



Fortschrittsbericht 2019

der Nationalen Plattform
Zukunft der Mobilität

Inhalt

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1 Ein Jahr NPM – Erkenntnisse und Thesen	8
2 Executive Summary	14
3 Die Transformation des Mobilitätssystems	22
4 Struktur und Arbeitsweise der NPM	32
5 Ergebnisse der Arbeitsgruppen	40
5.1 Klimaschutz im Verkehr	40
5.2 Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität	52
5.3 Digitalisierung für den Mobilitätssektor	60
5.4 Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung	68
5.5 Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung	80
5.6 Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung	90
6 Handlungsempfehlungen	102
Glossar*	110
Abkürzungsverzeichnis	117
Literaturverzeichnis	121
Abbildungsverzeichnis	127
Publikationsübersicht der NPM	128
Vorsitz und Mitglieder des Lenkungskreises der NPM	129
Endnoten	130
Impressum	131

* Alle Begriffe, die im Text rot markiert sind, werden im Glossar erläutert.

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) arbeitet seit gut einem Jahr an der Zukunft der Mobilität. Die im jetzt vorliegenden Fortschrittsbericht aufgestellte Zwischenbilanz stimmt uns positiv. Wir wissen, dass wir ein sehr großes Rad drehen müssen. Es geht nicht nur darum zu zeigen, wie wir in Zukunft unterwegs sein werden. Wir müssen uns anschauen, welche übergreifenden Entwicklungen auf das gesamte Mobilitätssystem einwirken. Da ist insbesondere die Digitalisierung, die alle Ebenen der Lebens- und Arbeitswelten durchzieht und unseren Alltag und unsere Gewohnheiten sichtbar verändert. Mobilität wird mehr und mehr vernetzt und geteilt. Wir haben technologische Entwicklungen, die sich auf die Antriebstechnik, das Energiesystem und die Wertschöpfungskette auswirken. Nicht zuletzt verschieben sich durch die Klima- und Umweltschutzdiskussionen auch die gesellschaftlichen Einstellungen gegenüber der Mobilität.

Mit den rund 240 Mitgliedern der NPM, die in sechs Arbeitsgruppen interessenübergreifend miteinander diskutieren und an einem gemeinsamen Verständnis zur Zukunft der Mobilität arbeiten, haben wir das „große Rad“ in Bewegung gesetzt. Unsere Mitglieder verfügen über die notwendige Expertise und ein riesiges Netzwerk in allen Bereichen des mobilen Themenspektrums. Jetzt gilt es, dieses Rad am Laufen zu halten, und noch besser, es zu beschleunigen. Denn die Transformation der Mobilität braucht „Schwung und Dynamik“ in vielerlei Hinsicht – Mut, Gestaltungswillen, Lust auf den Diskurs, Verständnisbereitschaft und nicht zuletzt viel Geduld.

Wenn wir auf das Jahr 2019 zurückblicken, wurde die NPM-Arbeit mit den elf erarbeiteten Zwischenberichten an verschiedenen übergreifenden Stellen bereits sichtbar. Der im März 2019 veröffentlichte erste NPM-Bericht Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor der **AG 1 Klimaschutz und Ver-**

kehr und die darin ausgesprochenen Handlungsempfehlungen, wie beispielsweise eine CO₂-Bepreisung, haben im Klimakabinett der Bundesregierung Gehör gefunden. Sie sind zusammen mit weiteren Empfehlungen des NPM-Teams Ende September in das Klimaschutzprogramm 2030 eingeflossen und somit bereits Bestandteil des kürzlich verabschiedeten Bundesklimaschutzgesetzes.

Im November 2019 nahmen wir mit NPM-Vertretern am zweiten Autogipfel bei der Bundeskanzlerin (Konzertierte Aktion Mobilität) teil, bei dem verschiedene Arbeitspakete der NPM detailliert besprochen wurden. Unter anderem wurde bei diesem Treffen der Masterplan Ladeinfrastruktur beschlossen. Die bisher 21.299 öffentlichen Ladepunkte (Stand: November 2019) sollen nach dem Willen der Bundesregierung bis Ende 2021 auf 50.000 ansteigen und bis 2030 dann auf eine Million. Die im Jahr 2016 eingeführte Kaufprämie für Elektrofahrzeuge soll verlängert und erhöht werden. An dieser Stelle hat die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE, 2010-2018) sicher entscheidende Vorarbeiten geleistet. Die **AG 5 Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung** wird sich in der NPM weiter mit den Lade- und Tankinfrastrukturen für die Antriebsysteme der Zukunft beschäftigen, denn nicht nur im Hinblick auf Versorgung und Bereitstellung mit alternativen Kraftstoffen wie CNG, LNG, Wasserstoff, biogenen und strombasierten Kraftstoffen sind noch viele Fragen bezüglich Implementierung und Skalierung offen.

Die Bundesregierung ordnet der Wasserstofftechnologie für die Mobilität der Zukunft sowie für die Umsetzung der Energiewende zukünftig eine wichtige Rolle zu. Derzeit wird unter gemeinsamer Federführung der Bundesministerien für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und Wirtschaft und Energie (BMWi) an der deutschen Wasserstoffstrategie gearbeitet, die sicher in die weiteren Arbeiten, insbesondere der **AG 2 Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität** und der AG 5 einfließen wird.

Deutschland soll – so der Wunsch der Regierung – Vorreiter insbesondere auch beim automatisierten und vernetzten Fahren werden. Dazu brauchen wir innovationsfreundliche rechtliche Rahmenbedingungen sowie ein Datennetzwerk Mobilität, das allen offensteht. Das haben wir im Bericht der **AG 3 Digitalisierung für den Mobilitätssektor** bereits im Juni 2019 thematisiert und als Empfehlung ausgesprochen. Auch die **AG 6 Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung** ist mit im Boot, weil die technischen Rahmenbedingungen an dieser Stelle umfassend neu definiert werden müssen. Durch die internationale Tragweite vieler Mobilitätsthemen stellt die AG 6 zudem sicher, dass sie in nationale, europäische und internationale Normungs- und Standardisierungsprozesse einfließen können.

Den Herausforderungen, die mit dem durch die Transformation verursachten Strukturwandel in der deutschen Automobil- und Zulieferindustrie einhergehen, müssen wir uns durch einen vorausschauenden und gesteuerten Restrukturierungsprozess stellen. Die **AG 4 Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung** nimmt sich in ihren beiden Fokusgruppen Wertschöpfung und Personalplanung des Themas an und wird dazu weitere Empfehlungen aussprechen.

Fazit: Sie halten mit diesem Papier den **Fortschrittsbericht der NPM** für das Jahr 2019 in den Händen. Sie werden beim Lesen feststellen, dass wir als Nationale Plattform die Zukunft der Mobilität nicht verwalten, sondern zusammen mit den Vertretern aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft aktiv gestalten wollen. Auf den maßgeblichen Arbeiten der vergangenen Monate können wir nun aufbauen, noch tiefer und fundierter in die Themen einsteigen und Schritt für Schritt ein umfassendes Bild der Zukunft der Mobilität erarbeiten. Ich danke allen Beteiligten für die bislang geleistete Arbeit und freue mich auf die vor uns liegenden Aufgaben, die wir partnerschaftlich und dialogorientiert in der NPM angehen werden.

Prof. Dr. Henning Kagermann
Vorsitzender des Lenkungskreises der NPM



Ein Jahr NPM – Erkenntnisse und Thesen

1 | Ein Jahr NPM – Erkenntnisse und Thesen

Der vorliegende Fortschrittsbericht wurde zusammengestellt, um der Öffentlichkeit und allen Stakeholdern ein umfassendes Bild der **Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM)** zu vermitteln, die Ende September 2018 ihre Arbeit aufgenommen hat. Grundlage bilden die elf Zwischenberichte der sechs Arbeitsgruppen der NPM, die im Laufe des Jahres 2019 erarbeitet wurden.

Ohne Mobilität sind moderne Lebens- und Arbeitswelten nicht denkbar. Verschiedene Entwicklungen verändern derzeit die Art und Weise, wie Menschen unterwegs sind und Güter transportiert werden. Das bestehende Mobilitätssystem befindet sich in einem grundlegenden Transformationsprozess. Trotz zum Teil unterschiedlicher Vorstellungen einzelner politischer, wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und zivilgesellschaftlicher Akteure kann die **Zukunft der Mobilität nur im Schulterschluss** erfolgreich gestaltet werden.

Von der Bundesregierung beauftragt, betrachtet die NPM die Zukunft der Mobilität ganzheitlich und spricht Handlungsempfehlungen aus. Die in der NPM mitwirkenden rund **240 hochrangigen Vertreter** aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und Zivilgesellschaft vereinen ihr Expertenwissen, um ein zukunfts-

weisendes und innovatives Mobilitätssystem zu skizzieren, das tragfähig, bezahlbar, bedarfsgerecht, klimafreundlich und nachhaltig ist.

Die dem Bericht vorangestellten **zehn Kernthesen** adressieren und veranschaulichen die Schlüsselthemen, die durch die NPM im Hinblick auf die Zukunft der Mobilität bis zu diesem Zeitpunkt identifiziert wurden. Diese werden im Verlauf der Arbeit fortgeschrieben.

Das Executive Summary fasst die bisherigen Ergebnisse übersichtlich zusammen. Wie die Mobilität der Zukunft ganzheitlich gedacht wird, zeigt sich in den Kapiteln der sechs Arbeitsgruppen, die ihre inhaltlichen Schwerpunkte detailliert vorstellen und erläutern. Die Handlungsempfehlungen am Ende des Fortschrittsberichts ergänzen und konkretisieren die zehn Kernthesen.

Zehn Kernthesen zur Zukunft der Mobilität

1. Technologische und gesellschaftliche Entwicklungen verändern die Mobilität.

Die Transformation des Mobilitätssystems wird von technologischen und gesellschaftlichen Faktoren beeinflusst, die unabhängig voneinander stattfinden, aber in ein Gesamtsystem Mobilität integriert werden müssen. Automatisiertes und vernetztes Fahren, alternative Fahrzeugantriebe und -kraftstoffe, grüner Wasserstoff und Strom sowie erneuerbare Energien treffen auf Umwelt- und Klimabewusstsein, soziale Netzwerke, Sharing Economy und vielfältige Lebenskonzepte.

2. Innovationen und Tempo machen das Mobilitätssystem anpassungsfähig.

Offenheit gegenüber neuen Technologien ermöglicht Innovationen, die für die Entwicklung eines zukunftsgerichteten und nachhaltigen Mobilitätssystems unerlässlich sind. Die **schnelle Umsetzung** dieser Innovationen in Produkte und Geschäftsmodelle ist **erfolgsentscheidend**. Bei Patentanmeldungen gehört Deutschland im Bereich Maschinenbau und Elektrotechnik noch immer zu den weltweiten Spitzenreitern. Allerdings besteht bei der Umsetzung zum Beispiel der Elektromobilität noch ein großer Nachholbedarf.

3. Der Verkehrssektor unterliegt verbindlichen Klimaschutzzielen.

Das Pariser Klimaschutzabkommen, die europäische Klimaschutzverordnung sowie der Klimaschutzplan 2050 bilden die Grundlage für das Bundesklimaschutzgesetz. Bis 2030 muss Deutschland die Treibhausgasemissionen um 55% gegenüber 1990 reduzieren. Im Verkehrssektor liegt das **Emissionsziel 2030** bei **minus 42% gegenüber 1990**. Das entspricht 95 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente, ausgehend von rund 163 Millionen Tonnen im Jahr 1990/2017. Die Reduktion der Emissionen auch im Straßenverkehr ist wesentliche Voraussetzung zur Erreichung der gesamten Klimaziele.

4. Mobilität wird Teil eines integrierten Mobilitäts- und Energiesystems.

Deutschlands **Energiewende** begünstigt und unterstützt die **Mobilitätswende** und umgekehrt. Energie und Verkehr müssen zusammen gedacht werden. Erneuerbarer Strom ist der Schlüssel für die **Sektorkopplung**. Zukünftige Fahrzeugantriebe (Batterie und Brennstoffzelle) und Kraftstoffe (Wasserstoff und strombasierte Kraftstoffe) basieren auf der Verwendung von erneuerbarem Strom. Der Energiesektor kann durch Elektrolyse gewonnenen Wasserstoff und mit dem Stromnetz verbundene Elektrofahrzeuge zukünftig als flexiblen Energiespeicher einsetzen.

5. Die Zukunft der Mobilität verknüpft Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Luftverkehre.

Im **Mobilitätssystem der Zukunft** werden die meisten Verkehrsmittel – egal ob auf der Straße, der Schiene, auf dem Wasser oder in der Luft – integriert und vernetzt sein. Insbesondere Fuß-, Rad- und Mikromobilitätsverkehre (E-Scooter und -Roller), der motorisierte Individualverkehr und der öffentliche Personennahverkehr müssen **bedarfsgerecht** und **nutzerfreundlich** ineinandergreifen. Eine Verlagerung der Gütertransporte auf die Schiene und auf das Wasser entlastet den Straßenverkehr.

7. Standards und Normen fördern die Marktfähigkeit des zukünftigen Mobilitätssystems.

Ein zukunftsorientiertes, integriertes Mobilitätssystem führt zur Entwicklung neuer Produkte, Anwendungen und Geschäftsmodelle und bietet **Wachstumschancen**. Um sie auf dem Markt erfolgreich anbieten zu können, müssen bestimmte Anforderungen an Qualität, Sicherheit und Benutzbarkeit erfüllt sein. Das setzt ein einheitliches Verständnis des technischen Rahmens sowie Standards und Normen voraus, um für alle Marktteilnehmer gleiche Voraussetzungen zu schaffen.

6. Zukünftige Mobilitätswelten müssen vorab mit den Beteiligten erprobt werden.

Das Zusammenspiel von Zukunftstechnologien, Klimaschutzanforderungen und menschlichen Verhaltensweisen kann nur bedingt theoretisch modelliert werden. Zu komplex sind die verschiedenen Faktoren, die sich gegenseitig beeinflussen können. Abhilfe schaffen räumlich konzentrierte und ungehinderte **Praxiserprobungen in Reallaboren**. Begleitende Informations- und Dialogprozesse schaffen Verständnis. Die neuen Mobilitätswelten funktionieren dann, wenn sie die Menschen begeistern und mitnehmen.

8. Vorgaben und Förderprogramme müssen kontinuierlich auf ihre Wirksamkeit hin geprüft werden.

Die **Politik gestaltet die Rahmenbedingungen** für die Zukunft der Mobilität, die ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltig sein müssen. Ob die eingeleiteten Maßnahmen wirken, muss regelmäßig durch ein **Monitoring** geprüft und bewertet werden. Bleiben die gewünschten Effekte aus, muss nachgesteuert und korrigiert werden können.

9. Deutschland soll Leitmarkt und Leitanbieter für die Mobilität der Zukunft werden.

Für Deutschland ist die **Mobilitätsbranche**, allen voran die Automobil- und Zulieferindustrie mit ihren vielfältigen Verflechtungen in andere Industrie- und Dienstleistungsbranchen, von **großer gesamtwirtschaftlicher Bedeutung**. Die über Jahrzehnte erarbeitete und behauptete Spitzenposition als international anerkannter Mobilitätsstandort soll erhalten bleiben. Ein starker heimischer Markt mit zum Beispiel **7 bis 10 Millionen Elektrofahrzeugen** und einer leistungsfähigen Infrastruktur bis 2030 schafft die Voraussetzungen für den internationalen Erfolg.

10. Die Zukunft der Mobilität muss die Beschäftigten im Blick behalten.

Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Mobilitätsbranche und Arbeitsplätze bleiben erhalten, wenn **Schlüsseltechnologien** eines zukünftigen Mobilitätssystems in Deutschland und Europa entwickelt, industrialisiert und wettbewerbsfähig gefertigt werden können. Der einsetzende **Strukturwandel** durch die Elektromobilität mit bis zu 10 Millionen Fahrzeugen im Jahr 2030 muss vorausschauend gestaltet und gesteuert werden. Betroffene müssen in die Veränderungsprozesse eingebunden werden.



Die NPM ist angetreten, um den erforderlichen **Handlungsbedarf für eine zukunftsfähige Ausrichtung des Mobilitätssystems aufzuzeigen**. Alle Mitwirkenden sind sich bewusst, dass die hinter den zehn Kernthesen stehenden Entwicklungen das Mobilitätssystem verändern werden. Die offenen Fragen sind teilweise unbequem und brisant. Mögliche Antworten sind komplex und stoßen an unterschiedlichen Ecken und Enden auf Widerstände. Die Zwischenbilanz nach einem Jahr zeigt jedoch, dass Expertise und Lösungsoptionen vorhanden sind, um die Transformation erfolgreich bewältigen zu können.

2

Executive Summary

2 | Executive Summary

Transformation des Mobilitätssystems

Die Mobilität befindet sich im Wandel: Aktuell wirken eine Vielzahl von Faktoren auf das Mobilitätssystem ein, die mit tiefgreifenden strukturellen Veränderungen und Herausforderungen einhergehen. Gesellschaftliche Entwicklungen, etwa sich verändernde Mobilitätsbedürfnisse, die zunehmende Vernetzung aller Lebensbereiche sowie die Notwendigkeit für mehr Klimaschutz im Verkehrssektor, spielen dabei eine wichtige Rolle. Hinzu kommen technologische Innovationen und Entwicklungen im Bereich **alternativer Antriebs-technologien und Kraftstoffe** sowie im Bereich der Digitalisierung und **Automatisierung**. Diese wirken auf das Mobilitätssystem als Ganzes ein. All diese Faktoren führen zu einem Transformationsprozess, den es gesamtgesellschaftlich zu gestalten gilt. Klar ist, Mobilität ist unabdingbarer Bestandteil des gesellschaftlichen Lebens und muss weiterhin allen Menschen – unabhängig vom sozialen Status – zugänglich sein. Es bietet sich die Chance, ein zukunftsorientiertes Mobilitätssystem zu schaffen, das ökologisch, ökonomisch und sozial ausgewogen ist. Der Erfolg wird maßgeblich davon abhängen, inwieweit neue Mobilitätsformen und -lösungen akzeptiert werden und den Lebenswirklichkeiten der Menschen und ihren aktuellen und zukünftigen Bedürfnissen entsprechen.

Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung im September 2018 die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität eingesetzt. Ziel der NPM ist es, zukunftsweisende Konzepte und Handlungsempfehlungen zu entwickeln, um auch künftig wettbewerbsfähige Unternehmen und Arbeitsplätze in Deutschland zu erhalten. Gleichzeitig soll eine tragfähige, bezahlbare, bedarfsgerechte, klimafreundliche und nachhaltige Mobilität sichergestellt werden. Experten und Akteure aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft arbeiten in der Plattform übergreifend zusammen. Auf Basis dieser breit aufgestellten Struktur können ausgewogene, interessenübergreifende und konkrete Handlungsempfehlungen formuliert und ein gemeinsames Verständnis über die Zukunft der Mobilität entwickelt werden.

AG 1 Klimaschutz im Verkehr

Der Umgang mit dem Klimaschutz ist eine Frage der Verantwortung gegenüber jetzigen und kommenden Generationen. Deutschland bekennt sich zu dieser Verantwortung und ist bindende internationale Verpflichtungen eingegangen: Die gesamten **Treibhausgasemissionen** sollen bis 2030 um 55 % gegenüber 1990 reduziert werden. Besonderer Handlungsbedarf besteht im Verkehrssektor. Hier konnten die CO₂-Emissionen unter anderem aufgrund der massiven Zunahme des Mobilitäts- und Transportaufkommens trotz des erheblichen technischen Fortschritts in den letzten Jahren nicht gesenkt werden.

