entsprechenden Instrumenten und Rahmenbedingungen hinterlegt beziehungsweise angereizt werden. Wichtig ist, dass Maßnahmen und Instrumente aus Handlungsfeldern kombiniert betrachtet und aufeinander abgestimmt werden.

KAPITEL 4 | SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

INNOVATIONEN, INFRASTRUKTUR UND DIGITALISIERUNG VORANBRINGEN

Die AG 1 hat gemeinsam ein **Bündel von konkreten Instrumenten mit dem Schwerpunkt „Innovationen, Infrastruktur und Digitalisierung“** erarbeitet. Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass durch dieses – vorwiegend auf Infrastrukturverbesserung, direkte Förderung und Angebotserweiterung ausgerichtete – **Instrumentenbündel** zusammen **mit den bereits beschlossenen EU-Standards ein CO₂-Minderungspotenzial von 29 bis 39 Millionen t CO₂-Äq.** erschlossen werden kann (Ausgestaltung siehe Anhang).

Diese **Instrumente** werden jedoch nicht ausreichen, um das Klimaziel zu erreichen. Es bleibt noch eine signifikante **Lücke in Höhe von 16 bis 26 Millionen t CO₂.**

WEITERE INSTRUMENTE IN EINEM GESAMTKONZEPT SIND NOTWENDIG, UM DIE CO₂-LÜCKE ZU SCHLIESSEN

Für das Schließen der Lücke gibt es geeignete Konzepte der Instrumentierung. Über diese Konzepte und deren genaue Ausgestaltung besteht zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Einigkeit. Bislang besteht weiterer Diskussionsbedarf insbesondere zur konkreten Ausgestaltung von Preissignalen, der in einen gesonderten Vorschlag mündet. Dissens besteht unter anderem in der Frage der Einführung von Quoten für Elektrofahrzeuge, zum Bonus-Malus-System und zur Ausprägung des Handlungsfelds regenerative Kraftstoffe. Die Diskussion um einen ausgewogenen Instrumentenmix muss weiter vertieft werden.

Der im Zwischenbericht dargestellte Diskussionsstand hat bereits viele relevante Aspekte genannt und deutlich gemacht, wie groß die Spannbreite der Lösungsansätze sowie die Vielfalt der zu berücksichtigenden Perspektiven ist. Die AG 1 ist sich einig, dass das Erreichen der Ziele und des Lückenschlusses **nur mit einem ausgewogenen Gesamtkonzept** erreicht werden kann, da zwischen den verschiedenen Instrumenten vielschichtige Wechselwirkungen vorliegen. Die AG 1 hat bei der Identifikation notwendiger Instrumente **wichtige Diskussions- und Forschungsbedarfe offengelegt**, die in Abstimmung mit den anderen Arbeitsgruppen der NPM zu bearbeiten sind. Grund hierfür sind Unsicherheiten hinsichtlich technologischer Entwicklungen, aber auch unterschiedliche Erwartungen, insbesondere was Verhaltensänderungen im Bereich der Mobilität angeht. Es gilt, an zahlreichen Stellen die Betrachtungen zu vertiefen, um die (Wechsel-)Wirkungen genauer prognostizieren zu können und neue Optionen zu erschließen.

MÖGLICHER ANSATZ EINER CO₂-BEPREISUNG ÜBER NON-ETS-SEKTOREN IST ZU PRÜFEN

Die AG 1 empfiehlt der Bundesregierung, das Instrument einer **CO₂-Bepreisung näher zu prüfen**. Dieses Instrument sollte **in allen Handlungsfeldern eine Lenkungswirkung entfalten**: also den Antriebswechsel beschleunigen, weitere Effizienzsteigerungen heben, den Markteintritt für regenerative Kraftstoffe erleichtern, den Umstieg auf energieeffizientere Verkehrsträger befördern sowie den Beitrag der Digitalisierung zum Klimaschutz unterstützen. Der mögliche **Einsatz von Elementen der CO₂-Bepreisung sollte keinen Alleingang im Verkehrssektor darstellen** und als Instrument grundsätzlich alle Sektoren betreffen, die nicht dem europäischen Emissionshandelssystem unterliegen. Es bedarf einer **Ausgestaltung, die sowohl sozialverträglich ist, als auch Wettbewerbsverzerrungen vermeidet**. Wichtig ist daher ein Ansatz, der Bestandteil einer umfassenden Reform von Steuern und Abgaben auf Energie und Energieträger sowie in diesem Kontext im Verkehrssektor auf Fahrzeuge ist. Darüber hinaus sind Kompensationsmaßnahmen für besonders Betroffene zu prüfen.

ENTSTEHENDE LASTEN MINIMIEREN UND AUSGEWOGEN VERTEILEN

Die **Abschätzung von notwendigen Investitionen und entstehenden Lasten ist für die weitere politische Entscheidungsfindung von hoher Bedeutung**. Mobilität muss für alle bezahlbar bleiben. Grundlage der Entscheidung für Instrumente und der damit einhergehenden Kostenträgerschaft muss eine notwendige Abwägung zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Faktoren sein. Die entstehenden Kosten des Klimaschutzes im Verkehr sollten in geeigneter Weise in marktwirtschaftliche Investitionen und (vorübergehende) Belastungen von Wirtschaft und Gesellschaft differenziert werden. **Es braucht Transparenz und weitere Diskussion über die entstehenden Lasten, dabei aber auch zugleich einen gesamtgesellschaftlichen Diskurs über Chancen**, die der Innovationsstandort Deutschland im internationalen Wettbewerb nutzen muss.