Die Arbeitsgruppe 1 hat sechs Handlungsfelder identifiziert, durch die das Klimaziel 2030 im Verkehrssektor – eine Treibhausgasreduzierung von 42 % gegenüber 1990 – im Grundsatz erreicht werden kann. Insbesondere im Antriebswechsel von Pkw und Lkw liegen große Potenziale. Bis 2030 sollten 7 bis 10,5^a Millionen E-Fahrzeuge im Bestand angestrebt werden. Eine Verbesserung der Effizienz bei Pkw und Lkw und die stärkere Nutzung alternativer Kraftstoffe sind weitere Optionen. Die Stärkung des Schienenverkehrs und die Förderung

des öffentlichen Personennahverkehrs in Verbindung mit dem Ausbau des Bus-, Rad- und Fußverkehrs sind wichtige Bausteine, ohne die sich die Klimaschutzziele nicht erreichen lassen. Die Digitalisierung kann dazu beitragen, die Effizienz des Verkehrssystems zu erhöhen, ohne die Mobilität einzuschränken.

Die in den Handlungsfeldern vorgeschlagenen Maßnahmen müssen möglichst gleichzeitig adressiert werden und erfordern ein ambitioniertes und konsequentes Handeln bei allen Beteiligten in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Ob die Maßnahmen die gewünschten Wirkungen entfalten, ist durch ein konstantes Monitoring zu begleiten, um bei Bedarf gegensteuern und nachschärfen zu können.

Die Arbeitsgruppe 1 hat durch ihre Arbeitsergebnisse die Diskussion zum Klimaschutz im Verkehr auf ein solides Fundament gestellt und vertiefende Impulse in Politik und Öffentlichkeit gesetzt. Hier ist insbesondere die Empfehlung einer **CO₂-Bepreisung** über alle Nicht-ETS-Sektoren zu nennen.

AG 2 Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität

Die Transformation der Antriebs- und Kraftstofftechnologien ist eine zentrale Herausforderung für die Ausgestaltung einer nachhaltigen Mobilität. Die Arbeitsgruppe 2 hat technologieoffen und **verkehrs-trägerübergreifend** den aktuellen Stand und die zukünftig erwartbaren Entwicklungen bei technologischen Elektromobilitätskonzepten, Wasserstoff und Brennstoffzellen sowie alternativen Kraftstoffen für den Verbrennungsmotor betrachtet. Der motorisierte Straßenverkehr nimmt aufgrund des hohen Einsparpotenzials bei CO₂-Emissionen eine besondere Rolle ein. Neben der klimapolitischen Zielsetzung im Verkehrssektor werden technisch-ökonomische Kriterien für eine Etablierung neuer Antriebs- und Kraftstofftechnologien untersucht.

Bei technologischen Elektromobilitätskonzepten geht die Arbeitsgruppe 2 von 7 bis 10 Millionen **batterieelektrischen und Hybrid-Fahrzeugen** im Bestand für das Jahr 2030 aus. Sie werden Reichweiten zwischen 300 km bei Kleinwagen und 500 km im Oberklasse-Segment erreichen. Für leichte und mittlere Nutzfahrzeuge ergeben sich Reichweiten bis 250 km. Im Straßengüterfernverkehr werden derzeit erste Teststrecken für Oberleitungs-Lkw aufgebaut. Für die Schifffahrt (Binnenfahren), hybrid-elektrische Flugzeuge und den Schienenverkehr (Triebzüge und Diesel-Hybrid-Rangierlokomotiven) existieren erste batteriebetriebene Prototypen.

^a Die Empfehlung der AG 1 ist in das Eckpunktepapier für das Klimaschutzprogramm 2030 eingeflossen. Die Bundesregierung nennt hier einen Korridor von 7 bis 10 Mio. E-Fahrzeugen.

Brennstoffzellen-Fahrzeuge haben ähnliche Reichweiten wie verbrennungsmotorisch betriebene Fahrzeuge. Der aktuelle Entwicklungsstand ist jedoch sehr unterschiedlich und reicht von ersten Erprobungsträgern bis hin zu Serienfahrzeugen im Mittel- und Oberklassesegment. Im Schienenpersonennahverkehr können nicht elektrifizierte Strecken durch brennstoffzellen-elektrische Nahverkehrszüge mit Wasserstoff bedient werden. In der Luftfahrt werden Brennstoffzellen vor allem für Kleinflugzeuge und Nebenaggregate eingesetzt. Erste Entwicklungsprojekte in der Schifffahrt nutzen Brennstoffzellen für die Bordstromversorgung auf Binnen- und Fährschiffen.

Neuartige alternative Kraftstoffe ergeben sich aus Biomasse und Strom. **Biokraftstoffe** der 2. Generation und insbesondere **strombasierte Kraftstoffe** stehen derzeit

nur in geringen Mengen zur Verfügung. Für einen großflächigen Einsatz müssen insbesondere Großanlagen zur Kraftstoffproduktion weiterentwickelt werden. Alternative Kraftstoffe sind mit der bestehenden Tankinfrastruktur kompatibel und insbesondere für Schiff- und Luftfahrt sowie für schwere Nutzfahrzeuge sinnvoll. Bei konventionellen Pkw bieten sie zusammen mit einer höheren Fahrzeugeffizienz und Hybridisierung eine geeignete Lösung zur Emissionsreduzierung.

Die AG 2 hat eine technologieorientierte Faktenbasis für alternative Antriebe und Kraftstoffe erarbeitet. Um den unterschiedlichen Anforderungen und Bedürfnissen gerecht zu werden, bedarf es eines Mix aus unterschiedlichen Maßnahmen und technologischen Lösungen, um CO₂-Emissionen zu reduzieren.

AG 3 Digitalisierung für den Mobilitätssektor

Die Digitalisierung bietet für Deutschland die Chance, die Mobilität von morgen umwelt- und klimafreundlicher, effizienter, bequemer und bezahlbarer zu gestalten. Die Arbeitsgruppe 3 richtet ihre Arbeit auf das Ziel eines **multi- und intermodalen** Mobilitätssystems aus. Verkehrsmittel, die zu unterschiedlichen Zeiten oder kombiniert innerhalb einer Route verfügbar sind, machen das Verkehrsangebot vielfältiger, die Versorgung besser und geben damit den entscheidenden Anreiz, öfter auf umwelt- und klimafreundliche Alternativen umzusteigen. Autonome Mobilität ist ein wichtiger Baustein dieses multimodalen Systems. Fahrerlose Shuttles, die Teil eines intermodalen Verkehrs sind, werden höher ausgelastet, binden den ÖPNV und Schienenverkehr besser an und verbrauchen weniger öffentliche Fläche. Zu den unerlässlichen technologischen Voraussetzungen für die Umsetzung gehören ein Ökosystem von Mobilitätsdaten, das verschiedene

Angebote und eine effizientere Verkehrs- und Routenplanung ermöglicht, sowie der Ausbau des Mobilfunknetzes und die Gewährleistung von **Cybersicherheit**.

Die AG 3 empfiehlt die praktische Erprobung intermodaler Mobilität in Verbindung mit **autonomem Fahren** in einem Reallabor. Darin sollen wesentliche Bedarfe für die Einführung von intermodaler und autonomer Mobilität identifiziert werden. Es geht um einen messbaren ökologischen und volkswirtschaftlichen Effekt, der sich auch in geänderten Nutzergewohnheiten und Verhaltensweisen niederschlägt. Die damit einhergehende Transformation der Mobilität muss durch einen breiten gesellschaftlichen Dialog begleitet werden, der Bürgerinnen und Bürger vor Ort einbindet. Eine entsprechende Dialogstrategie soll im Reallabor erprobt werden.

AG 4 Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung

Gemeinsam mit der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung von Fahrzeugen und Produktion erfordert der Wechsel von verbrennungsmotorischen Antrieben hin zur Elektromobilität eine Neuausrichtung der (auto)mobilen Wertschöpfung und Beschäftigung. Als ihre erste und vordringliche Aufgabe analysiert die AG 4 diesen Strukturwandel und zeigt auf, was für den Erhalt von Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitsplätzen in Deutschland getan werden muss.

Die Erfolgsbilanz und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Automobilwirtschaft hängt stark davon ab, ob Module und Komponenten für die neuen Antriebskonzepte zukünftig wettbewerbsfähig im großindustriellen Maßstab in Europa gefertigt werden können. Zunächst muss eine Batteriezellfertigung von deutschen oder europäischen Unternehmen in Europa aufgebaut werden, die den Bedarf der Automobilindustrie auch bei steigender Nachfrage sicherstellen kann und die Abhängigkeit von Zellimporten verringert. Im Bereich Leistungselektronik ist es erforderlich, Software-Kompetenzen und systemübergreifendes Wissen für integrierte Systemtechnik und -lösungen auszubauen, um Defizite aufzuholen und Marktanteile zurückzugewinnen. In beiden Bereichen braucht es zudem Forschung und Entwicklung zur Skalierung der Produktion in den großindustriellen Maßstab und für **disruptive Technologien**, damit sich die deutsche Industrie zukünftig von internationalen Wettbewerbern abheben kann. Da auf absehbare Zeit wesentliche Anteile der Antriebe weiterhin verbrennungsmotorisch sein werden, müssen die Kompetenzen und Lieferketten zur Produktion von Verbrennungsmotoren trotz sinkender Auftragsvolumina erhalten bleiben. In allen drei Bereichen ist es notwendig, durch klare und transparente Strategien und Regularien Planungssicherheit für Unternehmen und

Verbraucher herzustellen. Das gilt beispielsweise für die Rohstoffsicherung, den Ausbau regenerativer Energien oder die Förderung von Elektrofahrzeugen.

Infolge nationaler und europäischer Klimaschutzmaßnahmen wird sich die Elektrifizierung der Mobilität schneller vollziehen als in bisherigen Studien angenommen. Im Rahmen der AG 4 wurden die vorliegenden Studien ELAB 2.0 und IAB Forschungsbericht 2018 um zwei Szenarien für das Jahr 2030 ergänzt, die die Auswirkungen des beschleunigten Antriebswechsels auf die Beschäftigungsstrukturen berechnen. Das neuen Berechnungen zeigen, dass erhebliche Auswirkungen auf die Beschäftigungsstrukturen zu erwarten sind. Unternehmen müssen befähigt werden, solche Veränderungen frühzeitig zu erkennen und passgenaue Maßnahmen einzusetzen. Hierzu schlägt die AG 4 in ihrem Anfang 2020 erscheinenden zweiten Zwischenbericht vor, eine **Toolbox** zur strategischen Personalplanung für Unternehmen zu entwickeln. Erfolgreiche Maßnahmen zur Qualifizierung von Personal sollten im Rahmen von regionalen **Kompetenz-Hubs** unternehmensübergreifend verfügbar gemacht und skaliert werden. Zudem können regionale **Transformationsgesellschaften** gegründet werden, welche mit diesen eng zusammenarbeiten oder sie als Baustein integrieren. Um Qualifizierung besser zu fördern, sollten als arbeitsmarktpolitische Begleitung das **Qualifizierungschancengesetz** und die Regelungen zum **Kurzarbeitergeld** angepasst sowie Perspektivqualifizierungen ermöglicht werden.

AG 5 Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung

Die **Sektorkopplung** ist ein Schlüsselement der technologischen Entwicklungen im Verkehrsbereich. Die Bereitstellung von Energie in Form von Strom, gasförmigen sowie strombasierten Kraftstoffen rückt zunehmend in den Mittelpunkt der Debatte über den Einsatz alternativer Antriebe. Neue Lade- und Tankinfrastrukturen für den Personen- und Güterverkehr müssen geschaffen und die Bereiche Verkehr und Energie stärker verzahnt werden.

Die Arbeitsgruppe 5 beschäftigt sich mit dem Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität und verschiedenen Aspekten entlang der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette, der Marktentwicklung von **Liquefied Natural Gas** (LNG) und **Compressed Natural Gas** (CNG) sowie den Möglichkeiten durch **Power-to-X**-Technologien.

Für die Energieversorgung sowie die Energienetzinfrastruktur stellt der Zuwachs der Elektromobilität in Deutschland zunächst keine große Herausforderung dar. Aktuell läuft der Ausbau der Ladeinfrastruktur dem Zuwachs des Bestands an Elektrofahrzeugen voraus. Damit jedoch auch bei steigenden Neuzulassungen für Elektrofahrzeuge eine bedarfsgerechte Infrastruktur zur Verfügung steht, müssen Maßnahmen getroffen werden, um den Ausbau zu beschleunigen. Zur Weiterentwicklung eines bundesweit flächendeckenden und bedarfsgerechten Ladesäulennetzes müssen mittelfristig wirtschaftliche Faktoren stärker berücksichtigt werden. Im Zusammenhang mit der privaten Ladeinfrastruktur sind regulatorische Hürden abzubauen und Fördermöglichkeiten zu schaffen.

Die Versorgung mit **Erdgas** (und eine optionale Beimischung von Biomethan) als Kraftstoff ist bereits heute flächendeckend gewährleistet, wobei ein wirtschaftlicher Betrieb neuer Tankstellen maßgeblich von der Entwicklung des Fahrzeugbestands abhängt. Die Gasmobilität hat durch die Beimischung von **Biomethan** und **Bio-LNG** zudem ein gewisses Potenzial zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor.

Perspektivisch spielen grüner Wasserstoff (H₂) und strombasierte Kraft-, Brenn- und Grundstoffe eine zentrale Rolle im Energie- und Mobilitätssystem. Ihre Herstellung durch **Elektrolyse** und Power-to-X-Verfahren unter Anwendung erneuerbarer Energien bedarf aber der Schaffung geeigneter Wettbewerbsbedingungen.

AG 6 Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung

Die Transformation des Mobilitätssektors kann nur dann erfolgreich und markttauglich geschehen, wenn sie auf international abgestimmten Standards, Normen sowie Zertifizierung und Typgenehmigung aufbaut. Die Arbeitsgruppe 6 erarbeitet dazu den Handlungsbedarf in enger Abstimmung mit allen Arbeitsgruppen der NPM.

In einem ersten Schritt wurden sechs Themenfelder identifiziert, die branchenübergreifend Standardisierungs- und Normungsbedarfe zur Zukunft der Mobilität darstellen: Trends in der Mobilität, Antriebsenergie, Stromnetz, Vernetzung, Daten und Lebenszyklus.

In den Themenfeldern wird beschrieben, wie bestehende und neue Mobilitätskonzepte sowie das automatisierte und vernetzte Fahren zu einem ganzheitlichen System kombiniert werden können. Eine bedarfsorientierte Bereitstellungsinfrastruktur für die Antriebsenergien der Zukunft muss sichergestellt werden und wird ebenso betrachtet wie die Integration der Elektromobilität in das Stromnetz der Zukunft und die notwendigen Schnittstellen für eine intermodale und vernetzte Mobilität. Zudem wird die Erhebung, Verwendung, Verarbeitung und der Schutz von Mobilitätsdaten sowie die Bewertung der Nachhaltigkeit von Mobilitätslösungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg analysiert. Zu diesen Themen identifiziert die AG 6 die notwendigen Normungs- und Standardisierungsbedarfe.

Die AG 6 synchronisiert sich bei der Erarbeitung der Handlungsempfehlungen eng mit den Normungsorganisationen DKE und DIN sowie den zuständigen Bundesministerien. Somit können die nationalen Anforderungen über die Normungsorganisationen sukzessive in europäische und internationale Normungsprozesse einfließen. Aktuelle Kooperationsprojekte existieren mit den USA, China, Japan und Südkorea.

5

Die Transformation des Mobilitäts- systems

3 | Die Transformation des Mobilitätssystems

Mobilität als zentraler Baustein der individuellen Freiheit und des gesellschaftlichen Wohlstands

Mobilität und Verkehr gehören zum Alltag: Sie sind Teil der individuellen Freiheit sowie Grundlage für gesellschaftlichen Wohlstand und ermöglichen Beschäftigung, Bildung, Gesundheit und Kultur. Der Zugang zu Mobilität und Verkehrsdienstleistungen ist eine der Grundvoraussetzungen unseres gesellschaftlichen Zusammenlebens und muss daher für alle Menschen möglich sein - unabhängig vom sozialen und gesellschaftlichen Status.

Verkehrsinfrastrukturen, Mobilitätsdienstleistungen und Transportangebote tragen entscheidend zu Wohlstand und Lebensqualität in unserer Volkswirtschaft bei und sind Grundvoraussetzung für unternehmerisches Wirken und Handeln. Der Mobilitätssektor gehört mit etwa 3,8 bis 6,1 Millionen Beschäftigten^{b, 1, 2} zu den Sektoren mit der größten Beschäftigungswirkung in Deutschland.

Ohne eine intelligente und vorausschauende Planung und Entwicklung führt mehr Mobilität allerdings bisher häufig zu mehr Verkehr. Die negativen Folgen dieser Entwicklung sind unter anderem Flächenverbrauch, Stau, Lärm, globale Erwärmung durch Klimagase, gesundheitsschädliche Stickoxide oder Unfälle, die die Volkswirtschaft zunehmend belasten.

Es bedarf eines zukunftsfähigen und nachhaltigen Systems, das mehr Mobilität bei weniger Verkehr ermöglicht, Umwelt und Klima entlastet, sich an den Bedürfnissen der Menschen orientiert und damit entscheidend zur Lebensqualität und Wettbewerbsfähigkeit beiträgt.

Das gesamte Mobilitätssystem befindet sich im Umbruch

Aktuell wirken eine Vielzahl von Faktoren auf das Mobilitätssystem, die mit tiefgreifenden strukturellen Veränderungen und Herausforderungen verbunden sind. Gesellschaftliche Entwicklungen wie sich verändernde Mobilitätsbedürfnisse, die zunehmende Vernetzung aller Lebensbereiche und die Notwendigkeit für mehr Klimaschutz im Verkehrssektor spielen eine wichtige Rolle. Um neue, innovative und tragfähige Mobilitätsangebote hervorzubringen, braucht es technologische Innovationen und Entwicklungen im Bereich **alternativer Antriebstechnologien** und **Kraftstoffe** sowie im Bereich der Digitalisierung und **Automatisierung**.

^b Die Anzahl der Personen, die in Berufen mit Mobilitätsbezug arbeiten, variiert je nach Zuschnitt der Betrachtung. Laut M - Five gab es im Jahr 2014 3,8 bis 4,4 Mio. „direkt in verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereichen Beschäftigte“. Die Analysen des Bundesinstitut für Berufsbildung bibb weisen für das Jahr 2015 ca. 6,1 Mio. „in Mobilitätsbereichen tätige Personen“ aus.

Mobilitätsbedürfnisse verändern sich und müssen berücksichtigt werden

Die Mobilitätswünsche und -gewohnheiten der Menschen wandeln sich. Während in den Ballungsräumen Mobilität vermehrt als Dienstleistung in Anspruch genommen werden kann, wird im ländlichen Raum hauptsächlich der Privat-Pkw genutzt. Gleichzeitig steigt die Bereitschaft, auf Verkehrsmittel wie das Fahrrad oder den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) umzusteigen. Dadurch können Verkehre vermieden, verringert oder verlagert werden. Der wachsende Wohlstand, die internationale Arbeitsteilung und globale Produktionsstätten bewirken gleichzeitig zunehmende Pendlerströme sowie häufigere Dienst- und Urlaubsreisen. Durch ein verändertes Konsumverhalten wie Online-Shopping und den wachsenden Onlinehandel nimmt der Gütertransport zu und führt zu mehr Verkehren durch eine stetig wachsende Zahl von Waren- und Paketzustellungen. So steigt gegenwärtig das Verkehrsaufkommen im Personen- und Güterverkehr weiter an.

Eine vom Institut für Demoskopie Allensbach (IfD) durchgeführte und im Mai 2019 erschienene Umfrage offenbart, was die Bürgerinnen und Bürger in Deutschland als größte Mobilitätsprobleme erachten: Staus und überlastete Innenstädte, Luft-, Klima- und Lärmbelastung sowie Ressourcenknappheit im Hinblick auf fossile Energieträger. Hinzu kommt der Eindruck, dass der öffentliche Raum zu stark durch Kraftfahrzeuge in Anspruch genommen wird und die Versorgung mit dem ÖPNV sowie dem Schienenpersonenverkehr (SPV) nicht ausreicht. In diesem Zusammenhang wird eine deutliche Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene gefordert und auch die Verkehrssicherheit von Fußgängern und Fahrradfahrern in den Innenstädten als verbesserungswürdig eingestuft.³

Zudem wirken sich Entwicklungen wie Urbanisierung und demographischer Wandel maßgeblich auf den Klimaschutz, die Lebensraumgestaltung sowie die Lebensqualität in der Stadt und auf dem Land aus. Die Urbanisierung führt zunehmend zu einer Überlastung der Verkehrswege in Ballungsräumen. Gleichzeitig sinkt

in vielen ländlichen Regionen die Bevölkerungsdichte, was beispielsweise den wirtschaftlichen Betrieb des ÖPNV und eine flächendeckende Versorgung erschwert. Das Mobilitätssystem der Zukunft sollte daher sowohl in den Städten als auch auf dem Land eine bezahlbare, sichere und flexible Mobilität gewährleisten und dabei die ressourceneffizienteste und umweltfreundlichste Lösung voranstellen.

Innovative Mobilitätsangebote und neue Geschäftsmodelle wie zum Beispiel **Ride-** und **Carsharing, Ridehailing und automatisiertes Valet Parking** müssen zum einen die sich verändernden Mobilitätsbedarfe der Menschen und den demographischen Wandel berücksichtigen. Zum anderen sollen sie die Effizienzpotenziale im Verkehrssystem heben und den öffentlichen Verkehr so ergänzen, dass eine nahtlose Reise von A nach B erfolgen kann. Das schließt beispielsweise den Ausbau bewirtschafteter Einrichtungen für „Park and Ride“ und „Bike and Ride“ an Haltestellen des öffentlichen Verkehrs mit ein.

Die Transformation des Mobilitätssystem ist als umfassender Prozess zu verstehen, der nicht nur wirtschaftliche Aspekte des Mobilitätssektors wie Arbeitsplätze und Wertschöpfungsketten berührt, sondern auch unmittelbare Auswirkungen auf die Gesellschaft hat. Der Erfolg der neuen Mobilitätsformen und -lösungen hängt maßgeblich davon ab, inwieweit sie auf gesellschaftliche Akzeptanz stoßen und den Lebenswirklichkeiten der Menschen und ihren Bedürfnissen entsprechen. Die Gesellschaft muss deshalb in die Transformation eingebunden werden. Ein breit angelegter Dialog mit allen Stakeholdern ist erforderlich, um die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen angemessen berücksichtigen zu können.

Klimaschutz begünstigt die Transformation des Mobilitätssystems

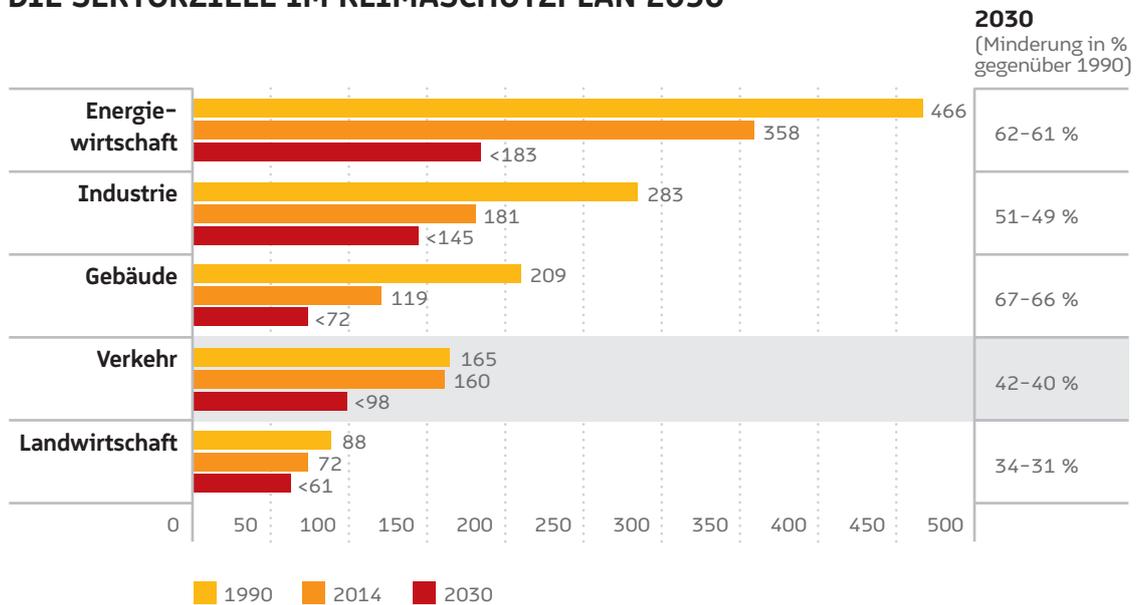
Der Wandel des Mobilitätssystems kann nicht unabhängig von der gestiegenen Dringlichkeit gegenüber Klima- und Umweltschutzthemen gesehen werden. Für

die Ausgestaltung und den Erfolg des Mobilitätssystems der Zukunft spielt die Erreichung der gesetzten Klimaschutzziele eine maßgebliche Rolle.

Deutschland ist bindende europäische und internationale Verpflichtungen im Klimaschutz eingegangen. Die Europäische Union (EU) hat sich zum Ziel gesetzt, die europaweiten **Treibhausgasemissionen** (THG-Emissionen) bis 2030 um mindestens 40 % und bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren⁴. 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).

Zudem hat sich die Bundesregierung mit der Unterzeichnung des Pariser Klimaschutzabkommens verpflichtet, ihren Beitrag zu leisten, die globale Erderwärmung deutlich unter zwei Grad Celsius zu begrenzen. Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung den **Klimaschutzplan 2050** verabschiedet, der die Weichen für die Umsetzung der Verpflichtungen stellt. Der Klimaschutzplan gibt für alle identifizierten Handlungsfelder eine inhaltliche Orientierung und weist für die einzelnen Sektoren unterschiedliche Treibhausgas-minderungsziele aus. Bezogen auf den Verkehrssektor bedeutet dies, die CO₂-Emissionen um 42 % gegenüber 1990 zu vermindern (siehe folgende Abbildung 1). Nach der Energiewirtschaft ist der Verkehrssektor der drittgrößte Verursacher von Treibhausgasen. Trotz erheblicher technischer Fortschritte konnte aufgrund des stark angestiegenen Verkehrsaufkommens im Verkehrssektor bislang keine Senkung der absoluten CO₂-Emissionen erreicht werden.

DIE SEKTORZIELE IM KLIMASCHUTZPLAN 2050



Dargestellt sind die Sektorziele 2030 aus dem Klimaschutzplan 2050 (in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten).
Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017). Klimaschutz in Zahlen 2017.

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

Innovationen und technologischer Fortschritt sind unerlässlich für die Transformation des Mobilitätssystems

Der Wandel des Mobilitätssystems setzt Innovationen und technologische Entwicklungen voraus. Neben der Elektrifizierung und der Nutzung erneuerbarer statt fossiler Energien spielt die Digitalisierung eine entscheidende Rolle für das Mobilitätssystem des 21. Jahrhunderts. Wichtig ist dabei, dass die Zukunftstechnologien einen tatsächlichen Markthochlauf erleben und im großen Maßstab zur Anwendung kommen. Hierzu bedarf es eines Zusammenspiels sowohl von Seiten der Politik als auch der Industrie. Staatliche Anreiz- und Förderprogramme können die Markteinführung unterstützen, während die Unternehmen die Entwicklung im industriellen Maßstab vorantreiben müssen.

Automatisierung und Vernetzung als Teil der Digitalisierung

Automatisierung steht insbesondere für das autonome Fahren. Die Automatisierung wird heute schon im assistierten und im teilautomatisierten Fahren umgesetzt. Dazu zählen beispielsweise Lenk- oder Spurführungssysteme oder automatische Einparksysteme. Ziel der Automatisierung ist in erster Linie, das Fahren sicherer zu gestalten. Gleichzeitig können durch einen automatisierten Verkehr Emissionen reduziert und Kraftstoffe eingespart werden. Neben den technischen und regulatorischen Herausforderungen ist es vor allem auch notwendig, der Gesellschaft die Vorteile der automatisierten Mobilität näher zu bringen und damit gesellschaftliche Akzeptanz zu schaffen.

Mit der Automatisierung geht eine zunehmende Vernetzung zwischen unterschiedlichen Verkehrsträgern (insbesondere Straße und Schiene), Verkehrsmitteln (Fahrzeuge) und der Infrastruktur (Ampeln, Verkehrszeichen, Parkplätze etc.) einher. Neue digitale Angebote und verkehrsträgerübergreifende Plattformen ermöglichen beim Reisen die Nutzung verschiedener Verkehrsmittel. Individuelle Mobilitätsbedürfnisse können dadurch einfach, schnell und bezahlbar bedient werden, während durch die verbesserte Anbindung von umweltfreundlichen Verkehrsträgern (ÖPNV) ein ökologisch nachhaltiger Effekt erzielt wird. Die sich daraus ergebenden neuen und innovativen Geschäftsmodelle und -angebote für Mobilitätsdienstleistungen werden bereits eingesetzt oder sind im Entstehen.

Auch eine intelligente Verkehrssteuerung mittels Sensorik und Prozessoren wird durch den Fluss von Verkehrsdaten in Echtzeit ermöglicht. Verkehrsströme können dadurch ganzheitlich analysiert und optimiert werden. Eine Vernetzung des Mobilitätssystems bietet also die Chance, das Verkehrssystem verkehrsträgerübergreifend effizienter und komfortabler zu gestalten, zum Beispiel, wenn es um die Optimierung von Routen und die Verkehrsverflüssigung durch eine Erhöhung der Auslastung im Personen- und Güterverkehr geht. Auch für den Aufbau eines umwelt- und nutzerfreundlichen Mobilitätssystems kann Automatisierung und Vernetzung einen großen Beitrag leisten.



Abbildung 2: Mobilität aus einer Hand für intermodale Mobilität (Quelle: acatech)



Abbildung 3: Flexible On-Demand-Shuttles halten an virtuellen Haltestellen (Quelle: acatech) ⁵

Alternative Antriebe und Kraftstoffe

Neben Automatisierung und Vernetzung bieten auch Innovationen im Bereich der alternativen Antriebe und Kraftstoffe große Potentiale, um Mobilität klimafreundlicher, effizienter, ressourcenschonender und damit nachhaltiger zu gestalten. Dazu zählt neben der Reduktion von Lärm und THG-Emissionen auch die Senkung von **Stickoxiden** und **Feinstaub**, was zu einer deutlichen Verbesserung der Luftqualität in Städten führt.

Der Wechsel auf elektrisch betriebene Fahrzeuge im Straßenverkehr ist bereits im Gange. In der Gesamtemissionsbilanz weisen Elektrofahrzeuge schon heute Vorteile auf, wobei Fahrzeuggröße und -gewicht, Nutzungsszenario und Lebensdauer besondere Einflussgrößen sind. Der Klimavorteil des Elektroautos steigt mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien und der Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom weiter an, da die Antriebsenergie die wichtigste Einflussgröße der Klimabilanz darstellt.⁶

Batterieelektrische Technologien stehen dabei nicht nur für Personenkraftwagen zur Verfügung, sondern bieten auch erste prototypische Lösungen für schwere Nutzfahrzeuge. Zudem werden erste Teststrecken für Oberleitungs-LKW aufgebaut. Bei Schiffen bestehen Planungen zur Nutzung von Landstrom in Häfen, und

erste Fähren wurden bereits elektrifiziert. Weitere Prototypen existieren für Züge und für Flugzeuge, sodass der gesamte Fahrzeugbestand aller Verkehrsträger zukünftig zumindest teilweise elektrifiziert werden kann.

Neben batterieelektrischen Lösungen gibt es eine Bandbreite von Brennstoffzellenanwendungen. Im Pkw-Bereich reicht die Entwicklung von ersten Erprobungen bis hin zu Serienfahrzeugen. **Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV)** könnten in Zukunft Reichweiten erzielen, die mit verbrennungsmotorischen Technologien vergleichbar sind. Ähnlich wie batterieelektrische Fahrzeuge verursachen Antriebe mit einer Brennstoffzelle keine lokalen Emissionen, wenn sie mit Wasserstoff betankt werden. Der Kraftstoff Wasserstoff, der im Idealfall mittels **Elektrolyse** durch erneuerbare Energie gewonnen wird, wird außerdem bereits in ersten Regionalzügen eingesetzt. Damit stehen erste verkehrsträgerübergreifende Lösungsoptionen für die Transformation der Antriebs- und Kraftstoffseite zur Verfügung.

Die dritte Komponente der antriebs- und kraftstoffseitigen Transformation der Mobilität sind alternative CO₂-neutrale Kraftstoffe im Verkehr. Diese **biomasse-** oder **strombasierten Kraftstoffe** wandeln Energie durch chemische Prozesse in flüssige oder gasförmige

(synthetische) Kraftstoffe um. Sie haben die gleichen Eigenschaften wie konventionelle, fossile Kraftstoffe und sind kompatibel mit dem bestehenden Infrastruktursystem. Sie bieten sich insbesondere für Verkehrsmittel mit hohen Reichweitenanforderungen wie Flugzeuge, Schiffe, schwere Nutzfahrzeuge oder Fahrzeuge im Bestand an.

Die neuen Antriebs- und Kraftstoffoptionen sind grundsätzlich umsetzbar, allerdings bestehen Unterschiede hinsichtlich ihrer technologischen Reife, ihrer Marktreife und der Einsatzmöglichkeiten, bei denen ihr Potential zur Emissionsreduzierung besonders wirksam werden kann.

ENERGIEEFFIZIENZ – ANTRIEBE IM VERGLEICH

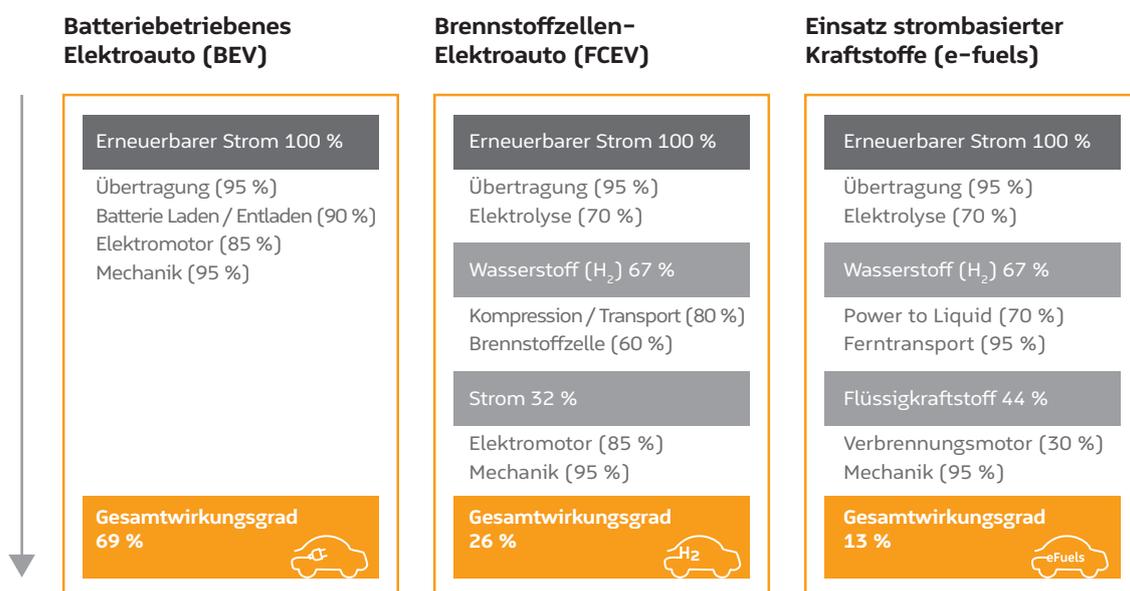


Abbildung 4: Energieeffizienz – Antriebe im Vergleich (eigene Darstellung) ^{7c}

Sektorkopplung

Durch die intelligente Kopplung der Sektoren Energie und Verkehr (**Sektorkopplung**) können Lastspitzen durch die volatile Stromerzeugung mit erneuerbarer Energie ausgeglichen und der Verkehr weg von fossilen hin zu erneuerbaren Energien ausgerichtet werden – sei es durch die direkte Nutzung von erneuerbarem Strom in batterieelektrischen Fahrzeugen oder indirekt über Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe, die aus erneuerbarem Strom hergestellt und in Brennstoffzellen- und konventionellen Fahrzeugen verwendet werden

können. Darüber hinaus können Batteriespeicher in Elektrofahrzeugen zukünftig als kurzfristige, systemdienliche Stromspeicher genutzt werden und mittels **bidirektionalem Energiefluss** wahlweise Strom aus dem Netz aufnehmen oder zurück ins Netz speisen.

^c Einzelwirkungsgrade sind jeweils in Klammern dargestellt. Durch Multiplikation der Einzelwirkungsgrade ergeben sich die kumulierten Gesamtwirkungsgrade in den Kästen. Anlehnung visuelle Darstellung: Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe, Berlin, S. 12.

Regulatorischer Rahmen

Die Weiterentwicklung des Verkehrssystems ist nicht nur als technischer Fortschritt zu verstehen, sondern auch als politische Gestaltungsaufgabe. Es bedarf eines politischen Rahmens, der die gewünschten Veränderungen begünstigt, damit die neuen Angebote nicht zu mehr Verkehr führen (**Rebound-Effekt**). Ein möglicher Rebound-Effekt könnte beispielsweise auftreten, wenn bisherige ÖPNV-Nutzer auf Carsharing-Dienste zugreifen und somit mehr statt weniger Individualverkehr schaffen. Auch Fragen zur Sicherheit und Verwundbarkeit eines digitalisierten Verkehrssystems müssen geklärt und offen diskutiert werden. Gerade im Bereich der **Cybersecurity** sind die gesetzlichen und technischen Rahmenbedingungen so zu setzen, dass ein vernetztes, datengetriebenes Mobilitätssystem über alle Verkehrsträger hinweg abgesichert ist und die Sicherheit im Gesamtsystem Verkehr jederzeit gewährleistet ist. Der Datenschutz muss dabei ebenfalls berücksichtigt werden.

Strategische Weichenstellungen für eine ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltige Mobilität der Zukunft

Die Mobilität der Zukunft bietet die Chance auf nachhaltigen Wohlstand. Technologieoffene Entwicklungen ermöglichen Innovationen, mit denen Zukunftsmärkte erschlossen werden können. Das stärkt den deutschen Wirtschaftsstandort: Arbeitsplätze können gesichert, neu geschaffen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit gestärkt werden. Über Jahrzehnte haben sich in Deutschland wettbewerbsfähige Wertschöpfungsketten und -strukturen im Mobilitätssektor entwickelt, die bisher maßgeblich zum Erfolg der deutschen Volkswirtschaft beigetragen haben. Durch die gravierenden Veränderungen gerät dieses System unter Druck und steht vor einem tiefgreifenden Wandel. Bestehende Prozessketten müssen hinterfragt und neu ausgerichtet werden. Zur Lösung sind neue Ansätze und Konzepte notwendig, die Anstrengungen auf politischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ebene erfordern.

Die Transformation des Mobilitätssystems stellt dabei nicht nur die Automobilwirtschaft, sondern auch die Energiewirtschaft und viele andere Industriezweige vor große Herausforderungen. Es gilt, die Chance zu nutzen, diese Transformation jetzt zu gestalten. Dadurch kann die Basis für neue, nachhaltige Wertschöpfungsketten gelegt und Beschäftigung gesichert werden. Deutschland hat die Möglichkeit, durch eine gezielte politische Begleitung den Wandel sozialverträglich zu gestalten.