Insbesondere für den notwendigen Infrastrukturausbau im Verkehrssektor müssen bereits jetzt dringend Investitionen (zum Beispiel Schiene, Wasserstoffinfrastrukturen, Stromnetze, Produktionskapazitäten etc.) angeschoben werden. Auch wenn diese gegebenenfalls erst nach 2030 ihre vollständige Klimaschutzwirkung entfalten, haben sie **für die Zukunftsfähigkeit des Standorts strategische Bedeutung**.

KLIMASCHUTZ ALS DYNAMISCHEN PROZESS GESTALTEN: ITERATIVER ANSATZ UND MONITORING

Da heute noch **nicht alle Effekte und Entwicklungen vollständig und transparent abschätzbar** sind, aber trotzdem schnelles Handeln notwendig ist, empfiehlt die AG 1 einen iterativen Ansatz zur Erreichung des Klimaschutzziels auf einem Innovationspfad. Zum einen ergeben sich bestimmte Unsicherheiten aus den zugrunde gelegten Annahmen und Modellen, in denen einige Entwicklungen (wie zum Beispiel die Effekte der Digitalisierung) noch nicht adäquat abgebildet werden können. Zum anderen bestehen derzeit zu einigen Instrumenten prinzipiell unterschiedliche gesellschaftliche Auffassungen (zum Beispiel im Umgang mit Biomasse), die sich im Zeitverlauf aber wandeln können. Deshalb müssen **die jetzt ergriffenen Instrumente einem permanenten Monitoringprozess unterzogen werden und zu definierten Zeitpunkten** (2021, 2023, 2026 und 2029) auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden. Die Etablierung eines solchen öffentlich transparenten Reviewsystems bietet die Möglichkeit, neue Optionen und Instrumente in das Mobilitätssystem einzubauen und, falls erforderlich, auch regulativ nachzusteuern. Dies trägt auch zu der unabdingbar notwendigen gesellschaftlichen Akzeptanz bei.

Die AG 1 hat mit dem vorliegenden Zwischenbericht Wege zur signifikanten Minderung der CO₂-Emissionen im Verkehr aufgezeigt. Sie wird am bisher Erarbeiteten ansetzen und die Diskussion über die Handlungsfelder und die jeweils relevanten Instrumente weiterführen. Die AG 1 will mit diesem Zwischenbericht dazu beitragen, eine tragfähige Basis und Erkenntnisgewinne für eine Gesamtlösung zur Erreichung der Klimaziele im Verkehr bis 2030 aufzuzeigen.



5 ANHÄNGE

BIBLIOGRAFIE

acatech/Leopoldina/Akademienunion (2017): Sektorkopplung – Optionen für die nächste Phase der Energiewende.

Agora Energiewende/Agora Verkehrswende (2018): Die Kosten von unterlassenen Klimaschutz für den Bundeshaushalt. Die Klimaschutzverpflichtungen Deutschlands bei Verkehr, Gebäuden und Landwirtschaft nach der EU-Effort-Sharing-Entscheidung und der EU-Climate-Action-Verordnung.

Agora Verkehrswende/Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe: Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. In: Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe.

Boston Consulting Group (BCG)/Prognos (2018): Klimapfade für Deutschland.

Boston Consulting Group (BCG)/Prognos (2019): Analyse Klimapfade Verkehr.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. 1. Auflage, Stand November 2016.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2018): Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. 1. Auflage, Stand Mai 2018.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)/Umweltbundesamt (UBA) (2017): Umweltbewusstsein in Deutschland 2016. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. 1. Auflage, Stand März 2017.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) als lernende Strategie. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/MKS/mks-hintergrund-lernende-strategie.html> [Stand: 19.03.2019].

Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (2017): Nationale Empfehlungen für Bewegung und Bewegungsförderung. (Forschung und Praxis der Gesundheitsförderung, Sonderheft 03).

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2017): Immer mehr Menschen pendeln zur Arbeit. URL: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Home/Topthemen/2017-pendeln.html> [Stand: 29.03.2019].

CDU, CSU und SPD (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2017): The Potential of Electricity-Based Fuels for Low-Emission Transport in the EU. An expertise by Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) and dena, E-FUELS STUDY.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen, Berlin.

Europäische Kommission (2018): Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030.
URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de [Stand: 19.03.2019].

Ferlemann, E. (2018): Ferlemann eröffnet 5. Vivavelo Kongress.
URL: <https://www.enak-ferlemann.de/2018/04/16/ferlemann-er%C3%B6ffnet-5-vivavelo-kongress/>
[Stand: 15.03.2019].

Fraunhofer ISI (2019): Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr. Wissenschaftliche Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, Karlsruhe.

Fraunhofer IAO (2018): ELAB 2.0. Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland. Abschlussbericht, 15. November 2018. URL: <https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/iao-news/elab20.pdf> [Stand: 29.03.2019].

infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH/Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (2010): Mobilität in Deutschland 2008 (MiD). Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Studie im Auftrag des Bundesministers Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (FE-Nr. 70.801/2006), Bonn und Berlin.