Der Transformationsprozess ist eine gesamtgesellschaftliche Gestaltungsaufgabe. Er setzt bei allen Beteiligten die Bereitschaft und Akzeptanz voraus, das Mobilitätssystem zukunftsweisend auszurichten. Rahmenbedingungen müssen so gesetzt und gesteuert werden, dass in Forschung und Entwicklung und in neue Märkte investiert werden kann. Änderungen im Mobilitätsverhalten können durch finanzielle Anreize und die Bereitstellung von Informationen unterstützt werden. Die Bundesregierung hat sich dieser Aufgabe angenommen. Für den Bereich des Klimaschutzes hat sie mit ihrem Anfang Oktober beschlossenen Klimaschutzgesetz zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 wichtige Weichen gestellt. Die Arbeiten und die in den bisherigen Berichten abgegebenen Handlungsempfehlungen der NPM sind in den politischen Entscheidungsprozess eingeflossen. Die Einführung

einer sektorübergreifenden **CO₂-Bepreisung**, wie sie Deutschland 2021 einführen wird, wurde beispielsweise frühzeitig als zu prüfende Handlungsempfehlung aus der NPM heraus an die Bundesregierung gerichtet.

Darüber hinaus werden in weiteren Bereichen strategische Weichen gestellt. Mit der „Konzertierten Aktion Mobilität“ hat die Bundesregierung einen Strategiedialog aufgesetzt, mit der die tiefgreifenden Herausforderungen für den Automobilstandort angegangen werden können.⁸ Bereits beschlossene Maßnahmen sind unter anderem ein Masterplan mit einem Anreizprogramm zur Förderung der Elektromobilität, der eine erhöhte Kaufprämie für E-Fahrzeuge (Umweltbonus) sowie einen beschleunigten Ausbau der Ladesäuleninfrastruktur beinhaltet. In den nächsten zwei Jahren sollen nach Angaben der Bundesregierung 50.000 öffentlich zugängliche Ladepunkte errichtet werden.

Zusätzlich soll der rechtliche und technische Rahmen für das autonome Fahren bis zum März 2020 geschaffen werden. Private und öffentliche Mobilitätsanbieter wollen darüber hinaus bis Ende 2021 gemeinsam ein umfassendes Datennetzwerk Mobilität schaffen, damit die Vernetzung für die Mobilitätswende bestmöglich genutzt werden kann. Im Bereich der Qualifizierung und Weiterbildung von Beschäftigten und KMUs prüft die Bundesregierung, ob die Instrumente des **Qualifizierungschancengesetzes** und des **Kurzarbeitergeldes** nachgeschärft oder angepasst werden müssen. Damit können Beschäftigte, die von Strukturwandel und Digitalisierung betroffen sind, gezielt gefördert werden. Im Bereich der alternativen Antriebstechnologien bereitet die Bundesregierung eine umfassende Wasserstoffstrategie vor.

In die Vorbereitung dieses Strategiedialogs sind die bisherigen Ergebnisse der NPM eingeflossen. Ebenso haben Vertreter der Plattform an der Ausarbeitung der Maßnahmen mitgewirkt. Die NPM wird sich auch weiterhin aktiv in den Prozess der Neugestaltung des Mobilitätssystems einbringen und die politischen Entscheidungsträger unterstützen.

44

Struktur und Arbeitsweise der NPM

4 | Struktur und Arbeitsweise der NPM

Entstehung der NPM

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität basiert auf dem Koalitionsvertrag von CDU, CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode. Am 19.09.2018 wurde die Einsetzung der Plattform von der Bundesregierung per Kabinettsbeschluss beschlossen. Mit der konstituierenden Sitzung des Lenkungskreises am 26.09.2018 hat die NPM offiziell ihre Arbeit aufgenommen.

Die NPM baut auf den Vorarbeiten der **Nationalen Plattform Elektromobilität** (NPE) auf, die von 2010 an

die Aktivitäten zur Elektromobilität bündelte. Der Antriebswechsel hin zu neuen Formen bleibt weiterhin ein zentrales Thema der Transformation des Mobilitätssektor. Die Themen der NPE wurden in die Strukturen der NPM überführt und werden dort ganzheitlich und verkehrsträgerübergreifend weitergeführt. Das Themenspektrum ist deutlich weiter gefasst und bezieht alle Aspekte eines zukünftigen Mobilitätssystems mit ein.

Ziele und Auftrag der NPM

Ziel der NPM ist es - unter Einbeziehung von Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft - zukunftsweisende Konzepte und Handlungsempfehlungen zu entwickeln, um auch zukünftig wettbewerbsfähige Unternehmen und Arbeitsplätze sowie eine bezahlbare, nachhaltige und klimafreundliche Mobilität sicherzustellen. Die NPM ist ein Beratungsgremium und formuliert ihre Empfehlungen auf Basis interessensübergreifender Diskussionen und in gegenseitigem Einvernehmen. Die Entscheidung über die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen liegt bei den politischen Handlungsträgern.

Die Plattform nimmt zur Erreichung dieses Ziels eine breite Palette von Aufgaben wahr. Dazu zählt die Beobachtung und Analyse gegenwärtiger und zukünftiger Trends im Mobilitätsbereich und der Abgleich mit bestehenden Konzepten. Die Klärung strittiger Fragen erfolgt durch die Prüfung der Fakten und Sachverhalte. Die Entwicklung eines systemischen Ansatzes zur Zukunft der Mobilität, der die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekte integriert, steht im Mittelpunkt der NPM-Arbeit. Aufgrund der vielfältigen

Wechselwirkungen und komplexen Zusammenhänge im Mobilitätssektor ist ein gemeinsames Verständnis zur Zukunft der Mobilität wichtig.

Relevante Stakeholder und Akteure aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft arbeiten in der Plattform mit und können sich über Zukunftsfragen austauschen und vernetzen. Die inhaltlichen Schwerpunkte, die sich aus diesem Dialog ergeben, sind somit als breiter Diskussionsprozess angelegt und ermöglichen eine ausgewogene Formulierung von Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft und Gesellschaft.

ALS RICHTSCHRITZ ZUR ERFÜLLUNG DIESER AUFGABEN GELTEN FÜR DIE NPM DREI ÜBERGEORDNETE ZIELE:

- Entwicklung von verkehrsträgerübergreifenden und -verknüpfenden Lösungen für ein weitgehend treibhausgasneutrales und umweltfreundliches Verkehrssystem
- Sicherstellung einer wettbewerbsfähigen Automobilindustrie und Förderung des Beschäftigungsstandortes Deutschlands
- Ermöglichung einer effizienten, hochwertigen, flexiblen, sicheren und bezahlbaren Mobilität

Diese Ziele beziehen sich sowohl auf den Personen- als auch auf den Güterverkehr. Die NPM verfolgt die gesetzten Ziele, begleitet kontinuierlich die Umsetzung konkreter Maßnahmen und berichtet unabhängig und neutral über die erzielten Fortschritte.

Struktur der NPM

Die breit angelegte Aufstellung der NPM bildet sich in der Struktur der Plattform ab, die sich in Lenkungskreis, Arbeitsgruppen und Beratende Kommission aufteilt.

Lenkungskreis

Der Lenkungskreis ist das oberste Beschlussorgan der NPM und spricht die Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft und Gesellschaft aus. Er ist neben den Arbeitsgruppen der fachlich-inhaltliche Impulsgeber der Plattform, identifiziert neue Themen zur Bearbeitung in der Plattform und macht Vorschläge für deren Umsetzung. Der Lenkungskreis steuert zudem die inhaltliche Arbeit in den Arbeitsgruppen, begleitet deren Umsetzung und berät über die Ergebnisse. Den Vorsitz des Lenkungskreises hat Prof. Dr. Henning Kagermann inne.

Sechs Arbeitsgruppen

Die inhaltliche Arbeit zu den spezifischen Themenfeldern findet in sechs Arbeitsgruppen statt. Darin setzen

sich Expertinnen und Experten verschiedenster Fachbereiche mit den zentralen Entwicklungen im Verkehrsbereich auseinander. Dazu gehören die Anforderungen zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung, die Potenziale und Herausforderungen im Bereich alternativer Antriebe und Kraftstoffe, die Digitalisierung des Mobilitätssektors, die Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes Deutschland, die Verknüpfung des Verkehrssektors mit dem Energiesystem und die Standardisierung und Normung technologischer Komponenten im Verkehrsbereich.

Beratende Kommission

Die Beratende Kommission, in der neben Vertretern der Bundesregierung und den Leitern der Arbeitsgruppen auch Vertreter des Bundestags Mitglied sind, stellt die Schnittstelle der NPM ins Parlament dar. Sie informiert den Bundestag über Ergebnisse der Plattform und nimmt Hinweise aus dem Parlament entgegen. Die Beratende Kommission übergibt ihre Einschätzungen an den Lenkungskreis.



Abbildung 5: Aufbau der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (eigene Darstellung)

Arbeitsweise der NPM

Getragen wird die Arbeit der Plattform durch ein breites Nachhaltigkeitsverständnis. In die Betrachtungen und Analysen der Expertinnen und Experten werden sowohl ökonomische, ökologische als auch soziale Aspekte gleichermaßen einbezogen. Eine ganzheitliche, systemische Perspektive bildet die Basis der AG-Arbeit.

Die Arbeit der NPM folgt einem iterativen Ansatz. Maßnahmen und Instrumente zur Gestaltung eines zu kunftsfähigen Mobilitätssystems bedürfen eines steten

Monitorings hinsichtlich ihrer Effektivität und Wirkweise. Relevante Einflüsse sind zum Beispiel der technische Fortschritt, sich verändernde gesellschaftliche Anforderungen sowie politische Rahmenbedingungen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse. Diese gilt es im Blick zu behalten, um eine notwendige Anpassung zu ermöglichen.

ITERATIVER ANSATZ



Abbildung 6: Iterativer Ansatz (eigene Darstellung)

Zudem werden Modellberechnungen und Szenarien für die Arbeit der NPM verwendet. Sie bieten eine gute Basis, um Instrumente und Maßnahmen besser bewerten zu können. Trotz aller Präzision dieser Modellberechnungen und -szenarien sind diese aber nur eine vereinfachte Darstellung der Wirklichkeit. Entwicklungen, wie zum Beispiel zur wirtschaftlichen Gesamtsituation und zum Absatz spezifischer Antriebe, können nur angenommen werden. Parallel zu den Modellberechnungen verfolgt die NPM daher auch einen Anwendungs- und Erprobungsansatz. Dabei werden die Handlungsempfehlungen in konkreten Anwendungsfällen und Pilotprojekten erprobt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse helfen, die vorgeschlagenen Maßnahmen und Instrumente weiter zu schärfen und im Sinne der Zielerreichung zu konkretisieren. Die Empfehlungen richten sich dabei nicht ausschließlich an die Politik, sondern auch an Wirtschaft und Zivilgesellschaft.

Die inhaltliche Arbeit der Plattform findet in den Arbeitsgruppen statt. Die verantwortlichen Leiterinnen und Leiter der Arbeitsgruppen wurden von der Bundesregierung eingesetzt. Bei der Auswahl der Mitglieder wurde auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wirt-

schaft, Wissenschaft und Gesellschaft geachtet. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppen werden dem Lenkungskreis kontinuierlich durch die Leiter der Arbeitsgruppen vorgestellt und dort gemeinsam mit den Mitgliedern des Lenkungskreises diskutiert. Dadurch können Schnittstellen und Abstimmungsbedarfe zwischen den Arbeitsgruppen frühzeitig identifiziert und adressiert werden. Mit der kontinuierlichen themenübergreifenden Zusammenarbeit in der NPM kann somit im Laufe der Zeit ein gemeinsames Bild zur Zukunft der Mobilität entwickelt werden. Bei der inhaltlichen Arbeit soll grundsätzlich Einigkeit erzielt werden. Es gibt jedoch auch die Möglichkeit, Dissense in den AG-Berichten darzustellen, falls bei einzelnen Aspekten kein thematisches Einvernehmen erreicht werden kann.

Die Finanzierung der NPM erfolgt durch den Bund. Die an der Plattform beteiligten Vertreterinnen und Vertreter arbeiten unabhängig und ehrenamtlich. Sie sind Impulsgeber und garantieren ein breites Spektrum an Expertise. Die Plattform achtet in ihrer Arbeit auf Kartellrechtskonformität. Das Plattform-Management und die Moderation erfolgen unabhängig, überparteilich und neutral. Die Laufzeit der NPM ist zunächst bis Ende 2021 festgelegt.

Schwerpunkte der Arbeitsgruppen

Die NPM gliedert sich in sechs Arbeitsgruppen, die sich spezifischen Themenfeldern zuwenden. Diese wurden von der Bundesregierung für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Mobilität als zentral eingestuft. Die Arbeitsgruppen erarbeiten zu den spezifischen Themen Konzepte und Handlungsempfehlungen für die Politik.

AG 1: Klimaschutz im Verkehr

Die Arbeitsgruppe 1 ist von der Bundesregierung beauftragt worden, geeignete Handlungsfelder und Instrumente zur Erreichung des Klimaschutzziels 2030, eine Treibhausgas-Minderung im Verkehrssektor von 40 bis 42 %, zu empfehlen. Leitlinie für die Diskussionen der AG ist es gewesen, eine nachhaltige und klimafreundliche sowie auch zukünftig bezahlbare Mobilität sicherzustellen. Die vorgeschlagenen Instrumente beziehungsweise Maßnahmen sollen Wege aufzeigen, wie die klimapolitischen Ziele erreicht werden können, aber auch positiv auf die wirtschaftliche Entwicklung und den gesellschaftlichen Zusammenhalt wirken.

AG 2: Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität

Die Arbeitsgruppe 2 betrachtet für alle Verkehrsträger technologieoffen **alternative Antriebe** und **Kraftstoffe** im Hinblick auf ihren Beitrag zur nachhaltigen Mobilität und damit zur Erreichung der klima- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung 2030 und 2050. In der Bewertung werden neben technisch-ökonomischen Kriterien auch die gesellschaftlichen Anforderungen zur Akzeptanz und zur Nutzung alternativer Antriebe und Kraftstoffe durch Haushalte und Unternehmen berücksichtigt.

AG 3: Digitalisierung für den Mobilitätssektor

Die Digitalisierung ist für Deutschland eine enorme Herausforderung. Nur wenn Politik, Industrie und Zivilgesellschaft gemeinsam in diese Zukunftsaufgabe investieren, können die avisierten Potentiale auch realisiert werden. Dazu verfolgt die AG 3 klare übergeordnete Ziele. Das zentrale Zielbild eines multi- und intermodalen Mobilitätssystems gibt die Fokusgruppe A vor. Autonome Mobilität ist ein wichtiger Baustein eines **multimodalen** Systems (Fokusgruppe B). Die dafür nötigen und vielfältigen technologischen Anforderungen werden in der Fokusgruppe C erarbeitet. Dazu gehören die Themenkomplexe Daten, Vernetzung und Sicherheit. Sie ermöglichen erst eine funktionierende und nutzerfreundliche multimodale Mobilität. Die Transformation der Mobilität kann nicht ohne Einbeziehung der Gesellschaft funktionieren. Deshalb arbeitet die Fokusgruppe D an der Umsetzung eines breiten gesellschaftlichen Dialogs, der die Partizipation der Bürgerinnen und Bürger vor Ort einschließt und die Diversität der Bevölkerung berücksichtigt.

AG 4: Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung

Der Mobilitätssektor gehört zu den Wirtschaftssektoren mit der größten Beschäftigungswirkung in Deutschland. Digitalisierung und Elektrifizierung der Mobilität führen zu einem tiefgreifenden Strukturwandel des Sektors: Verkehrsträger wie Straße, Schiene, Wasser oder Luft sind ebenso betroffen wie die Produktionsindustrie und Mobilitätsdienstleistungen. Die Arbeitsgruppe 4 hat daher die nachhaltige Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes Deutschland im Fokus. Die AG ist sozialpartnerschaftlich organisiert und wirft den Blick auf die Auswirkungen und Anforderungen des Strukturwandels für bestehende und zukünftig zentrale **Wertschöpfungsnetzwerke** und die Beschäftigung in Deutschland.

AG 5: Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung

Die Arbeitsgruppe 5 untersucht, welche Infrastruktur für alternative Antriebe zur Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor in 2030 erforderlich ist und welche Maßnahmen für den weiteren Ausbau ergriffen werden sollten. Themen sind dabei unter anderem die Lade- und Tankinfrastruktur für Elektromobilität, **Power-to-X** (Wasserstoff und E-Fuels) sowie **CNG** und **LNG** für die Bereiche PKW und Nutzfahrzeuge. Zudem sollen die Voraussetzungen und Datenbedarfe für eine intelligente **Netzintegration** von Elektromobilität sowie Aspekte der Sektorkopplung diskutiert werden.

AG 6: Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung

Die Arbeitsgruppe 6 ist ein interessengruppenübergreifendes Gremium zur konsensbasierten Initiierung, Abstimmung und Orchestrierung von Standardisierungs-, Normungs-, Zertifizierungs- und Typgenehmigungsbedarfen für die Zukunft der Mobilität. Sie legt die strategische Aufstellung der Plattform zu diesem Themenkomplex fest und entwickelt Empfehlungen an Industrie und Politik in Form von Normungs-Roadmaps. Diese Empfehlungen bilden die deutsche Normungs- und Standardisierungsstrategie zur Zukunft der Mobilität. Die AG 6 synchronisiert sich dabei eng mit den Normungsorganisationen, damit die nationalen Anforderungen in europäische und internationale Normungsprozesse einfließen. Die Koordination und strategische Begleitung dieser internationalen Konsensprozesse und Einbindung der politischen Begleitung sind weitere Schwerpunkte der AG.

5

Ergebnis der Arbeitsgruppen



5 | Ergebnisse der Arbeitsgruppen

5.1 | Klimaschutz im Verkehr

Der Weg zu einem zukunftsfähigen und innovativen Mobilitätssystem

Klimaschutz gehört zu den wichtigsten Aufgaben unserer Zeit. Deutschland hat sich zu dieser Verantwortung bekannt und ist internationale Verpflichtungen eingegangen, CO₂-Emissionen zu reduzieren. Trotz erheblicher technischer Fortschritte konnte jedoch im Verkehrssektor bislang keine Senkung der CO₂-Emissionen erreicht werden. Dies liegt auch am stark steigenden Verkehrsaufkommen.

Die Emissionen im Jahr 2017 betragen rund 168 Millionen Tonnen (t) **CO₂-Äquivalente** (CO₂-Äq.) gegenüber 163 Millionen t CO₂-Äq. im Jahr 1990. Die gesetzten nationalen Klimaziele bis 2030 sehen jedoch ein **Treibhausgas**-Minderungsziel von 98 t CO₂-Äq. vor. Dies entspricht einer Reduktion der Emissionen um 42 % gegenüber 1990. Im Verkehrssektor besteht daher eine besondere Herausforderung mit erheblichem Handlungsdruck. Um die Klimaziele im Verkehrssektor zu erreichen, bedarf es einer Trendwende. Gesellschaft, Wirtschaft und Politik stehen hierbei vor großen Herausforderungen, die gemeinsame Anstrengungen auf allen Ebenen erfordern. Passende Rahmenbedingungen müssen jetzt gesetzt und Instrumente mit Blick auf das gesamte Verkehrssystem sowie unter Berücksichtigung von Wirtschaft und Gesellschaft ausgewählt werden.

Dabei birgt der Klimaschutz im Verkehr große Chancen, durch neue Konzepte die Mobilität des Einzelnen zu verbessern. Investitionen in klimafreundliche und ressourcenschonende Produkte und Dienstleistungen sind darüber hinaus Investitionen in Zukunftsmärkte und bieten Wachstumschancen. Auch leisten Klimaschutzmaßnahmen einen zentralen Beitrag für den Erhalt und den Ausbau von Arbeitsplätzen in Deutschland und steigern die internationale Wettbewerbsfähigkeit.

AG 1 „Klimaschutz im Verkehr“ hat die Diskussion zum Klimaschutz im Verkehr mit ihrem Zwischenbericht 03/2019 vorangebracht und vertiefende Impulse in Politik und Öffentlichkeit gesetzt. Insbesondere die Empfehlung der AG 1, eine CO₂-Bepreisung über alle **Nicht-ETS-Sektoren** zu prüfen⁹, hat die breite gesellschaftliche Diskussion zu diesem Thema vorangebracht. Die Handlungsempfehlungen der AG 1 sind in die Arbeiten des Klimakabinetts eingeflossen und dienen als Grundlage für die Erstellung eines geeigneten Maßnahmenpakets.

AG 1 Zwischenbericht 03/2019

Wege zu Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor

Die AG 1 zeigt in diesem Bericht mögliche Wege zur Erreichung der Reduktion von Treibhausgasen im Verkehrssektor auf.



Handlungsfelder für ein klimafreundliches und innovatives Verkehrs- und Mobilitätssystem

Sechs Handlungsfelder wurden identifiziert, die für die CO₂-Reduktion im Verkehrssektor mit konkreten Maßnahmen und Instrumenten bearbeitet werden müssen:

- | **Antriebswechsel Pkw und Lkw**
- | **Effizienzsteigerung Pkw und Lkw**
- | **Regenerative Kraftstoffe**
- | **Stärkung Schienenpersonenverkehr, Bus, Rad und Fußverkehr**
- | **Stärkung Schienengüterverkehr, Binnenschifffahrt**
- | **Digitalisierung**

Für die Umsetzung und Instrumentierung der Handlungsfelder hat die AG 1 wichtige Empfehlungen für den Umsetzungsprozess herausgearbeitet:

| **Parallelität und hohes Ambitionsniveau**

Maßnahmen in allen Handlungsfeldern müssen parallel und mit einem hohen Ambitionsniveau angegangen bzw. intensiviert werden. Die Bearbeitung von nur einzelnen Handlungsfeldern wird nicht ausreichen.

| **Schnelligkeit**

Maßnahmen, insbesondere die, die einen hohen Konsensgrad aufweisen (zum Beispiel Ladeinfrastrukturmaßnahmen), müssen umgehend ergriffen werden. Eine Trendwende muss schnell eingeleitet werden, um die Klimaziele zu erreichen.

| **Maßnahmenbündel aufeinander abstimmen: Push und Pull**

Die Maßnahmen in den verschiedenen Handlungsfeldern müssen in Kombination gedacht und gut aufeinander abgestimmt werden. Nur so können sie optimale Wirkung entfalten und dem Risiko, dass sich Maßnahmen gegenseitig neutralisieren, entgegengewirkt werden. Die im Zwischenbericht 03/2019 empfohlenen Maßnahmen, die vor allem auf Infrastrukturverbesserung, direkte Förderung und Angebotserweiterung (Pull-Instrumente) zielen, haben, den Berechnungen zufolge, die CO₂-Lücke zu einem Teil schließen können. Die mit entsprechenden Förderinstrumenten geschaffenen Optionen kommen nur dann zum Tragen, wenn sie durch effektive und sinnvoll ausgestaltete Push-Instrumente (das heißt vor allem preisliche Anreize) ergänzt werden. Zu Konzepten von

Push-Maßnahmen besteht zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Einigkeit. Bislang besteht weiterer Diskussionsbedarf insbesondere zur konkreten Ausgestaltung von Preissignalen. Dissens besteht unter anderem in der Frage der Einführung von Quoten für Elektrofahrzeuge, zum Bonus-Malus-System und zur Ausprägung des Handlungsfelds **alternative Kraftstoffe**. Die Diskussion um einen ausgewogenen Instrumentenmix von Push und Pull muss weiter vertieft werden.

Entstehende Lasten minimieren und ausgewogen verteilen

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.

Iterativ vorgehen und nachsteuern

Maßnahmen und Instrumente sollten in verschiedenen zeitlichen Stufen eingeführt werden, da zwar heute noch nicht alle Effekte und Entwicklungen vollständig und transparent abschätzbar sind, aber trotzdem schnelles Handeln notwendig ist. Durch einen solchen iterativen Ansatz kann auf Unsicherheiten aus den zugrunde gelegten Annahmen und Modellen, aber auch auf gesellschaftlichen Dissens (zum Beispiel im Umgang mit Biomasse) reagiert und Maßnahmen angepasst werden. Dazu gehört auch, jetzt ergriffene Instrumente einem permanenten Monitoring-Prozess zu unterziehen und zu definierten Zeitpunkten (2021, 2023, 2026 und 2029) auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen.

Zu allen sechs Handlungsfeldern hat die AG 1 einen Überblick über die aktuelle Ausgangslage gegeben, Ansatzpunkte für nächste Schritte aufgezeigt und Einschätzungen zu Zielkorridoren zentraler Kenngrößen formuliert, die zum Erreichen des Klimaziels notwendig sind. Die vertiefende Bearbeitung der aufgezeigten Handlungsfelder durch die spezialisierten Arbeitsgruppen der NPM ist unerlässlich, um etwaige Wissenslücken zu Technologien und geeigneten Rahmenbedingungen zügig zu schließen und die Umsetzung konkreter Maßnahmen und Instrumente schnell voranzutreiben. Die weiteren Kapitel des vorliegenden Fortschrittsberichts enthalten bereits erste konkretisierende Empfehlungen zu den von der AG 1 adressierten Handlungsfelder.



Handlungsfeld 1: Antriebswechsel von Pkw und Lkw

Um den Benzin- oder Diesel-betriebenen Verbrennungsmotor zu ersetzen, stehen eine Reihe von alternativen Antriebstechnologien zur Verfügung, um CO₂-Einsparungen zu erreichen. Die Vorteilhaftigkeit der verschiedenen Technologieoptionen hängt vom jeweiligen Einsatzzweck und **Verkehrsträger** ab. So bietet der Elektromotor aufgrund der hohen Effizienz große Minderungspotenziale bei Pkw, Lkw und Bussen. Bei Pkw kann der Elektromotor in rein batterieelektrischen Fahrzeugen (**BEV**), **Plug-In-Hybridfahrzeugen** (PHEV) und **Brennstoffzellenfahrzeugen** (FCEV) zum Einsatz kommen. Für Lkw und Busse stehen ebenfalls mehrere Technologien zur Verfügung, wie Oberleitungs-, batterie- oder wasserstoffbetriebene, oder - für eine Übergangszeit - auch gasbetriebene Fahrzeuge^d. Die Diskussion des Einsatzes alternativer Kraftstoffe wird im Handlungsfeld 3 vorgenommen.

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) sind auf deutschen Straßen (Stand 1. Januar 2019)^e bisher lediglich 83.175 E-Pkw (BEV), 66.997 Plug-in-Hybrid-Pkw (PHEV), 395.592 Flüssiggas-Pkw (LPG-Pkw) und 80.776 **Erdgas**-Pkw (CNG-Pkw) zugelassen. Im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge und Lkw zeichnet sich ein ähnliches Bild: 14.994 Zulassungen für Flüssiggas (LPG) und 13.783 Zulassungen für Erdgas (CNG). Im Bereich E-Lkw mit einer maximalen Nutzlast von 11.999 kg gibt es einen Bestand von 17.598 Fahrzeugen.^{f, 10}

Ansatzpunkte für nächste Schritte

Die Arbeitsgruppe geht davon aus, dass diese Zahlen deutlich erhöht werden müssen, um die Klimaschutzziele zu erreichen.^g Um die Klimaziele für das Jahr 2030 zu verwirklichen, schätzt die AG 1 einen Anteil von 7 bis 10,5^{h, 11} Millionen E-Pkw als notwendig ein. Auch die Elektrifizierung im Nutzfahrzeugbereich muss vorangetrieben werden. Es bedarf einer massiven Elektrifizierung kleinerer Lkw und Busse und eines Wechsels auf weitere Antriebsarten in allen Fahrzeugsegmenten - wie Gas und Wasserstoff.

Um den Antriebswechsel voranzubringen und die Fahrzeugflotte sukzessive zu elektrifizieren, wird zum einen eine Erweiterung des Angebotes von treibhausgasarmen bzw. -freien Antrieben und zum anderen eine Degression der Kosten der eingesetzten Technologien benötigt. Denn die noch relativ hohen Kosten der Elektromobilität stellen trotz Umweltprämie eine Hürde für einen Markthochlauf da. Zentral für die Stimulierung der Marktnachfrage ist eine Verbesserung der Rahmenbedingungen - dazu gehört dringend der Ausbau der Tank- und Ladeinfrastruktur, um diese Fahrzeuge für verschiedene Nutzergruppen attraktiv zu machen (siehe hierzu Kapitel 5.2).

^d Hierzu gibt es innerhalb der AG-Mitglieder unterschiedliche Auffassungen. (Vgl. hierzu ausführlich NPM 2019 Zwischenbericht AG 1, S. 20, Fußnote 17).

^e Eine Differenzierung der unterschiedlichen Antriebsstränge erfolgt von Seiten des KBA nur einmal jährlich (Stichtag 1. Januar 2019). Deswegen geben die hier verwendeten Zahlen den Stand von Januar 2019 wieder. Die aktuellsten Zahlen vom Oktober 2019 werden nur aggregiert wiedergegeben (siehe auch Kapitel 3.5, Endnote 43): 212.574 BEV- und PHEV-Pkw gesamt; 31.789 gasbetriebene Nutzfahrzeuge gesamt (Vierteljährlicher Bestand Oktober 2019). Die Nutzfahrzeuge setzen sich in der KBA-Aufstellung aus Kraftomnibussen, Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen zusammen. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Vierteljahrlicher_Bestand/vierteljahrlicher_bestand_node.html.

^f Die Zahlen gehen auf die Berechnung des KBA zurück. Zu beachten ist: das KBA führt lediglich die Nutzlast auf. Das Eigengewicht des Nutzfahrzeugs wird nicht berücksichtigt. Stichtag der Erhebung: 1. Januar 2019 (Mit Berücksichtigung der Mitteilungen mit Eingang bis 13. Januar 2019).

^g Genauere Zielkorridore finden sich im NPM Zwischenbericht 05/2019 der AG 1.

^h Die Empfehlung der AG 1 ist in das Klimaschutzprogramm 2030 eingeflossen, daraus leitet die Bundesregierung einen Korridor von 7 bis 10 Millionen Elektrofahrzeugen ab (siehe Klimaschutzprogramm 2030, S. 76).



Handlungsfeld 2: Effizienzsteigerung Pkw und Lkw

Neben der Effizienzsteigerung des Antriebs gilt es auch, die gesamte Fahrzeugarchitektur in den Blick zu nehmen und die Effizienzpotenziale durch einen sparsameren Betrieb und eine Optimierung der verkehrlichen Rahmenbedingungen zu heben. Die AG 1 schätzt in diesem Handlungsfeld ein Potenzial von bis zu 30 % gegenüber 2015¹². Die Steigerung sowohl der **Fahrzeugeffizienz** als auch der **Systemeffizienz** verspricht signifikante CO₂-Einsparungen. Dabei kommt der Steigerung der Systemeffizienz eine besonders wichtige Rolle zu, da mit diesen Maßnahmen auch der Fahrzeugbestand adressiert werden kann.

Ansatzpunkte für nächste Schritte

Eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes pro gefahrenen Kilometer - also die Steigerung der Fahrzeugeffizienz - kann zum Beispiel durch technische Maßnahmen am Neufahrzeug (wie durch Verbesserung der Aerodynamik) oder in der Nutzungsphase durch den Einsatz von Leichtlaufreifen und -ölen erreicht werden. Aber auch durch eine vorausschauende Fahrweise kann der Energieverbrauch und damit der CO₂-Ausstoß verringert werden. In der Vermeidung von Brems- und Beschleunigungsvorgängen liegt ein hohes Potenzial zur CO₂-Reduktion. Kontrovers diskutiert wird, ob auch durch die Einführung von generellen Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Autobahnen und Landstraßen die Effizienz sowie Verkehrssicherheit erhöht wird.

Um Potenziale im Bereich der Systemeffizienz zu realisieren, werden unter anderem verschiedene IT-gestützte infrastrukturelle Rahmenbedingungen als wichtiger Hebel gesehen, um die bestehende Straßeninfrastruktur besser zu nutzen. Maßnahmen können hier zum Beispiel intelligente Verkehrssteuerung und Vernetzung, dynamisches Baustellenmanagement, Verkehrsverflüssigung durch intelligentes Geschwindigkeitsmanagement, **Platooning**, **Car-to-Everything (C2X) Kommunikation**, die Förderung des Ausbaus einer flächendeckenden und leistungsfähigen Mobilfunkinfrastruktur (LTE, 5G) sowie der Aufbau von Datenplattformen sein.

Die Systemeffizienz kann durch Maßnahmen zur Förderung höherer Auslastung gesteigert werden: Bei Güterverkehren können zum Beispiel durch Frachtbörsen Beladungen erhöht und Leerfahrten vermieden werden. Auch durch Maßnahmen zur Verbesserung der Transporteffizienz wie etwa durch die anwendungsorientierte Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten von Lang-Lkw könnte die Effizienz des Systems weiter verbessert werden. Die Besetzungsgrade im Pkw-Verkehr liegen derzeit bei etwa 1,5 Personen pro Pkw. App-basierte Informations- und Buchungstools, Angebote zum **Ridepooling**, Maßnahmen der Arbeitgeber oder gesonderte Spuren für Fahrgemeinschaften bieten Ansatzpunkte und bedürfen einer vertiefenden Betrachtung zur genaueren Abschätzung der Potenziale und Operationalisierung (siehe hierzu auch Handlungsfeld 6).



Handlungsfeld 3: Alternative Kraftstoffe

Alternative Kraftstoffe aus regenerativer Erzeugung werden in **Biokraftstoffe** und **strombasierte Kraftstoffe** unterteilt. Als Biokraftstoffe werden flüssige und gasförmige Energieträger bezeichnet, die aus Biomasse hergestellt werden. 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. Der Vorteil alternativer Kraftstoffe besteht darin, dass kein Antriebswechsel oder der Aufbau neuer Tankinfrastrukturen notwendig ist und der gesamte verbrennungsmotorische Fahrzeugbestand adressiert werden könnte. So können auch nicht elektrifizierbare Verkehre klimafreundlicher gestaltet werden.

Ein Nachteil ist die vergleichsweise geringe Effizienz. Die Umwandlungsprozesse bis zum alternativen Kraftstoff sind mit Wirkungsgradverlusten verbunden, so dass im Vergleich zu E-Fahrzeugen, die den Strom direkt nutzen, deutlich mehr Energie aufgewendet werden muss. Bei der Ausweitung der Nachfrage nach alternativen Kraftstoffen gilt es, wichtige Punkte wie indirekte Landnutzungsänderungen (Tank- oder Teller-Diskussion) oder die industrielle Skalierung von Produktionsanlagen in den Blick zu nehmen. Bei strombasierten Energieträgern wird argumentiert, dass sie in relevanten Mengen nicht in Deutschland, sondern im Ausland hergestellt werden müssten.ⁱ Gründe hierfür 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 Erneuerbare-Energien (EE)-Erzeugungsbedingungen (höhere Sonneneinstrahlung, höheres Windangebot) deutlich günstiger ist als in Deutschland.

Ansatzpunkte für nächste Schritte

Alternative Kraftstoffe können dazu beitragen, die bis 2030 erforderlichen THG-Minderungen im Verkehrssektor zu erreichen. Welche Mengen an erneuerbaren Kraftstoffen im Jahr 2030 zur Verfügung gestellt werden können bzw. sollen, wird jedoch unterschiedlich beurteilt. So empfehlen einige Akteure, die Nutzung von Biokraftstoffen zu deckeln und eher auf andere Lösungsoptionen zu setzen, während andere einen hohen Ausbau und entsprechende Förderungen verlangen. Bei strombasierten Kraftstoffen gehen die Empfehlungen ähnlich auseinander – von einem minimalen Einsatz nur bei nicht elektrifizierbaren Verkehren bis hin zu einem breiten Einsatz in der gesamten Pkw-Flotte. Entsprechend der Einschätzung zum Potenzial alternativer Kraftstoffe gehen auch die Empfehlungen zur weiteren Erforschung beziehungsweise Förderung des Markthochlaufes stark auseinander^j (siehe hierzu Kapitel 5.2).

Voraussetzung für eine tatsächliche Klimawirkung sowie für die Akzeptanz in der Bevölkerung sind klare, vorab definierte Nachhaltigkeitskriterien für alle Arten von alternativen Kraftstoffen sowie deren Kontrolle und Einhaltung. Diese müssen sowohl für den nationalen als auch den globalen Raum gewährleisten, dass keine negativen ökologischen und sozialen Folgewirkungen bei der Herstellung hervorgerufen werden.¹³ Langfristig gesehen werden flüssige und gasförmige regenerative Energieträger bei nicht elektrifizierbaren Verkehrsträgern zum Einsatz kommen. Dazu gehören insbesondere der Luft- und Seeverkehr sowie der Schwerlastverkehr. Im Bereich des Pkw-Verkehrs gäbe es weitere Potenziale, die unter Nachhaltigkeitskriterien allerdings kontrovers gesehen werden.

ⁱ Vgl. z.B. Prognos/UMSICHT/DBFZ 2018 und dena 2018.

^j Zur ausführlichen Diskussion vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 1, S. 30ff.

Handlungsfeld 4: Stärkung Schienenpersonenverkehr, Bus, Rad, und Fussverkehr

Der öffentliche Personenverkehr, sowohl auf der Schiene als auch auf der Straße, kann viele Menschen bei geringen Emissionen pro Personenkilometer befördern. Der schienengebundene öffentliche Verkehr (ÖV) ist zu großen Teilen bereits elektrifiziert und kann unter Einsatz erneuerbaren Stroms sogar emissionsfrei betrieben werden. Busverkehre verursachen, wenn sie mit fossilen Kraftstoffen betrieben werden, weniger CO₂ pro Personenkilometer als die Fahrt im privaten Pkw. Darüber hinaus sind im Busverkehr Antriebswechsel im Gange (siehe Handlungsfeld 1). Fuß- und Radverkehr erzeugen gar keine Emissionen. Neben Emissionsminderungen haben die benannten Verkehrsmittel auch einen deutlich geringeren Flächenverbrauch als private Pkw. Insbesondere Rad- und Fußverkehr sind in urbanen Gebieten aber auch in Stadt-Regionalen Verbindungen ein flächeneffizientes Element zur Ermöglichung von Mobilität bei gleichzeitiger Minderung der Emissionen.

Um die CO₂-Emissionen im Verkehr zu reduzieren und um in wachsenden Städten flächeneffiziente Mobilitätsoptionen zu ermöglichen, bedarf es der Stärkung der benannten Mobilitätsformen. Der Verbund aus Schienenpersonenverkehr der Eisenbahn (SPV), öffentlichem Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) mit Bussen, U-, Straßen- und Stadtbahnen sowie von Rad und Fußverkehr^k ist in seiner Attraktivität zu stärken, um Fahrten mit dem privaten Pkw ersetzen zu können.

Ansatzpunkte für nächste Schritte

Zur Steigerung des Schienenverkehrs (SV) in Spitzenzeiten müssen die zur Verfügung stehenden Kapazitäten ausgeweitet werden. Die AG 1 sieht als oberen Zielkorridor für dieses Handlungsfeld 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, von 17 % bei Bus, U- und Straßenbahn und von 45 % beim Fuß- und Radverkehr gegenüber 2015.¹⁴

Für ambitionierten Klimaschutz müssen die Investitionsanstrengungen deutlich über den Bundesver-

kehrswegenplan (BVWP) hinausgehen und beschleunigt werden. Infrastrukturelle Aus- und Neubaumaßnahmen ebenso wie die Umsetzung des Deutschlandtakts und die technische Aufrüstung auf das **Europäische Zug-Kontroll-System** (ETCS) gilt es, schnell umzusetzen. Auch ist eine Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsverfahren notwendig. Um das Bahnfahren attraktiver zu machen, sind Kostenentlastungen für den Schienenverkehr ebenso erforderlich wie auch eine nicht zuletzt dadurch mögliche verbesserte Produktqualität, beispielsweise die Ausstattung mit WLAN. Auch die Möglichkeit, mit digitalen Endgeräten intermodale Routen planen zu können und online Tickets zu kaufen, muss ausgebaut werden. Außerdem müssen mehr Angebote in Räumen mit schwacher Nachfrage und in Randzeiten geschaffen werden. Über eine Echtzeitvernetzung zu den Kunden wird zusätzlich Verlässlichkeit und Attraktivität erreicht.