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu)/Technische Universität Graz (2015): Zukünftige Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung und Treibhausgasminderung bei schweren Nutzfahrzeugen. (UBA Texte 32/2015), Heidelberg und Graz.

Institut für Kraftfahrzeuge, Strategie und Beratung (IKA) (2015): CO₂-Emissionsreduktion bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen nach 2020. Studie im Auftrag des BMWi, Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013): Summary for Policymakers. In: Stocker, T.F. et al. (Hrsg.): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Masson-Delmotte, V. et al. (Hrsg.): 1,5 °C globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Genf: World Meteorological Organization. Deutsche Übersetzung auf Basis der Version vom 14.11.2018. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, ProClim/SCNAT, Österreichisches Umweltbundesamt.

International Council on Clean Transportation (ICCT) (2017): Fuel Efficiency Technology in European Heavy-Duty Vehicles: Baseline and Potential for the 2020–2030 Time Frame.

KAPITEL 5 | ANHÄNGE

International Transport Forum (ITF)/Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2015): Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic, Corporate Partnership Board Report.

International Transport Forum (ITF)/Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2017): Shared Mobility. Simulations for Helsinki, Case-Specific Policy Analysis Reports.

Nobis, C./Kuhnimhof, T. (2018): Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15).
URL: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf [Stand: 25.03.2019].

Öko-Institut/Fraunhofer ISI/Prognos/M-Five/IREES/FiBL (2019): Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung. Endbericht.

Prognos AG/Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)/Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) (2018): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende. Endbericht, Berlin.

Prognos AG/Transver (o. J.): Auskunft über verfügbare Parkplätze in Städte. VDA, FAT-Schriftenreihe 271.

ProRail (2013): Suggestie: Fiets ook naar je Station Dag. URL: <https://www.prorail.nl/nieuws/suggestie-fiets-ook-naar-je-station-dag> [Stand: 15.03.2019].

Schade, W./Akkermans, L./Fiorello, D./Jopson, A./Köhler, J./Krail, M./Moizo, A./Schade, B./Shepherd, S./Sievers, L./Tercero, L./van Herle, K./Weiss, C./Wiesenthal, T. (2011): Bottom-up quantifications of selected measures to reduce GHG emissions of transport for the time horizons 2020 and 2050: Cost assessment of GHG mitigation measures of transport. Bericht D3.1 des GHG-TransPoRD Projektes (Reducing greenhouse-gas emissions of transport beyond 2020: linking R&D, transport policies and reduction targets) im Auftrag der EU-Kommission, Karlsruhe.

Schade, W./Perez, E./Berthold, D./Wagner, U./Krail, M./Waßmuth, V. (2018): Gestaltung des neuen Referenzszenarios zur Nutzung in der MKS 2017+. Arbeitspapier im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, Karlsruhe.

Schaller Consulting (2018): The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities.

Sinus Markt- und Sozialforschung (2017): Fahrrad-Monitor Deutschland 2017. Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung, Heidelberg.

Süßmann, A./Lienkamp, M. (2015): Technische Möglichkeiten für die Reduktion der CO₂-Emissionen von Nutzfahrzeugen. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Fahrzeugtechnik, Heft F 103), Bergisch Gladbach.

TNO Science and Industry (TNO)/Institute for European Environmental Policy (IEEP)/Laboratory of Applied Thermodynamics (LAT) (2006): Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂ emissions from passenger cars. Studie im Auftrag der EU-Kommission, Delft.

Umweltbundesamt (UBA): Emissionsdaten.

URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#textpart-4> [Stand: 15.03.2019].

VDA/FAT (2009): CO₂-Einsparung durch Verflüssigung der Verkehrsabläufe: Abschätzung staubedingter CO₂-Emissionen und von Reduktionspotentialen durch Verbesserung des Verkehrsablaufs, Frankfurt/Main.

Weltenergierat Deutschland e. V./Frontier Economics (2018): International Aspects of a Power-to-X Roadmap. A Report prepared for the World Energy Council Germany.

URL: <https://www.frontier-economics.com/media/2642/frontier-int-ptx-roadmap-stc-12-10-18-final-report.pdf> [Stand: 26.03.2019].

WWF Deutschland/Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)/Germanwatch e.V./Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU)/Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD) (2014): Klimafreundlicher Verkehr in Deutschland. Weichenstellungen bis 2050. URL:

https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/140624-nabu-verbaendekonzzept_klimafreundlicher_verkehr_1.pdf [Stand: 25.03.2019].

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Die Sektorziele im Klimaschutzplan 2050	7
Abbildung 2:	Entwicklung von Verkehrsleistung, absolutem und spezifischem Energieverbrauch	8
Abbildung 3:	Aufbau der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität	12
Abbildung 4:	Zentrale Projektion des Referenzszenarios und Handlungserfordernis	14
Abbildung 5:	Nachhaltigkeitsdreieck im Verkehr	16
Abbildung 6:	Wirkungsdreieck im Verkehrsbereich	17
Abbildung 7:	Iterativer Ansatz der AG 1	18

INSTRUMENTE: BÜNDEL INNOVATIONEN-INFRASTRUKTUR- DIGITALISIERUNG (IID)