Auch Rad- und Fußverkehr benötigen ausgebaute Infrastrukturen, wobei sowohl Verkehrssicherheit als auch Attraktivität der Routen im Vordergrund stehen müssen. In Innenstädten muss Aufenthaltsqualität geschaffen werden, die zum Zufußgehen anregt. Für Radverkehr braucht es Abstellmöglichkeiten, Radwegenetze in ausreichender Breite und Sicherheit sowie Beschilderungen. Auch der Ausbau von Sharing-Angeboten sowie die Schaffung intermodaler Stationen sollte forciert werden. Ebenso braucht es Rechtsanpassungen von Straßenverkehrsgesetz, Straßenverkehrsordnung (StVO) und Bauordnungen.

Insgesamt müssen emissionsfreie Verkehrsträger bei der Aufteilung der Verkehrsflächen stärker berücksichtigt werden. So entstehen nicht nur emissionsarme sondern auch lebenswerte Städte. Eine weitere Rolle spielt die Ausrichtung der Stadt- und Regionalplanung an Rad- und Fußverkehr, um die täglichen Wege zu verkürzen und die Durchmischung der Nutzungen zu erreichen und attraktive Alternativen zum privaten Pkw zu ermöglichen.

Die geschaffenen Kapazitäten und attraktiven Angebote aus ÖV, Rad- und Fußverkehr werden dann voll ausgeschöpft, wenn sie durch preisliche Anreize unterstützt werden. Dazu können beispielsweise auch Parkraummanagement und innerstädtische **City-Maut-Systeme** beitragen.

^k Zu weiteren Dekarbonisierungswirkungen und positiven Begleiteffekten im öffentlichen Personenverkehr Vgl. NPM 2019, S. 36ff.



Handlungsfeld 5: Stärkung Schienengüterverkehr, Binnenschifffahrt

Der Straßengüterverkehr (SGV) ist für einen großen Teil der verkehrsbedingten Emissionen verantwortlich. Auf den Verkehrsträgern Schiene und Wasserstraße können Güter mit geringeren Emissionen pro Tonnenkilometer als auf der Straße transportiert werden. Eine Verlagerung von Güterverkehren kann somit direkt zur Reduktion von Emissionen beitragen. Beim weitgehend elektrisch betriebenen SGV kommt der bereits heute hohe Einsatz erneuerbarer Energieträger hinzu. Schiene und Wasserstraße sind jedoch derzeit nicht von überall erreichbar, der Zugang nicht gegeben und die Nutzung daher eingeschränkt. Um mehr Verlagerung von Transporten auf den SGV sowie auf die Binnenschifffahrt zu ermöglichen, gilt es, Zugang, Kapazitäten und Attraktivität zu adressieren.¹

Ansatzpunkte für nächste Schritte

Im SGV bedarf es einer Ausweitung der Infrastruktur-, Fahrzeug und Personalkapazitäten, analog zum SPV (siehe Handlungsfeld 4). Die Potenziale der THG-Minderung im Bereich des SGV werden nach der AG 1 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.¹⁵

Konkrete Instrumente wurden am Runden Tisch Schienengüterverkehr umfassend entwickelt und werden aktuell im Zukunftsbündnis Schiene ergänzt und vorangetrieben. Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung sind unter anderem die Engpassbeseitigung, der Ausbau wichtiger Knoten, die Herstellung von Zweigleisigkeit, der Ausbau des Netzes für längere Züge sowie optimierte Betriebskonzepte zur besseren Ausnutzung des Schienennetzes. Dazu muss der Investitionshochlauf Schieneninfrastruktur durch konsequente Umset-

zung des BVWP, Fertigstellung laufender Infrastrukturmaßnahmen und zusätzlicher Maßnahmen für den Deutschlandtakt umgesetzt werden. Zur Realisierung des Wachstumspotenzials bedarf es einer Ausweitung des finanzpolitischen Engagements für Investitionen in die Schieneninfrastruktur.

Aufgrund der Vorlaufzeiten für Planung, Rechtsverfahren, Aufbau von Baukapazitäten und Realisierung muss der Anstieg kurzfristig verankert werden.

Auch der Zugang zum System Eisenbahn muss verbessert werden, zum Beispiel durch Stärkung der Flächenbedienung des Einzelwagenverkehrs, neue Gleisanschlüsse, multimodale Umschlaganlagen und Rollout von ETCS. Weiterhin bedarf es der Schaffung neuer Angebote im kombinierten Verkehr, welcher über neue Zugangspunkte und Transportkonzepte gesteigert werden kann. Auch die stärkere Einbindung in intermodale Transportketten durch Gewährleistung der Kranbarkeit von Sattelaufliegern sowie durch Anreize für KV-fähige Trailer ist notwendig. Zusätzlich zur Fortsetzung der Förderung der Trassenpreise könnte der SGV zum Beispiel der Förderung des KV und der Flächenbedienung sowie eine Reduzierung der Steuer- und Abgabenlast des Bahnstroms wettbewerbsfähiger werden.

Für die Stärkung der Binnenschifffahrt bedarf es einer geeigneten Förderkulisse des Bundes und der schnellen Fertigstellung des Masterplans Binnenschifffahrt mit konkret formulierten Handlungsempfehlungen sowie einer zügigen Umsetzung der definierten Maßnahmen. Auch Investitionen in die Sicherung der Leistungsfähigkeit des Systems Wasserstraße unter Beachtung ökologischer Restriktionen sowie eine deutlich ausgeweitete Förderkulisse zur Modernisierung und Emissionsreduzierung der Flotte werden benötigt. Die bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Landstromanlagen in den Häfen und an den Liegestellen muss sichergestellt werden.

¹ Hinsichtlich des Bereichs der urbanen Logistik und des städtischen Güterverkehrs vgl. NPM 2019, S. 41ff.



Handlungsfeld 6: Digitalisierung

Digitalisierung im Verkehr bietet die Chance, das Verkehrssystem verkehrsträgerübergreifend effizienter und komfortabler zu gestalten (siehe hierzu auch Kapitel 5.3). Digitalisierung ist allerdings nicht nur als technischer Fortschritt zu verstehen, sondern auch als politische Gestaltungsaufgabe, da sie auch mit Sekundäreffekten verbunden sein kann, die bei ungünstigen Rahmensetzungen zu mehr Verkehr führen.

Digitalisierung kann sich positiv auf die Effizienz des gesamten Verkehrssystems auswirken. Im Straßenverkehr kann **Automatisierung** und Vernetzung der Fahrzeuge zu einer effizienteren Fahrweise führen. Die Optimierung von Routen minimiert den Parkplatzsuchverkehr, und digitale Verkehrssteuerung reduziert Brems- und Anfahrvorgänge. Im Schienenverkehr kann die Kapazität der Infrastruktur gesteigert und die Auslastung der Fahrzeuge und Gefäße verbessert werden. Auch hier kann eine effizientere Fahrweise erreicht werden.

Neben der Steigerung der Systemeffizienz kann Digitalisierung, wenn optimal gesteuert, auch zur Vermeidung von Verkehr beitragen. Dies kann zum Beispiel über neue Mobilitätsdienstleistungen und nahtlose Reiseketten der Fall sein. Ebenso spielen digitale Angebote wie Online-Konsultationen beim Facharzt eine Rolle.

Bereits heute sind eine Reihe Testfelder und Pilotprojekte in Betrieb, jedoch sind die digitalen Mobilitätsangebote noch nicht flächendeckend verfügbar. Hinzu kommen unsichere rechtlich-regulatorische Rahmenbedingungen und fehlende Geschäftsmodelle speziell im ländlichen Raum. Aus diesen Gründen kann nicht auf empirische Daten zur Abschätzung der Maximalpotenziale digitaler Mobilitätskonzepte zurückgegriffen werden und es bestehen Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen Emissionswirkung.

Ansatzpunkte für nächste Schritte

Als übergreifende Voraussetzung der Digitalisierung des Verkehrssystems gilt der Ausbau der digitalen Infrastruktur. Der Ausbau des 5G-Netzes in wichtigen Gebieten wie Eisenbahnstrecken, Bahnhöfen und Industriegebieten spielt eine zentrale Rolle. Im Schienenverkehr gilt es, Fahrzeuge und Infrastruktur mit den technischen Voraussetzungen für ETCS auszustatten. So kann die Kapazität des Netzes erhöht und das Fahren energieeffizient gestaltet werden. Auch in digitale Stellwerke auf der Schiene sollte investiert werden.

Für Mobilitätsdienstleistungen und neue Mobilitätskonzepte im Straßenverkehr sind geeignete politische Rahmenbedingungen erforderlich, um diese Angebote in klimafreundliche, multimodale Transportketten einzubinden.

Im Bereich des Straßenverkehrs kann eine gesamtheitliche Lösung für smartes Parken mittels Sensoren im/am Parkplatz sowie Apps für Kundinnen und Kunden und Ordnungsämter zur Reduktion von Parksuchverkehren beitragen. Eine intelligente Verkehrssteuerung kann sowohl den Verkehrsfluss als auch den Zugang zu Stadtzentren steuern und so stockende Verkehre vermeiden. Dafür braucht es Rahmensetzungen und Investitionen, aber auch den Austausch zu Best Practices.

Geeignete Rahmenbedingungen sind auch für innovative digitale Anwendungen nötig, die zur Vermeidung von Verkehren beitragen, ohne Mobilität einzuschränken. Dazu gehört beispielsweise Homeoffice, **Smart Health** oder die Digitalisierung von öffentlichen Service-Leistungen. Dadurch können Fahrten vermieden werden.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die AG 1 hat mit ihrer Arbeit deutlich gemacht, dass die Klimaziele im Verkehr im Grundsatz erreichbar sind, und mit ihren Empfehlungen an die Politik gezeigt, wie dieser Weg beschritten werden kann. Der im Zwischenbericht 03/2019 dargestellte Diskussionsstand hat bereits viele relevante Aspekte benannt und dargelegt, wie groß die Spannbreite der Lösungsansätze sowie die Vielfalt der zu berücksichtigenden Perspektiven sind.

Das Klimaziel im Verkehr kann nur mit einem ausgewogenen Gesamtkonzept erreicht werden, da zwischen den verschiedenen Instrumenten vielschichtige Wechselwirkungen bestehen. Es gilt, schnell zu handeln und ambitioniert vorzugehen. Mobilität muss auch weiterhin für alle bezahlbar bleiben. Grundlage der Entscheidung für Instrumente sowie Maßnahmen und der damit einhergehenden Kostenträgerschaft muss eine notwendige Abwägung zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Faktoren sein. In diesem Jahr wurden von der Bundesregierung bereits viele Maßnahmen auf den Weg gebracht.

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. Nach der Bestandsaufnahme und Ermittlung von Handlungsfeldern und Bedarfen stehen jetzt in der auf mehrere Phasen ausgerichteten NPM konkrete Empfehlungen zur operativen Umsetzung und zum Hochlauf der benötigten Technologien, Infrastrukturen und intermodalen Lösungen an. Auch Hürden und Risiken für die technologischen Pfade müssen beleuchtet werden. 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. Die AG 1 wird im kommenden Jahr verstärkt die Verzahnung mit den anderen AGs suchen und an einer gemeinsamen Roadmap arbeiten.



5.2 | Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität

Alternative Antriebs- und Kraftstofftechnologien als Grundlage einer CO₂-reduzierten Mobilität

Die AG 2 betrachtet verkehrsträgerübergreifend und technologieoffen alternative Antriebe und Kraftstoffe hinsichtlich ihres Beitrages für eine nachhaltige Mobilität. Ihr Fokus liegt dabei auf technologischen Elektromobilitätskonzepten, Wasserstoff und Brennstoffzellen sowie alternativen Kraftstoffen für den Verbrennungsmotor. Diese neuen Antriebstechnologien und Kraftstoffe spielen eine zentrale Rolle für das Erreichen der Klimaziele der Bundesregierung.

Die verschiedenen zur Verfügung stehenden Antriebs- und Kraftstoffoptionen sind unterschiedlich weit entwickelt. Sie unterscheiden sich jedoch nicht nur hinsichtlich ihrer Technologie- und Marktreife, sondern auch in Bezug auf die konkreten Einsatzmöglichkeiten. Die technologieoffene Kombination technologischer Elektromobilitätskonzepte, Wasserstoff und Brennstoffzellen und **alternativer Kraftstoffe** für den Verbrennungsmotor liefern schließlich das Potenzial zur wirksamen Emissionsreduzierung im Mobilitätssektor.

Für den Einsatz neuer Antriebe und Kraftstoffe braucht es zuerst eine Faktenklärung. Dazu betrachtet die AG 2 technologieoffen alle **Verkehrsträger** (d.h. Straße, Schiene, Schiff- und Luftfahrt). Der motorisierte Straßenverkehr spielt aufgrund seines hohen Anteils an den verursachten CO₂-Emissionen eine prägende Rolle in der Betrachtung. Die anderen Verkehrsträger werden jedoch nicht außer Acht gelassen.

Für die Erarbeitung langfristiger Lösungen ist nicht nur der verkehrsträgerübergreifende Blickwinkel entscheidend. Es braucht auch die Bestimmung ausgewogener Kategorien, um einen Vergleich der beschriebenen

Technologieoptionen zu ermöglichen. Mögliche Kategorien sind Reichweiten, Einsatz- und Recyclingpotenziale sowie verschiedene Auswirkungen der Technologien, auch Externalitäten genannt. Dadurch werden die möglichen Einsparungen messbar und es können Empfehlungen zum Einsatz der Technologien abgeleitet werden.

Die AG 2 analysiert alternative Antriebe und Kraftstoffe aus verschiedenen Blickwinkeln. Es stellt sich demnach die Frage, welche Antriebs- und Kraftstoffarten in welchem Verkehrsbereich sinnvoll zur CO₂-Reduktion eingesetzt werden können. Dabei ist wichtig, ob die Technologie überhaupt ausreichend verfügbar ist und ob die Nutzerinnen und Nutzer die Technologien akzeptieren.

Damit ist die AG 2 mit einer herausfordernden Ausgangslage konfrontiert. Auf der einen Seite befindet sich der Verkehrssektor vor gravierenden Klimaherausforderungen, die durch die Antriebs- und Kraftstofftransformation gelöst werden können. Auf der anderen Seite bewirkt die Umstellung auf Elektromobilität, Wasserstoff und Brennstoffzellen sowie strom- und biomassebasierte alternative Kraftstoffe eine Veränderung alltäglicher Nutzungsgewohnheiten.

Die AG 2 stellt sich dieser Ausgangslage mit einer dreifachen Zielsetzung. Zunächst werden in einem Kurzbericht systematisch alle Fakten zu den vorhandenen Technologien und ihrer Potenziale aufbereitet. Anschließend werden diese mit den entsprechenden Rahmenbedingungen bewertet. Schließlich werden die Auswirkungen auf die Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft dargestellt. Darauf aufbauend werden dann Empfehlungen zum Einsatz von Elektromobilität, Brennstoffzellen und alternativen Kraftstoffen abgegeben. Im Vordergrund steht dabei, welche Technologie die beste Möglichkeit hat, Klimaschutz mit der Sicherung von Mobilität und des Technologiestandortes Deutschland in Einklang zu bringen.

AG 2 Kurzbericht 11/2019

Elektromobilität. Brennstoffzelle. Alternative Kraftstoffe – Einsatzmöglichkeiten aus technologischer Sicht

Die AG 2 zeigt in ihrem [Kurzbericht](#) technologische Optionen hinsichtlich des aktuellen und zukünftig erwartbaren Entwicklungsstands unter optimalen Voraussetzungen



Darstellung der bisherigen Ergebnisse

Die AG hat eine umfassende Faktenlage zu den Antriebs- und Kraftstofftechnologien und ihren Rahmenbedingungen entlang der drei zentralen Technologieoptionen ausgearbeitet:

- **Option 1: Technologische Elektromobilitätskonzepte**
- **Option 2: Wasserstoff und Brennstoffzelle**
- **Option 3: Alternative Kraftstoffe für den Verbrennungsmotor**

Die Optionen werden zunächst getrennt voneinander betrachtet, um die optimalen technologischen Machbarkeiten ermitteln zu können. Hinzu kommt auch eine Betrachtung im Kontext zueinander, um Rahmenbedingungen und Interaktionen zu bewerten und schließlich Technologieempfehlungen ableiten zu können.

Technologische Elektromobilitätskonzepte

Die AG 2 geht davon aus, dass 2030 in Deutschland ca. 7 bis 10 Millionen **batterieelektrische (BEV)** und **hybride Elektrofahrzeuge (PHEV)** im Bestand sein werden. Die Reichweiten unterscheiden sich je nach Fahrzeugsegment: Bei Pkw besteht eine Bandbreite von bis zu 300 km im Kleinwagensegment und über 500 km bei Oberklasse-Pkw. Derzeit befinden sich circa 60 Modelle auf dem Markt. Die Ankündigungen der Automobilhersteller zu zahlreichen Modell-Entwicklungen lassen einen deutlichen Anstieg dieser Zahl erwarten, sodass bis 2025 von über 300 batterieelektrischen und Hybrid-Modellen ausgegangen werden kann.^m Verbraucher werden daher für fast jeden Anwendungsfall ein Fahrzeug mit (teil-)elektrischem Antrieb auf der Straße zur Verfügung haben.¹⁶

Leichte und mittlere Nutzfahrzeuge können eine Reichweite zwischen 100 und 250 km erzielen. Erste Prototypen für batterieelektrische schwere Nutzfahrzeuge erreichen vergleichsweise geringe Reichweiten. Allerdings wird aktuell die Elektrifizierung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) und von Lieferketten mit leichten Nutzfahrzeugen stetig vorangetrieben.^{17, 18} Im Straßengüterfernverkehr werden erste Teststrecken für Oberleitungs-Lkw aufgebaut. Diese sind mit einer zusätzlichen Batterie verbaut und können Verbindungsstrecken zwischen der Autobahn und beispielsweise einem Depot überbrücken. Darüber hinaus existieren ebenfalls Prototypen für schwere Nutzfahrzeuge bis 40 Tonnen als **Hybrid-** oder vollelektrisches Fahrzeug mit einer festen Routenplanung.¹⁹

Eine größere Traktionsbatterie bedeutet jedoch nicht unbedingt eine größere Reichweite. Der fahrzeugspezifische Energieverbrauch wird vom Fahrzeuggewicht, dem Luft- und Rollwiderstand sowie der Effizienz des Antriebes beeinflusst. Dies gilt allerdings für alle Antriebsarten.

Hinsichtlich der Ladeinfrastruktur hat die AG 2 eng mit AG 5 zusammengearbeitet und die in Abbildung 7 benannten Ladezeiten in Abhängigkeit der **Ladeleistungen** beschrieben.

Ladeleistung (50 kWh-Batterie)	Mittlere Ladedauer
AC / 3,7 kW	14 bis 15 Stunden
AC / DC 11 bis 22 kW	2,5 bis 5 Stunden
DC 50 kW	ca. 1,5 Stunden
DC 150 kW	ca. 30 Minuten
DC 350 kW	ca. 10 bis 20 Minuten

Abbildung 7: Ladezeiten von 10 bis 90 % der Kapazität in Abhängigkeit von der Ladeleistung (eigene Darstellung)

Darüber hinaus wird neben der Ladeleistung und -dauer ein dichtes Netz an öffentlicher und nicht-öffentlicher Ladeinfrastruktur benötigt.

Momentan werden pro Elektrofahrzeug circa 1,1 nicht-öffentliche **AC-Ladepunkte** errichtet. Dies liegt daran, dass einige Unternehmen und Arbeitgeber mit batterieelektrischen Dienstfahrzeugen eigene Ladepunkte auf dem Werksgelände errichten. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, zu Hause zu laden, wobei das Verhältnis perspektivisch in Richtung 1:1 gehen wird, da unter anderem die Zahl der zugelassenen Elektrofahrzeuge zunehmen wird. Der Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur wird weiterhin staatlich gefördert, um den aktuellen Stand von 21.299 Ladepunkten (Stand: November 2019) zügig auszubauen. Bislang sind nur 12 % der bestehenden Ladepunkte

^m Die genannten Reichweiten sind als maximale Reichweiten zu verstehen und können ggf. durch erhöhte Nutzung der Heizung im Winter etc. reduziert werden.

DC-Schnelllader. Besonders an Hauptverkehrsachsen und in Ballungsgebieten sollte deren Zahl erhöht werden.²⁰

Neben der Ladeinfrastruktur ist vor allem die Batterie ein wichtiger Bestandteil der Elektromobilität. Der Umgang mit Batterien hat wiederum großen Einfluss auf die gesamte Nachhaltigkeitsbewertung von Elektrofahrzeugen. So sind gealterte Fahrzeugbatterien ab einem **State-of-Health (SOH)** von 70 % nicht mehr ausreichend leistungsfähig und können in **Second-Use-Anwendungen** weiterverwertet werden. Können diese Batterien nicht für eine weitere Nutzung herangezogen werden, lassen sich derzeit 70 bis 80 % der Wertstoffe potenziell recyceln. Diese Quote kann perspektivisch auf 90 % gesteigert werden, sodass die Bestandteile

der Batterie wieder in die Kreislaufwirtschaft zurückfließen und dadurch die Gesamt-Emissionsbilanz von Elektromobilität weiter verbessert wird.²¹

Für die Schifffahrt bestehen Planungen für die Nutzung von Landstrom in Häfen; für (Binnen-)Fähren existieren elektrifizierte Prototypen²². Auch bei Flugzeugen gibt es erste hybrid-elektrische Modelle, die in Demonstrationsprojekten getestet werden. Perspektivisch können, basierend auf einer Kopplung von Batterien mit Gasturbinen oder Brennstoffzellen, Reichweiten von bis zu 1.000 km bei Kleinflugzeugen erreicht werden. Im Schienenverkehr existieren Prototypen für batteriebetriebene Triebzüge und Diesel-Hybrid-Rangierlokomotiven. Im Schienenverkehr sind allerdings bereits 60 % des Schienennetzes elektrifiziert.^{23, 24, 25}

Wasserstoff und Brennstoffzelle

Wasserstoff hat verschiedene Anwendungen und kann entweder direkt in der Brennstoffzelle genutzt werden oder als Basis für **synthetische Kraftstoffe** dienen. Der aktuelle Entwicklungsstand ist bei den einzelnen Brennstoffzellen-Fahrzeugen sehr unterschiedlich und reicht von ersten Erprobungen bis hin zu Serienfahrzeugen. Serienanwendungen finden sich heute vor allem im Mittel- bzw. Oberklassensegment bei Pkw. Für

Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) ergeben sich ähnliche Reichweiten wie bei Benziner- oder Diesel-Fahrzeugen. Auch der Tankvorgang dauert ähnlich lang. In Abbildung 8 sind die segmentspezifischen Reichweiten und der durchschnittliche Energieverbrauch zusammengefasst.

	PKW-Segmente NFZ-Klassen	Potenzielle Reichweite	Energie-Verbrauch
PKW	Kleinwagen	500 km	H ₂ -Verbrauch von ca. 0,75–1 kg H ₂ /100 km entspricht einem Energieverbrauch von 25–33 kWh.
	Kompaktklasse	500 km	
	Mittelklasse (inkl. Familien-Vans)	700 km	
	Oberklasse (inkl. SUV und Sportwagen)	600 km (2020), 1.000 km (2030)	
N1 UND N2	Szenario „Sprinter“ bis 3,5 t zGG (bis 16.000 km/a bzw. bis 120 km/d)	ca. 500 km (2019) ca. 1.000 (2030)	1,4–1,5 kg H ₂ /100 km
	Szenario 7,5 t zGG (ab 25.000 km/a bzw. bis 250 km/d)	Perspektivisch 1.000 km	ca. 2–3 kg H ₂ /100 km
N3	Jahres-/Tagesfahrleistung schwere Nutzfahrzeuge (ca. 100.000 km/a bzw. ca. 750 km/d)	1.000 km	ca. 8 kg H ₂ /100 km
M3	Jahres-/Tages-Fahrleistung ÖPNV-Busse: bis 90.000 km/a bzw. ca. 280 km/d	450–500 km (2019) bis ca. 1.000 km (2030)	ca. 8–12 kg H ₂ /100 km (je nach Buskonfiguration und Strecke)
	Jahres-/Tagesfahrleistung Fernbusse: ca. 180.000 km/a bzw. ca. 1.200 km/d	450–500 km (2019) bis ca. 1.000 km (2030)	ca. 8 kg H ₂ /100 km

Legende:**N1:** bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht (zGG)**N3:** über 12 t zGG (Fernverkehrs-Lkw)**N2:** 3,5–12 t zGG (Verteiler-Lkw)**M3:** ÖPNV-Busse und Fernverkehrsbusse**Abbildung 8:** Übersicht zu Anwendungsfeldern von Brennstoffzellen (BZ) in Pkw mit höheren jährlichen Laufleistungen und Nutzfahrzeugen (eigene Darstellung)

Im Schienenpersonennahverkehr können nicht elektrifizierte Strecken durch mit Wasserstoff betriebene Züge bedient werden. Diese haben in Vorserienprobungen eine Reichweite von 1.000 km bei einem Verbrauch von ca. 18–28 kg Wasserstoff/100 km erreicht.^{26, 27}

In der Luftfahrt können Brennstoffzellen vor allem für elektrische Antriebe in Kleinflugzeugen sowie für Nebenaggregate eingesetzt werden.²⁸ Erste Entwicklungsprojekte in der Schifffahrt staten Binnen- und Fährschiffe mit Brennstoffzellen aus und nutzen die Brennstoffzelle für die Bordstromversorgung.²⁹

Wasserstoff wurde für verkehrliche Anwendungen bislang überwiegend aus **Erdgas** oder chemischen Prozessen gewonnen. Perspektivisch wird auf die Herstellung von grünem Wasserstoff mit **Elektrolyse** aus erneuerbaren Energien und Biomasse gesetzt.

Hinsichtlich der Wiederverwendung der Stoffe einer Brennstoffzelle können heute bereits 98 % recycelt werden. Kritisch kann der Einsatz von Platin in der Brennstoffzelle sein, der ab 2020 allerdings nur noch bei 0,125 g/kW liegen wird.³⁰

Derzeit können ca. 77 Wasserstoff-Tankstellen gezählt werden, wobei sich weitere 26 im Aufbau befinden (Stand November 2019).³¹ Der Transport von Wasser-

stoff lässt sich bei einer zentralen Erzeugung entweder verflüssigt oder gasförmig (in Drucktanks) im Lkw oder in der Pipeline umsetzen.

Alternative Kraftstoffe für den Verbrennungsmotor

Alternative Kraftstoffe beschreibt solche Kraftstoffe, die nicht auf Rohölbasis hergestellt werden. **Compressed Natural Gas (CNG)**, **Liquefied Natural Gas (LNG)** sowie konventioneller Industriewasserstoff aus Erdgas oder chemischen Prozessen werden daher den alternativen Kraftstoffen zugerechnet. Technologieoptionen neuartiger alternativer Kraftstoffe können entlang biomassesebasierter und **strombasierter Kraftstoffe** identifiziert werden.

Aufsummiert könnte die realisierbare Menge alternativer Kraftstoffe in Deutschland unter optimistischen Annahmen des Zuwachses an biomasse- und strombasierten Kraftstoffen und des Einbezugs von Importen 21 % des Kraftstoffbedarfs im Jahr 2030 betragen.

Für **biomassebasierte Kraftstoffe** gibt die **Renewable Energy Directive II** von 2018 (RED II) den Ziel- und Regelungsrahmen vor und unterscheidet zwischen Biokraftstoffen der 1. Generation aus Anbaubiomasse und fortschrittlichen Kraftstoffen der 2. Generation aus unterschiedlichen Rohstoffen wie z. B. Abfall- und Reststoffe. Biomassebasierte Kraftstoffe der 1. Generation sind heute bereits in relevanten Mengen am Markt verfügbar.³² Biokraftstoffe der 2. Generation stehen nicht in Konkurrenz zu Futter- und Nahrungsmitteln und sind derzeit allerdings erst in Pilot- und Demonstrationsanlagen verfügbar.³³

Strombasierte Kraftstoffe (**PtX: Power to X**) wandeln mittels chemischer Verfahren elektrische Energie in flüssige oder gasförmige Kraftstoffe um. Dafür existieren zwei Hauptherstellungswege. Zum einen können über den **Fischer-Tropsch-Prozess** flüssige synthetische Kraftstoffe wie Benzin, Diesel oder Kerosin erzeugt werden. Diese Kraftstoffe stehen derzeit allerdings nur in geringen Mengen zur Verfügung, sodass zu deren Verbreitung Technologien für den Einsatz in Großanlagen weiterentwickelt werden müssen. Zum anderen kann über die **Methanol-Route** Methanol als Zwischenprodukt für flüssige oder gasförmige Kraftstoffe genutzt werden.³⁴

Alternative Kraftstoffe sind mit der bestehenden Tankinfrastruktur kompatibel und sind insbesondere für Schiff- und Luftfahrt langfristig unverzichtbar. Sie ermöglichen allerdings auch für konventionelle Pkw mit einem Verbrennungsmotor zusammen mit einer erhöhten **Fahrzeugeffizienz** und einer Hybridisierung der Fahrzeugflotte passende Lösungen zur Reduzierung der Emissionen im Verkehrssektor.

Ausblick und Schlussfolgerungen

Es konnten die technologischen Machbarkeiten sowie realistischen Einschätzungen zu technischen Potenzialen und Rahmenbedingungen von Elektromobilität, Wasserstoff und Brennstoffzellen sowie alternativen Kraftstoffen für den Verbrennungsmotor gegeben werden.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass Mobilität in Deutschland ein komplexes System mit unterschiedlichen Anforderungen und Bedürfnissen darstellt. Dabei wird der Wandel nicht linear auf eine Technologie zulaufen, sondern einen Mix an unterschiedlichen Maßnahmen und technologischen Lösungen bereithalten, um CO₂-Emissionen zu reduzieren und Mobilität zu sichern. Es sind unterschiedliche Kraftstoff- und Antriebsoptionen für verschiedene Anwendungen erforderlich. Diese sind von der Nutzungsintensität und Reichweitenanforderung sowie vom betrachteten Zeitraum möglicher Fahrzeugflotten-Erneuerung abhängig. Dabei können nicht alle Verkehrsträger auf der Antriebsseite elektrifiziert werden, dies gilt insbesondere bei Binnen- und Seeschiffen, Flugzeugen und teilweise dem schweren Straßengüterverkehr. Hier bieten die Brennstoffzellentechnologie und alternative Kraftstoffe passende Lösungsoptionen an.

Begleitet wird der Aufbau alternativer Antriebe und Kraftstoffe von Potenzialen zur Effizienzsteigerungen fahrzeugseitiger Antriebsstränge.

Auf diese Weise können alle Teilaspekte des Systems Mobilität, angefangen von der Produktion von Fahrzeugen und dem Erhalt von Arbeitsplätzen (siehe Kapitel 5.4) bis hin zur Verkopplung der Sektoren, insbesondere Energie (siehe Kapitel 5.5), nachhaltig und im Sinne einer sozialen und ökologisch sinnvollen Transformation integriert werden.

Diese technologieorientierten Potenziale und Rahmenbedingungen werden nun im weiteren Prozess hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Umwelt, die Gesellschaft und die Wirtschaft betrachtet. Die AG 2 kann dadurch ihrer ursprünglichen Zielsetzung einer umfassenden Technologiebetrachtung und der Analyse der Auswirkungen der Antriebs- und Kraftstofftransformation gerecht werden.

Daran anschließend wird sich die AG mit einer Technologie-Roadmap befassen, die zielgenau und anwendungsspezifische Technologieempfehlungen geben wird.



5.3 | Digitalisierung für den Mobilitätssektor

Die Potenziale der Digitalisierung für eine bessere Mobilität nutzen

Die Digitalisierung der Mobilität ist ein zentrales Zukunftsthema für Deutschland. Die AG 3 „Digitalisierung für den Mobilitätssektor“ der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität betrachtet die Themenfelder, in denen Digitalisierung die Voraussetzung bildet, um die Mobilität von morgen umwelt- und klimafreundlicher, effizienter, bequemer, gesünder und bezahlbarer zu gestalten. Dabei werden alle Verkehrsträger und -formen für den Personen- und Güterverkehr berücksichtigt und auf Basis der Anforderungen aus städtischen und ländlichen Räumen sowie unter demographischen Aspekten bewertet.

DIE ZIELE DER AG 3

- Steigerung der ökologischen Nachhaltigkeit durch Reduktion von Emissionen und Immissionen
- Erfüllung der individuellen Mobilitätsbedürfnisse durch die Schaffung von einfachen, schnellen und bezahlbaren Mobilitätskonzepten
- Anforderungen aus urbanen und ländlichen Räumen werden dabei ebenso berücksichtigt wie demografische Aspekte.
- Effizienzerhöhung durch nahtlose, komfortable und übergreifende Verkehrsströme
- Steigerung der Verkehrssicherheit
- Erarbeitung der notwendigen technologischen Voraussetzungen in den Bereichen Infrastruktur, Vernetzung und Befähigung von **Verkehrsträgern**

Die AG 3 formuliert basierend auf den Analysen und Ausarbeitungen von vier Fokusgruppen zum einen konkrete Handlungsempfehlungen zur Förderung der besonders wirkungsmächtigen Maßnahmen, um die AG-Ziele zu erreichen. Sie hat dazu bereits zwei Zwischenberichte zu den Themen „Digitalisierung für den Mobilitätssektor“ sowie „Handlungsempfehlungen zum autonomen Fahren“ vorgelegt.³⁵

Die Mitglieder der vier Fokusgruppen (FG) arbeiten an den Themenfeldern:

- | **Multimodale Mobilität (FG A)**
- | **Autonome Mobilität (FG B)**
- | **Befähiger für die Digitalisierung (Daten/Software/Künstliche Intelligenz, Vernetzung und Sicherheit (FG C)**
- | **Gesellschaftlicher Dialog (FG D)**



AG 3 Zwischenbericht 06/2019

Digitalisierung für den Verkehrssektor

In ihrem ersten Zwischenbericht beschreibt die AG 3 ihre Zielsetzung und Arbeitsschwerpunkte sowie Maßnahmen, die für eine erfolgreiche Digitalisierung der Mobilität in Deutschland ergriffen werden müssen.

Zum anderen wird auf Initiative der AG 3 ein Reallabor in Hamburg geplant, um verschiedene Bausteine und Pilotanwendungen eines digitalen Mobilitätssystems zu erproben. Das Reallabor ist ein konkreter Testraum für Innovation und Regulierung. Es soll helfen, wesentliche Bedarfe und Voraussetzungen für die Einführung von **intermodaler** und autonomer Mobilität zu ermitteln. Mit den darin umgesetzten Maßnahmen zielt es darauf ab, einen messbaren ökologischen sowie volkswirtschaftlichen Effekt in 2025 und 2030 zu erreichen.

Wichtige Themenfelder für die Digitalisierung der Mobilität

Die Ziele der AG 3 können vor allem über attraktive multi- und intermodale Mobilitätsangebote erreicht werden, die umwelt- und klimaschonendere Verkehrsmittel nutzerfreundlich integrieren. Das digitale Mobilitätssystem der Zukunft wird ergänzt durch **autonomes Fahren**. Digitalisierung und Vernetzung, vor allem der Mobilfunk- sowie Verkehrsinfrastruktur, sind dafür eine unerlässliche Voraussetzung. Durch sie können auch positive Effekte bei der Fahrzeugauslastung und eine intelligenter Verkehrssteuerung erzielt werden. In Städten mit hohem Verkehrsaufkommen können multimodale und autonome Mobilitätsangebote dazu beitragen, die Verkehrsträger besser zu vernetzen und Anreize zur Nutzung umweltschonender Alternativen zu schaffen. Im ländlichen Raum hingegen ist die Verfügbarkeit von Mobilität oftmals nur sehr eingeschränkt gegeben. Der bedarfsgerechte Einsatz von vernetzter und gegebenenfalls autonomer Mobilität kann die Verfügbarkeit von Mobilität erhöhen.

Eine wichtige Voraussetzung für multimodale und autonome Mobilitätsangebote ist ein diskriminierungsfreier Datenaustausch zwischen den Mobilitätsanbietern sowie eine flächendeckende Vernetzung. Der Datenaustausch, die Vernetzung und die Mobilitätsprodukte müssen darüber hinaus hohen Sicherheitsansprüchen mit Blick auf **Cybersecurity** sowie hohen Ansprüchen an die Verkehrs- und Betriebssicherheit genügen, damit diese langfristig von den Nutzern akzeptiert werden.

Die Digitalisierung der Mobilität bedeutet einen tiefgreifenden Transformationsprozess, der sich unmittelbar auf den Lebensalltag der Menschen auswirkt. Aus diesem Grund sollten von Anfang an Bürgerinnen und Bürger an der Gestaltung der digitalen Mobilitätszukunft beteiligt werden. Dieser Veränderungsprozess muss durch einen breiten gesellschaftlichen Dialog begleitet werden, um den Bedürfnissen der Nutzer bei der Umsetzung gerecht zu werden.

Darstellung der bisherigen Ergebnisse: Heute die Mobilität von Morgen gestalten

Die Fokusgruppen der AG 3 identifizieren die notwendigen Maßnahmen, um die Digitalisierung für den Mobilitätssektor zu fördern und die oben skizzierten Ziele einer digitalen, intermodalen Mobilität zu erreichen. Aufbauend auf den Ergebnissen und den Themenfeldern der Fokusgruppen formuliert die AG 3 konkrete Handlungsempfehlungen. Dabei werden die Verantwortlichkeiten klar adressiert und eine zeitnahe Umsetzung empfohlen.

Multi- und intermodale Mobilität vereinfachen

Im Themenschwerpunkt Multimodale Mobilität erarbeitet die AG 3 (FG A) das Zielbild eines multi- und intermodalen Mobilitätssystems der Zukunft. Nutzer haben darin die Möglichkeit, verschiedene Verkehrsmittel zu verwenden und vor allem auf einfache Weise zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln zu wechseln und diese zu kombinieren. Zentral ist die Vernetzung der verschiedenen Verkehrsmittel. Diese gibt den Nutzerinnen und Nutzern die Möglichkeit, öfter umwelt- und klimafreundliche Verkehrsmittel in ihre Route einzubeziehen.

Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn die Nutzer Transparenz über die Mobilitätsangebote erhalten. Deshalb empfiehlt die AG 3, verpflichtende Standards zum Datenaustausch national und in den Standardisierungsorganisationen wie DIN/ISO voranzutreiben, um eine Vernetzung von Mobilitätsangeboten und den diskriminierungsfreien Datenzugang sicherstellen zu können.

Weiterhin wird eine integrative Betrachtung von Personen- und Güterverkehren empfohlen sowie der optimale Einsatz bisher ungenutzter Ressourcen, bspw. Lösungen für die „letzte Meile“, die Nutzung von U-Bahnen für den Gütertransport und die Ermöglichung einer Umwidmung von Flächen.

AG 3 Zwischenbericht 12/2019

Handlungsempfehlungen zum autonomen Fahren

In ihrem zweiten Zwischenbericht erläutert die AG 3 die wesentlichen Voraussetzungen und Bedarfe zur Einführung autonomer Mobilität.



Autonome Mobilität vorantreiben

Autonome Mobilität, vor allem automatisiertes vernetztes Fahren im Straßenverkehr, ist ein wesentlicher Bestandteil eines multi- und intermodalen Mobilitätssystems der Zukunft, weil es Vernetzungsdefizite zwischen den Verkehrsträgern und Verkehrsmitteln beheben wird und nachfragearme Räume besser mit Mobilitätsdienstleistungen abdecken kann. In den Bereichen aller Verkehrsträger ist es erklärtes Ziel, autonome Mobilität voranzubringen. Mit Blick auf den Straßenverkehr kann die Einführung von automatisierten vernetzten Fahrzeugen im Serienprozess dabei nur in einem von der Politik vorgegebenen, regulatorischen Rahmen erfolgen. Die Regulierungen beziehen sich auf das Inverkehrbringen ebenso wie auf den Betrieb. Es sind sowohl klare Regelungen für das Inverkehrbringen (Typgenehmigung) als auch den Betrieb (Einhaltung von Verkehrsregeln) notwendig.