DISKUTIERTE INSTRUMENTE FÜR DAS BÜNDEL IID

HF 1 (Antriebs- wechsel)	■ 6,1 Mio. E-Pkw durch Flottengesetzgebung 2030 plus IID
	■ Bonus-System Pkw
	■ Tank- und Ladeinfrastruktur für 6,1 Mio. E-Pkw
	■ Dienstwagenbesteuerung (0,5 % für E-Kfz)
	■ Effizienzstandards LNF 2030 (31 %)
	■ Effizienzstandards Lkw 2030 (30 %)
	■ Tank- und Ladeinfrastruktur für Lkw (BEV-Laden, Oberleitung, H2, LNG)
HF 2 (Effizienz)	■ Senkung Stromkosten (50% der EEG-Umlage)
	■ Lang-Lkw Typ 2-5, Netzerweiterung (3 % Marktanteil)
HF 3 (Kraftstoffe)	■ Aerodynamik Lkw-Anhänger (KV konform)
	■ Erhöhung des Anteils Biokraftstoffe (nach RED II)
HF 4 (Verlagerung Personen- verkehr)	■ Hochlauf strombasierte Kraftstoffe (1,5 %, 33 PJ)
	■ Deutschlandtakt (Infrastruktur & Angebotsausweitung)
	■ Elektrifizierung PV-Netz unter Ausnutzung von Elektrifizierungsinself
	■ ETCS und digitale Stellwerke auf gesamtem Schienennetz
	■ Ausbau S-/U-/Tram-Infrastruktur
	■ Bus 70-Städte-Programm Förderung
	■ Sofort-Programm ÖPNV 2019-2022
	■ Nationale Mobilitätsplattform
	■ Senkung Ticketpreise ÖPNV durch Zuschuss an ÖPNV
HF 5 (Verlagerung Güterverkehr)	■ Ausbau Infrastruktur Rad + Fuß
	■ Förderung Trassenpreise
	■ Förderung KV + Flächenbedienung
	■ Ausbau 740 m - Netz flächendeckend + 1500 m auf Hauptkorridoren
	■ Elektrifizierung GV-Netz
	■ ETCS auf Nicht-Kernnetz und digitale Stellwerke auf gesamtem Schienennetz
HF 6 (Digitalisierung)	■ Binnenschifffahrt Kostensenkung
	■ Automatisiertes und vernetztes Fahren: Pkw
	■ Automatisiertes und vernetztes Fahren: Lkw

■ Hohe Zustimmung in der AG

■ Umstritten in der AG

DISKUTIERTE INSTRUMENTE FÜR DAS BÜNDEL IID-

HF 1 (Antriebs- wechsel)	■ 5 Mio. E-Pkw durch Flottengesetzgebung 2030 plus IID-
	■ Tank- und Ladeinfrastruktur für 5 Mio. E-Pkw
	■ Dienstwagenbesteuerung (0,5 % für E-Kfz)
	■ Effizienzstandards LNF 2030 (31 %)
	■ Effizienzstandards Lkw 2030 (30%)
	■ Tank- und Ladeinfrastruktur für Lkw (BEV-Laden, H2, LNG)
HF 2 (Effizienz)	■ Aerodynamik Lkw-Anhänger (KV konform)
HF 3 (Kraftstoffe)	■ Hochlauf strombasierte Kraftstoffe (1,5 %, 33 PJ)
HF 4 (Verlagerung Personen- verkehr)	■ Deutschlandtakt (Infrastruktur & Angebotsausweitung)
	■ Elektrifizierung PV-Netz unter Ausnutzung von Elektrifizierunginseln
	■ ETCS und digitale Stellwerke auf gesamtem Schienennetz
	■ Ausbau S-/U-/Tram-Infrastruktur
	■ Bus 70-Städte-Programm Förderung
	■ Sofort-Programm ÖPNV 2019-2022
	■ Nationale Mobilitätsplattform
	■ Senkung Ticketpreise ÖPNV durch Zuschuss an ÖPNV
HF 5 (Verlagerung Güterverkehr)	■ Ausbau Infrastruktur Rad + Fuß
	■ Förderung Trassenpreise
	■ Förderung KV + Flächenbedienung
	■ Ausbau 740 m - Netz flächendeckend + 1500 m auf Hauptkorridoren
	■ Elektrifizierung GV-Netz
	■ ETCS auf Nicht-Kernnetz und digitale Stellwerke auf gesamtem Schienennetz
HF 6 (Digitalisierung)	■ Binnenschifffahrt Kostensenkung
	■ Automatisiertes und vernetztes Fahren: Pkw
	■ Automatisiertes und vernetztes Fahren: Lkw

- Hohe Zustimmung in der AG
- Umstritten in der AG

DISKUTIERTE INSTRUMENTE FÜR DAS BÜNDEL IID+

HF 1 (Antriebs- wechsel)	■ 8,2 Mio. E-Pkw durch Standards 2030 & EU-Impuls & IID+
	■ Bonus-System Pkw (gekoppelt mit interner Malus-Umlage)
	■ Tank- und Ladeinfrastruktur für 8,2 Mio. E-Pkw
	■ Dienstwagenbesteuerung (0,5 % für E-Kfz)
	■ Effizienzstandards LNF 2030 (31 %)
	■ Effizienzstandards Lkw 2030 (30 %)
	■ Tank- und Ladeinfrastruktur für Lkw (BEV-Laden, Oberleitung, H2, LNG)
HF 2 (Effizienz)	■ Senkung Stromkosten (50 % der EEG-Umlage)
	■ Lang-Lkw Typ 2-5, Netzerweiterung (3 % Marktanteil)
HF 3 (Kraftstoffe)	■ Aerodynamik Lkw-Anhänger (KV konform)
	■ Erhöhung des Anteils Biokraftstoffe (nach RED II)
HF 4 (Verlagerung Personen- verkehr)	■ Hochlauf strombasierte Kraftstoffe (1,5 %, 33 PJ)
	■ Deutschlandtakt (Infrastruktur & Angebotsausweitung)
	■ Elektrifizierung PV-Netz unter Ausnutzung von Elektrifizierunginseln
	■ ETCS und digitale Stellwerke auf gesamtem Schienennetz
	■ Förderung Trassenpreise + Senkung Mehrwertsteuer
	■ Ausbau S-/U-/Tram-Infrastruktur
	■ Bus 70-Städte-Programm Förderung
	■ Sofort-Programm ÖPNV 2019-2022
	■ Nationale Mobilitätsplattform
	■ Senkung Ticketpreise ÖPNV durch Zuschuss an ÖPNV
HF 5 (Verlagerung Güterverkehr)	■ Ausbau Infrastruktur Rad + Fuß + Pedelec (-20 % Zeit)
	■ Förderung Trassenpreise
	■ Förderung KV + Flächenbedienung
	■ Ausbau 740 m – Netz + 1500m auf Korridoren
	■ Elektrifizierung GV-Netz
	■ ETCS auf Nicht-Kernnetz und digitale Stellwerke auf gesamtem Schienennetz
HF 6 (Digitalisierung)	■ Binnenschifffahrt Kostensenkung
	■ Automatisiertes und vernetztes Fahren: Pkw
	■ Automatisiertes und vernetztes Fahren: Lkw
	■ Regulierung Home-Office (ca. -5 % Pendelwege)
	■ Digit. Ride-Sharing >10km (+1-2 % Pkw-Besetzung)

■ Hohe Zustimmung in der AG

■ Umstritten in der AG

MAßNAHMENTABELLE

(MAßNAHMEN BIS MITTE 2017)

Nr.	Maßnahme	Verkehrs- träger/- mittel	Be- schluss	Start	Ende	Bemerkung
1	CO ₂ -Standards Pkw Neuwagen (95g-Ziel)	Straße	2014	2016	2021	Diffusion auch nach 2021, gemessen an NEFZ
2	Bundesverkehrswegeplanung (BVWP)	Alle	2016	2016	2030	auch Maßnahmen nach 2030
3	Steuerermäßigung von Erdgas (CNG, LNG) bis 2026, von LPG bis 2019	Straße	2017	2018	2026	Ermäßigung ohne Unterbrechung bis 2024, dann abschmelzen
4	Ausweitung Lkw-Maut auf weitere 1100 km Bundesstraße und auf Lkw ab 7,5 t zGG	Lkw >7,5t	2015	2015	Unbef.	Erhöhung der Ø-Kosten pro km
5	Förderung E-Mob (Kaufprämie plus flankierende Maßnahmen)	Pkw	2016	2016	2019	bis 2017 nur geringe Wirkung
6	Bereitstellung von Regionalisierungsmitteln (8,2 Mrd. € 2016, +1,8 % p.a. ab 2017)	ÖPNV	2016	2016	2031	Ein Impuls für Zuwachs Schiene
7	Sofortprogramm Seehafenhinterlandverkehr II	Schiene GV	2016	2017	2021	124 Mio. € Investition in SGV-Anlagen (auch Inland)
8	Förderung alternativer Antriebe im ÖV	ÖPNV		2017	2022	PB2017
9	Aufbau Schnellladesäulen-Infrastruktur (300 Mio. Euro Programm, mindestens 15.000 Schnell- und Normalladesäulen zusätzlich)	Pkw, LNF	2016	2017	2020	Beinhaltet auch Infrastruktur an BAB
10	Weiterentwicklung/Erprobung elektrischer Antriebe bei Nfz (Förderung von Forschungs- bzw. Demo-Vorhaben)	Lkw		2017	2022	PB2017
11	Klimaschutz im internationalen Seeverkehr	Maritim				PB2017, n.r.
12	Gesetz zur Bevorrechtigung von Carsharing (Carsharinggesetz - CsgG)	Pkw	2017	2017	Unbef.	Reservierung von Stellplätzen für Carsharing

AG- UND REDAKTIONSTEAMMITGLIEDER

MITGLIEDERLISTE

ARBEITSGRUPPE 1: KLIMASCHUTZ IM VERKEHR

AG-LEITER: Franz Loogen,
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und
Automotive Baden-Württemberg e-mobil BW

AG-MITGLIEDER:

Institution	Name	Vertretung
Agora Verkehrswende	Christian Hochfeld	Dr. Carl-Friedrich Elmer
Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC)	Stefan Gerwens	Michael Niedermeier
Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC)	Burkhard Stork	Angela Kohls
Allianz pro Schiene	Dirk Flege	Dr. Andreas Geißler
Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation Hamburg (Verkehrsministerkonferenz)	Raimund Brodehl	Stefan Knögel
Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.	Dr. Bernhard Rohleder	Mario Sela
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)	Ernst-Christoph Stolper	Jens Hilgenberg
Bundesverband der deutschen Industrie (BDI)	Holger Lösch	Jürgen Hasler
Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)	Andrees Gentzsch	Dr. Julia Metz
Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL)	Jens Pawlowski	Roger Schwarz
Deutsche Bahn	Dr. Markus Ksoll	Erhard Michel
Deutscher Städtetag	Axel Welge	Hilmar von Lojewski
Deutsches Verkehrsforum (DVF)	Dr. Heike van Hoorn	Rainer Schätzlein
IG Metall	Frank Iwer	Ralph Obermayer
Mineralölwirtschaftsverband (MWV)	Prof. Dr.-Ing. Christian Küchen	
Naturschutzbund Deutschland (NABU)	Dietmar Oeliger	Daniel Rieger
Universität Stuttgart/ Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (FKFS) (Wissenschaftsvertreter)	Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende	Hans-Jürgen Berner
Verband der Automobilindustrie (VDA)	Dr. Kurt-Christian Scheel	Philipp Ellett
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)	Martin Schmitz	Gerrit Poel
Volkswagen/ IAV Automotive Engineering	Dr. Ulrich Eichhorn	
ZF Friedrichshafen	Jörg Grotendorst	Bernd Stockmann, Hans-Jürgen Schneider

MITGLIEDER DES REDAKTIONSTEAMS

Institution	Name
Agora Verkehrswende	Christian Hochfeld / Vertreter: Dr. Carl-Friedrich Elmer
Bundesverband der deutschen Industrie (BDI)	Holger Lösch / Vertreter: Jürgen Hasler
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)	Ernst-Christoph Stolper
Deutsche Bahn	Dr. Markus Ksoll
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg e-mobil BW	Franz Loogen
Mineralölwirtschaftsverband (MWV)	Prof. Dr.-Ing. Christian Küchen
Verband der Automobilindustrie (VDA)	Dr. Kurt-Christian Scheel / Vertreter: Philipp Ellett

GUTACHTER/INNEN UND EXTERNE EXPERT/INNEN

Institution	Name
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI	Dr. Michael Krail
M-Five	Dr. Wolfgang Schade
M-Five	Daniel Berthold
Öko-Institut	Ruth Blanck
Öko-Institut	Dr. Wiebke Zimmer
PTV GROUP	Prof. Dr. Christoph Walther
PTV GROUP	Dr. Volker Waßmuth

KAPITEL 5 | ANHÄNGE

BÜRO DES AG-LEITERS

Institution	Name
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg e-mobil BW	Isabell Knüttgen
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg e-mobil BW	Stephan Braun

PROJEKTBÜRO

Institution	Name
IFOK GmbH	Christian Klasen
IFOK GmbH	Lena Osswald
IFOK GmbH	Lea Dabbert

BÜRO DES VORSITZENDEN

Institution	Name
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften	Dr. Patrick Pfister
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften	Simona Wieser

SITZUNGSTERMINE**AG-SITZUNGEN**

Nr.	Datum	Ort
1	04.10.2018	Berlin
2	18.10.2018	Berlin
3	08.11.2018	Berlin
4	23.11.2018	Berlin
5	07.12.2018	Berlin
6	06.02.2019	Berlin
7	22.02.2019	Berlin
8	06.03.2019/ 07.03.2019	Berlin
9	21.03.2019	Berlin
10	25.03.2019	Berlin

TREFFEN DES REDAKTIONSTEAMS

Nr.	Datum	Ort
1	15.11.2018	Stuttgart
2	30.11.2018	Stuttgart
3	29.01.2019	Stuttgart
4	12.02.2019	Stuttgart
5	12.03.2019	Stuttgart
6	14.03.2019	Berlin

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bedeutung
5G	Mobilfunkstandard der 5. Generation
AG	Arbeitsgruppe
B+R	Bike and Ride
BCG	Boston Consulting Group
BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug (Englisch: Battery Electric Vehicle)
BtG	Biomass-to-Gas
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
CO ₂ -Äq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
CNG	Komprimiertes Erdgas (Englisch: Compressed Natural Gas)
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DAFI	EU-Richtlinie (Directive alternative fuel initiative)
E10	Ethanol-Kraftstoff, aus 10 % Ethanol und 90 % Benzin

KAPITEL 5 | ANHÄNGE

E20	Ethanol-Kraftstoff, aus 20 % Ethanol und 80 % Benzin
E5	Ethanol-Kraftstoff, aus 5 % Ethanol und 95 % Benzin
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
ETCS	European Train Control System
EU	Europäische Union
EU-ETS	Europäischer Emissionshandel (Englisch: EU Emission Trading System)
FAT	Forschungsvereinigung Automobiltechnik
g	Gramm
ggü.	gegenüber
GV	Güterverkehr
H ₂	Wasserstoff
HF	Handlungsfeld
IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
ICCT	International Council on Clean Transportation
ICE	Pkw angetrieben mit Verbrennungsmotoren gegebenenfalls auch mit Einsatz von Hybridisierung aber ohne Stromstecker, das heißt ohne externe Stromzufuhr (Englisch: Internal Combustion Engine).
Ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
IKA	Institut für Kraftfahrzeuge
IML	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
IPCC	Weltklimarat (Englisch: Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISI	Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienste
KI	Künstliche Intelligenz
Kfz	Kraftfahrzeug
KV	Kombinierter Verkehr
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LNG	Flüssigerdgas (Englisch: Liquefied Natural Gas)
MaaS	Mobility as a Service
MiD	Mobilität in Deutschland, Studie des BMVI zusammen mit diversen regionalen Partnern

Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MKS	Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung
Mrd.	Milliarde
MwSt.	Mehrwertsteuer
NE	Nichtbundeseigene Eisenbahn
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NIP	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NO _x	Stickoxide: Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO ₂)
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
NRMM	Richtlinie für nicht-straßengebundene Maschinen und Geräte (Englisch: Non-Road Mobile Machinery)
NRVP	Nationaler Radverkehrsplan
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OEM	Erstausrüster (Englisch: Original Equipment Manufacturer)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P+R	Park and Ride
PHEV	Plug-in-Hybrid
PJ	Petajoule
pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PtG	Power-to-Gas
PtL	Power-to-Liquid
PtX	Power-to-X, allgemeine Bezeichnung für strombasierte Kraftstoffe bzw. Umwandlung von Strom in andere Energieformen wie PtL oder PtG
RDE	Realemissionen (Englisch: Real Driving Emissions)
RED II	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Englisch: Renewable Energy Directive II) mit Mindestanteilen für alternative Kraftstoffe im Verkehrssektor
RSW	Radschnellweg
SGV	Schienengüterverkehr
SPV	Schienenpersonenverkehr

KAPITEL 5 | ANHÄNGE

SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StVO	Straßenverkehrsordnung
t	Tonne
TCO	Total Cost of Ownership (Deutsch: Vollkostenbetrachtung)
THG	Treibhausgasemission
tkm	Tonnenkilometer
TUHH	Technische Universität Hamburg
V2V	Vehicle-to-Vehicle
V2X	Vehicle-to-everything
WEG	Wohnungseigentumsgesetz
WLTP	Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure
xEV	Abkürzung für alle Fahrzeuge, die einen elektrischen Traktionsmotor enthalten
zGG	zulässiges Gesamtgewicht

GLOSSAR

Begriff	Beschreibung
(Instrumenten-)Bündel	Bezeichnet die Zusammenfassung mehrerer Instrumente zu einem Paket, mit dem die Klimaschutzziele bis 2030 erreicht werden können.
Biokraftstoffe	Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden. Beispiele sind Bioethanol, Biogas und Biodiesel.
CO ₂ -Äquivalent	Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase. CO ₂ -Äquivalente zeigen, welche Menge eines Gases in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhausgaswirkung entfalten würde wie Kohlenstoffdioxid (CO ₂).
CO ₂ -Reduktionspotenzial	Beschreibt die Kohlenstoffdioxid-Einsparungspotenziale einzelner Instrumente oder Maßnahmen.
Defossilisierung	Der Neologismus verweist auf die Vermeidung fossiler Energieträger und damit auf die zunehmende Verwendung regenerativer Kraftstoffe. Der Begriff ist also nicht als Synonym für Dekarbonisierung zu verstehen.
EU-Effort-Sharing-Decision und EU-Climate-Action-Verordnung	Verbindliche europäische Rechtsakte, in denen die europäischen Zielvorgaben für 2020 bzw. 2030 in den Nicht-ETS-Sektoren (Verkehr, Landwirtschaft und Gebäude) rechtsverbindlich auf die Mitgliedstaaten aufgeteilt wurden. Bis 2020 hat sich Deutschland im Rahmen der Effort-Sharing-Decision von 2009 verpflichtet, seine Nicht-ETS-Emissionen um 14 % unter das Niveau von 2005 zu senken. In der Climate-Action-Verordnung von 2018 wird für Deutschlands Nicht-ETS-Emissionen bis 2030 eine Reduktion um 38 % gegenüber 2005 festgelegt.
Europäischer Emissionshandel (EU-ETS)	Seit 2005 zentrales Instrument zur Begrenzung der CO ₂ -Emissionen innerhalb der EU auf einen kontinuierlich abnehmenden Pfad. Dieser erfasst Emittenten aus den Sektoren Energie und Industrie. Zertifikate werden unter Emittenten versteigert, wodurch sich effektiv ein Preis pro Tonne CO ₂ -Emission ergibt. Dieser soll Emissionsreduktionen anreizen. Bisher müssen etwa 11.000 Anlagen der Energieerzeugung und einiger Industriebranchen Zertifikate für ihre Emissionen kaufen. Der Verkehrssektor ist mit Ausnahme des internationalen Flugverkehrs in der EU nicht im ETS.
Eutrophierung	Anreicherung von Nährstoffen in ursprünglich nährstoffarmen Gewässern
Handlungsfeld	In den Handlungsfeldern beschreiben exemplarische Kenngrößen die gesamtheitliche Herausforderung. Um sicherzustellen, dass die benannten Größen aus technischer Sicht erreichbar sind, hat die AG 1 die notwendigen und gleichzeitig herausfordernden Hochläufe für die einzelnen Handlungsfelder diskutiert.
Innovationspfad	Der Innovationspfad zeigt in drei Phasen bis 2030 einen möglichen Weg auf, wie die Klimaschutzziele zu erreichen sind und wie die damit verbundenen Innovationspotenziale für ein zukunftsfähiges Mobilitätssystem nutzbar gemacht werden können.
Instrumente	Instrumente stellen die konkrete Handlungsempfehlung zur Umsetzung einer Maßnahme dar.

G L O S S A R

Klimaschutzplan 2050	Gibt, um die Klimaschutzziele im Einklang mit dem Pariser Abkommen zu erreichen, inhaltliche Orientierung für alle politischen Handlungsfelder. Im Verkehrssektor zum Beispiel ist eine Reduktion von 40 bis 42 % bis 2030 gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 vorgesehen. Demnach müssen für 2030 die THG-Emissionen des Verkehrs auf 95 bis 98 Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalente bis 2030 gemindert werden.
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	Farb- und geruchloses Gas, ist natürlicher Bestandteil der Atmosphäre. Kohlenstoffdioxid entsteht vor allem bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe.
Maßnahmen	Maßnahmen zeigen Möglichkeiten auf, wie Zielbilder erreicht werden können.
Modal Split	In der Verkehrsstatistik die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel (Modi)
Nachhaltiger Klimaschutz	Trägt neben ökologischen sowohl ökonomischen, als auch sozialen Aspekten Rechnung. Auf diese Weise leistet er einen wichtigen Beitrag zu einer aktiven Gestaltung eines zukunftsfähigen sowie innovativen Mobilitätssystems.
Nationale Klimaschutzziele	Die deutsche Klimapolitik basiert auf den europäischen und internationalen Klimaschutzzielen. Ziele und Zwischenziele zur Reduktion der THG-Emissionen, zum Ausbau der erneuerbaren Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz bis 2050 wurden mit dem Energiekonzept 2010 und dem im Jahre 2016 beschlossenen nationalen Klimaschutzplan 2050 festgeschrieben.
Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)	Bezeichnung für eine Prüfstandsmessung zur Erfassung von Abgasemissionen und Normverbrauch
RED II	Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie. Diese legt fest, dass in der EU bis 2030 mindestens 32 % des Energieverbrauchs (Strom, Wärme und Verkehr) aus erneuerbaren Energien kommen sollen. Im Wärmebereich sollen die Mitgliedstaaten den Anteil erneuerbarer Energien pro Jahr um mindestens 1,1 Prozentpunkte steigern. Im Verkehrsbereich soll der Anteil erneuerbarer Energien bis 2030 auf 14 % steigen.
Referenzszenario	Fortschreibung von Verkehrstrends bis zum Jahr 2030 unter Berücksichtigung bereits beschlossener Maßnahmen und zu erwartender technischer Fortschritte wie Lernkurven und Preisänderungen. Ergebnis eines Berechnungsmodells, dient als Basis für die Bewertung von Instrumenten inklusive der Bereitstellung von verlässlichen Vergleichswerten.
Sensitivität / Sensitivitätsbetrachtung	Gibt an, wie stark Kennzahlen auf Änderungen von Eingangsparametern bzw. verschiedene Impulse reagieren.
Strombasierte Kraftstoffe	Strombasierte gasförmige und flüssige Energieträger bieten die Möglichkeit, über verschiedene Umwandlungsschritte Strom in Form von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen (Benzin, Diesel, Gas) für den Verkehrssektor nutzbar zu machen.
System-Dynamics-Ansatz	Grundlage für die Berechnungen des Referenzszenarios und die Bewertung von Instrumenten. Hierbei handelt es sich um einen Ansatz zur Simulation und Analyse komplexer und dynamischer Systeme, der auch diverse Feedback- und Reboundeffekte sowie Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Dynamiken und Instrumenten abbildet.
Total Cost of Ownership	Abrechnungsverfahren zur Ermittlung der Gesamtausgaben eines Betriebs inklusive versteckter oder verzögert anfallender Kosten (z. B. durch Wartung)

G L O S S A R

Vermeidungskosten	<p>Während Mehrinvestitionen die im betrachteten Zeitraum zu leistenden Investitionssummen ausweisen, bieten die Vermeidungskosten eine umfassendere Kostenbetrachtung, die auch Betriebskosten miteinschließt. Im Gegensatz zu den üblicherweise positiven Mehrinvestitionen können Vermeidungskosten bei einigen Instrumenten oder Instrumentenpaketen negativ sein. Dieser Fall tritt ein, wenn zum Beispiel höhere Ausgaben für Fahrzeuge durch Einsparungen bei Energie- und Instandhaltungsausgaben überkompensiert werden. In den meisten Fällen entstehen aber positive Vermeidungskosten.</p>
Well-to-Wheel: Well-to-Tank und Tank-to-Wheel	<p>Mit Well-to-Wheel (WTW, auch W2W, wörtlich „Vom Brunnen zum Rad“) ist die gesamte Kette von Prozessen bei der Herstellung von Energie für den Transportbereich gemeint. Dabei beziehen sich die Begriffe auf die Förderung von Öl (well =Brunnen, Bohrloch, Ölquelle) bis hin zum Reifen (Wheel) eines mit einem Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeugs.</p> <p>Dabei wird die Kette oft aufgeteilt in WTT (Well-to-Tank) und TTW (Tank-to-Wheel) also letztlich in die stationären Abschnitte und in die mobilen im Fahrzeug befindlichen Teile der Kette.</p>

IMPRESSUM

Verfasser

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“, Berlin, März 2019

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Redaktionelle Unterstützung

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften,
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg e-mobil BW GmbH,
IFOK GmbH

Satz und Gestaltung

IFOK GmbH

Lektorat

Nikola Klein e-squid text konzept lektorat

NPM

**NATIONALE PLATTFORM
ZUKUNFT DER MOBILITÄT**