Typgenehmigung

Vor dem Inverkehrbringen muss die Typgenehmigung der Fahrzeuge inklusive der Funktionen für das fahrerlose Fahren erfolgen. Diese Typgenehmigung des Fahrzeugs basiert auf EU-Recht, das sich wiederum auf den Zulassungsregulierungen der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) abstützt. Hinsichtlich der **Automatisierungsfunktionen** der **Stufen 3, 4 bzw. 5** gibt es derzeit keine gültigen Regulierungen. Auf UN-Ebene sind die Vorschriften für Stufe 2 weit fortgeschritten und für Stufe 3 und 4 in Arbeit. Für Stufe 3 soll ein Regelungsentwurf in 2020 verabschiedet werden.

Der europäische Rechtsrahmen sieht daneben die Möglichkeit vor, Innovationen über einen Ausnahmeprozess zu regeln. Um die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu erhalten, muss dieser Prozess jedoch beschleunigt werden.

Derzeit existiert kein definierter Absicherungsprozess im Rahmen des Ausnahmeprozesses. Bis ein einheitlicher Zulassungsprozess in der EU umgesetzt und in der Anwendung erprobt ist, sind nationale Regelungen für die Erteilung einer Betriebserlaubnis besonderer Art zu entwickeln und zu erlassen. Diese sind möglichst unabhängig von der europäischen Ausnahmegenehmigung zu gestalten. Die Erteilung nationaler Ausnahmegenehmigungen bzw. die Erteilung von nationalen Genehmigungen kann nur einen ersten Zwischenschritt darstellen. Ziel muss es sein, international harmonisierte Rahmenvorgaben auf UNECE-Ebene (sog. horizontale Regelungen) zu schaffen. Durch den deutschen Vorsitz der ACSF-Gruppe der UNECE sollte die Chance genutzt werden, wesentliche Impulse zur globalen Harmonisierung zu setzen.

Darüber hinaus ist es notwendig, Fahrzeuge, die bereits über die geeignete Technik verfügen, im Laufe ihres Lebenszyklus durch Software-Updates in ihren Funktionen zu erweitern. Dazu müssen die geeigneten Regelungen geschaffen werden, damit Fahrzeuge im Feld trotz Anpassung und Verbesserung der typgenehmigungsrelevanten Funktionen nicht die Zulassung verlieren. Dies ermöglicht in Folge eine schnelle Einführung sichererer Funktionen des automatisierten Fahrens und eine schrittweise Erweiterung mit entsprechend schneller Verbreitung.

Betrieb autonomer Fahrzeuge

Darüber hinaus besteht für die Umsetzung von Fahrzeugen mit L4 und L5 Funktionalität – unabhängig von der Existenz (europäischer/internationaler) technischer Vorgaben für die Typgenehmigung und periodische technische Fahrzeugüberwachung – weiterer Prüfungs- und Regelungsbedarf im nationalen Straßenverkehrsrecht (z.B. Verhaltensrecht, Genehmigungs- und Zulassungsprozess, Haftungsrecht). Dies ist notwendig, da statt des Fahrers die Fahrstrategie und das Verhalten im Verkehr durch die Algorithmen eines technischen Systems vorgegeben werden. Das Straßenverkehrsgesetz (StVG) stellt mit seiner Änderung im Jahr 2017 den Rechtsrahmen für die Nutzung automatisierter Fahrfunktionen im öffentlichen Straßenverkehr dar. Lediglich das autonome Fahren wird vom StVG (§1a) nicht erfasst. Der Einsatz autonomer, fahrerloser Fahrzeuge – entsprechend der vorgesehenen Szenarien – ist damit im öffentlichen Straßenverkehr regulär nicht zulässig. Ein Betrieb auf Grundlage von Ausnahmegenehmigungen bleibt davon unberührt. Gemäß dem Auftrag aus dem Koalitionsvertrag arbeitet das BMVI derzeit an rechtlichen Regelungen für den Einsatz autonomer Fahrzeuge in geeigneten Anwendungsfällen.

Autonome Flotten ermöglichen: Personenbeförderungsgesetz reformieren

In Bezug auf die Versorgung der Bevölkerung mit einem öffentlichen Mobilitätsangebot (Daseinsvorsorge) ist es in der Fläche naturgemäß schwierig, ein ausreichendes ÖPNV-Angebot organisatorisch, planerisch und finanziell sicherzustellen. Die Nachfrage lässt sich häufig nur auf bestimmten Hauptachsen zu Linienverkehren bündeln. Die Bedienung der „**Achsenzwischenräume**“ und die Organisation von Zu- und Abbringerverkehren zu den Schnittstellen des Linienverkehrs erfolgt vermehrt durch **flexible Bedienformen**.

Mit autonomer Mobilität verbinden sich insofern gerade für die Fläche und den ländlichen Raum, aber auch für Stadtrandlagen, große Erwartungen an die Sicherung eines guten Mobilitätsangebots. Insbesondere flexible Bedienformen, zum Beispiel durch autonom fahrende Anrufsammeltaxis oder Shuttles im ÖPNV oder private

Anbieter, bieten hier neue Lösungen. Mit autonomen Fahrzeugen ist auch jenseits der Hauptachsen und zu Randzeiten grundsätzlich eine Mobilitätsversorgung rund um die Uhr umsetzbar.

Das Personenbeförderungsgesetz soll laut Koalitionsvertrag in dieser Legislaturperiode modernisiert werden. Das Personenbeförderungsrecht sollte, soweit erforderlich, fortgeschrieben werden, um den technologischen Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung und Automatisierung Rechnung zu tragen. Die Digitalisierung ermöglicht es, Mobilitätsangebote in Echtzeit an der tatsächlichen Nachfrage zu orientieren. Das **Pooling** von mehreren Fahrgästen in einem Mobilitätsträger kann einen Beitrag zur Verringerung des Verkehrsaufkommens leisten. Gerade vernetzte automatisierte Systeme sind für solche Anwendungen besonders geeignet. Um dies zu ermöglichen, ist eine schrittweise Weiterentwicklung der Rechtsrahmen und Verordnungen für fahrerlose Personenbeförderung sowie digitaler Abwicklung der Services notwendig – wobei eine strenge Wahrung der sozial- und beschäftigungspolitischen Grundanforderungen beachtet werden muss. Individualisierte, bedarfsorientierte Mobilität ist in Ergänzung zum bislang klassisch liniengebundenen Mobilitätsangebot ein wichtiger Baustein der heutigen und zukünftigen Mobilität.

Befähiger für die Digitalisierung entwickeln

Die Einführung neuer Mobilitätskonzepte und ihre optimale Abstimmung aufeinander hängt maßgeblich von den Daten, der dazugehörigen Software sowie vom Einsatz künstlicher Intelligenz ab. Daten bilden die Grundlage für unterschiedliche Angebote, um die Mobilitätsbedürfnisse der Bürgerinnen und Bürger bestmöglich zu erfüllen. Aktuell implementieren die Mobilitätsanbieter oftmals proprietäre Standards und Schnittstellen für den Austausch der Daten, wodurch Skalierungsmöglichkeiten gehemmt werden. Nur wenn die verschiedenen Mobilitätsanbieter und Verkehrsleitzentralen die relevanten Nutzer- und Echtzeitverkehrsdaten austauschen und abgleichen, können bestehende Mobilitätskonzepte und das Mobilitätssystem im Ganzen effizienter werden und zum Beispiel Verkehrsmittel besser ausgelastet oder bestimmte Regionen besser mit Mobilität versorgt werden. Durch die

verkehrsträger- und verkehrsmittelübergreifende Vernetzung und den Austausch relevanter Daten erhalten Nutzerinnen und Nutzer nahtlose und komfortable Umstiegsmöglichkeiten.

Für den frühen Einsatz automatisierter Fahrzeuge ist die Bereitstellung von Daten in hoher, verlässlicher Qualität erforderlich. Die Daten sollten auf zentralen Open-Data-Portalen wie der mCLOUD des BMVI und dem „Mobilitäts Daten Marktplatz“ (MDM) zugänglich werden. Die Portale sollten so ausgebaut werden, dass sie Daten nicht nur sammeln, sondern dass die Daten in Zukunft auch in einheitlich standardisierter, verwertbarer Form bereitgestellt werden und somit eine Zusammenführung und die Entwicklung darauf aufbauender Services erleichtert wird. Die entsprechende Dateninfrastruktur benötigt dazu ein durchgehendes Management. Infrastrukturbetreiber müssen in die Lage versetzt werden, mobilitätsrelevante Daten systematisch digital zu erfassen, zu verarbeiten und verfügbar zu machen. Hier sind verstärkte Anstrengungen seitens der Infrastrukturbetreiber notwendig. Die Automobilindustrie wird im Rahmen einer Selbstverpflichtung ebenfalls durch Datenaustausch beitragen, ein Mobilitätsdatenökosystem aufzubauen und dazu die verkehrssicherheitsrelevanten Daten der Fahrzeuge, auf die sie Zugriff hat, bereitstellen.

Der notwendige Datenaustausch kann nur dann stattfinden, wenn eine ausreichend gute Vernetzung zwischen den Mobilitätsanbietern und den Nutzerinnen und Nutzern vorhanden ist. Die Vernetzung trägt somit nicht nur zur Effizienzsteigerung im Verkehrssektor entsprechend dem Ziel der Fokusgruppe A „Multimodale Mobilität“ bei, sondern durch den Austausch von verkehrssicherheitsrelevanten Daten auch maßgeblich zur Steigerung der Verkehrssicherheit. Deshalb müssen die **Short-Range-Kommunikationstechnologie** und die Mobilfunktechnologie (LTE, 5G) vorangebracht werden. Für die Steigerung der Verkehrssicherheit sind beide relevant. Informationen, die nicht so schnell wie möglich zur Verfügung gestellt werden müssen, wie etwa Unwetterwarnungen oder Schlaglöcher, können effizient und für viele Verkehrsteilnehmer sofort wirksam über die Mobilfunknetze übertragen werden. Bei Warnungen vor Vollbremsungen oder Kreuzungsquerverkehr oder dem unvorhergesehenen Auftreten von **Vulnerable-Road-Usern** empfiehlt sich der Einsatz der Short-Range-Kommunikation. Der Vorschlag der EU Kommission, ausschließlich den Wi-Fi-Standard zu

nutzen, wurde gestoppt. Die Mehrheit der Fahrzeughersteller und der Telekommunikationsunternehmen setzen auf den **zellularen Standard**. Beiden Technologien müssen gleiche Marktchancen eingeräumt werden, deshalb sollte die EU Kommission den Rechtsakt hinsichtlich Technologieneutralität überarbeiten und erneut auf den Weg bringen.

Es braucht Rahmenbedingungen für die Fahrzeug- und Verkehrssicherheit. Das Ziel ist es, die datengetriebenen Mobilitätssysteme so miteinander zu vernetzen, dass diese jederzeit sicher in Verkehr sind und somit die Sicherheit im Gesamtsystem Verkehr steigt. Der Verkehrsmittelhersteller verantwortet die Produktsicherheit und muss diese nach Security-by-Design-Ansätzen entwickeln. Er hat eine Marktbeobachtungsverpflichtung und stellt, wenn nötig, Sicherheitsupdates zur Verfügung. Darüber hinaus verantwortet er die sichere Kommunikationsschnittstelle mit dem Fahrzeug. Nur so kann er auch der Verantwortung der Produkthaftung, der gesetzlichen Gewährleistung und der Garantie nachkommen.

Um ein angemessenes Schutzniveau gewährleisten zu können, ist es unter anderem notwendig, Rahmenbedingungen für den Umgang mit Sicherheitsupdates zu entwickeln. Die bereits begonnenen internationalen Standardisierungs- und Regulierungsaktivitäten für Cybersecurity im Bereich Automobil sind konsequent fortzuführen (vgl. ISO/SAE 21434 und UN-TF CS/OTA). Zusätzlich sind ein sicherer Datenzugriff und die sichere Vernetzung von Fahrzeugen analog der Verant-

wortlichkeiten zu gewährleisten. Die Sicherheit der Fahrzeuge und der Datenschutz müssen aber immer vor wirtschaftlichen Interessen stehen.

Gesellschaftlichen Dialog organisieren

Die Digitalisierung der Mobilität bedeutet einen tiefgreifenden Transformationsprozess, der nicht nur die Wertschöpfungskette, Arbeitsplätze und Fahrzeuge, sondern die gesamte bisherige Mobilität verändert. Insbesondere das Zusammentreffen und das kooperative Zusammenwirken von Menschen und zukünftig automatisierten Maschinen im Straßenverkehrsraum bedeuten einen erheblichen gesellschaftlichen Wandel.

Da sich dieser Veränderungsprozess so unmittelbar auf die Lebensbedingungen der Menschen auswirkt, sollten von Anfang an Bürgerinnen und Bürger informiert und beteiligt werden. Chancen und Risiken müssen transparent erklärt und diskutiert werden. Neben ethischen Fragen brauchen gesellschaftliche und individuelle Bedenken einen Diskursraum. Um die Transformation der Mobilität erfolgreich zu bewältigen, muss diese durch einen breiten gesellschaftlichen Dialog, der die Partizipation der Bürgerinnen und Bürger vor Ort einschließt und die Diversität der Bevölkerung berücksichtigt, begleitet werden. Die Leitlinien der Ethik-Kommission für automatisiertes und vernetztes Fahren sind dafür unter anderem eine Diskussionsgrundlage.

Pilotierung der Handlungsempfehlungen im Reallabor

Bereits heute bewegen sich Bürgerinnen und Bürger multimodal fort, also mit verschiedenen Verkehrsmitteln zu unterschiedlichen Reisen, vor allem in den Ballungsräumen auch intermodal, also mit verschiedenen Verkehrsmitteln innerhalb einer Reise. Doch mit Blick auf eine umfassende Vernetzung, zunehmende Automatisierung der Fahrzeuge und ein umwelt- und klimafreundlicheres Mobilitätsverhalten sind viele Fragen noch ungeklärt. Antworten sollen in einem Reallabor gefunden werden, in dem die in der AG 3 entwickelten Konzepte und Empfehlungen getestet werden, etwa zur multi- und intermodalen Mobilität. Das Reallabor wird in Hamburg aufgesetzt. Die Ergebnisse werden zum dort stattfindenden ITS Weltkongress in 2021 präsentiert. Das Pilotprojekt soll damit eine Blaupause für die digitale Mobilität der Zukunft liefern.

Das Reallabor stellt die Nutzerinnen und Nutzer in den Mittelpunkt und richtet das Mobilitätssystem der Zukunft an den Zielen der AG 3 aus. Dadurch sollen weitere notwendige Maßnahmen identifiziert und ent-

wickelt werden. Ziel ist es, die Verkehrsmittel einer Stadtregion so zu vernetzen, dass die Bürgerinnen und Bürger ihren individuellen Mobilitätswunsch nach den Faktoren intermodal, schnell, einfach, bezahlbar und ökologisch erfüllen können. Im Reallabor werden die Änderungen des Mobilitätsverhaltens der Nutzer durch die Begleitforschung ermittelt. Weiterhin werden der Mobilitätswandel und die digitale Transformation der Mobilitätsbranche im Reallabor durch eine bürgernahe Dialoginitiative begleitet.

Mit dem Reallabor wird ein ganzheitliches Anwendungsumfeld für die Mobilität der Zukunft geschaffen, das andere Kommunen und Regionen als Blaupause für die eigene Umsetzung zukunftsfähiger Mobilitätssysteme nutzen können – entsprechend ihrer lokalen und regionalen Bedürfnisse und Rahmenbedingungen. So kann ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet und eine nachhaltige Entlastung der Gemeinden und ihrer Bürgerinnen und Bürger erreicht werden.

Ausblick

Durch die Umsetzung der hier aufgeführten Handlungsempfehlungen wird ein wesentlicher Beitrag für die digitale Zukunft des Mobilitätsstandorts Deutschland geleistet. Eine besondere Bedeutung kommt der Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger zu. Denn häufig steht zwar eine Vielzahl von Mobilitätsangeboten zur Verfügung. Doch oftmals sind den Bürgerinnen und Bürger die Alternativen nicht ausreichend bekannt oder es fehlt ein Anreiz, klimafreundlichere Verkehrsmittel in die Reise einzubinden, also das eigene Mobilitätsverhalten zu ändern.

Eine nicht zu unterschätzende Bedeutung kommt hier einer digitalen Datenplattform zu, die Mobilitätsdaten für alle Anbieter und Nutzer bereitstellt und ein Daten-ökosystem für alle Beteiligten schafft. Auf dieser Basis können auch völlig neue Lösungen für die Mobilität der Zukunft entstehen. Dies könnte etwa eine App sein, über die alle Mobilitätsoptionen an einem Ort integriert geplant, gebucht und bezahlt werden können. Dies ist weniger eine technische als eine strategische Herausforderung der Kooperation bisher nicht zusammenarbeitender Stakeholder. Auch für diese Heraus-

forderung wird im Rahmen des Reallabors eine Lösung lokal erprobt. Dies ist deshalb so lohnenswert, weil die Vernetzung von Mobilitätsangeboten und ein Echtzeit-abgleich mit den Mobilitätsbedarfen größere Transparenz für Nutzerinnen und Nutzer schaffen und einen erheblichen Beitrag dazu leisten können, bisherige Gewohnheiten sukzessive anzupassen. Dies gilt vor allem bei der Einführung von neuen Sharing-Konzepten oder autonomer Mobilität.

Durch die praktische Erprobung im Reallabor werden auch nicht vorherzusehende Herausforderungen ersichtlich. Die AG 3 wird diese Herausforderungen und Handlungsbedarfe im Rahmen der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität sowohl in der Arbeitsgruppe als auch in der praktischen Pilotierung im Reallabor benennen und Lösungsvorschläge erarbeiten.



5.4 | Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung

Neue Technologien und zunehmende Automatisierung: Strukturwandel des Mobilitäts- und Produktionsstandorts Deutschland

Der Mobilitätssektor gehört mit etwa 3,8 bis 6,1 Millionen Beschäftigten^{n, 36, 37} zu den Sektoren mit der größten Beschäftigungswirkung in Deutschland. Auf Grund ihrer Größe und starken Verflechtung mit vielen anderen Branchen hat insbesondere die Automobilindustrie erhebliche Bedeutung für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung und Wertschöpfung. Der Wechsel zu **alternativen Antrieben und Kraftstoffen** und zunehmend digitalisierter, vernetzter Mobilität verändert deshalb nicht nur die Art, wie wir mobil sind, sondern auch, welche Fahrzeuge und Mobilitätsdienstleistungen von deutschen Unternehmen angeboten werden und in welchen Bereichen wir in Zukunft arbeiten.

Neben den Veränderungen der Mobilitätstechnologie spielt die voranschreitende Automatisierung von Arbeitsschritten eine wichtige Rolle. Der Einsatz von Technologien wie Robotik, Künstlicher Intelligenz und lernenden Systemen kann große Produktivitäts-

steigerungen und Kostensenkungen bewirken. All dies führt zu einem tiefgreifenden Strukturwandel, der alle **Verkehrsträger** sowie die dazugehörigen Mobilitätsdienstleistungen und die Produktion betrifft – und damit die Beschäftigten in Deutschland.

ⁿ Die Anzahl der Personen, die in Berufen mit Mobilitätsbezug arbeiten, variiert je nach Zuschnitt der Betrachtung. Laut M-Five gab es im Jahr 2014 3,8 bis 4,4 Mio. „direkt in verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereichen Beschäftigte“. Die Analysen des Bundesinstitut für Berufsbildung bibb weisen für das Jahr 2015 ca. 6,1 Mio. „in Mobilitätsbereichen tätige Personen“ aus.

Vgl. Wagner U. et al.: Status-quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe 2018, S. 32f. und Mergener, A. et al.: „Move on“. Qualifikationsstruktur und Erwerbstätigkeit in Berufen der räumlichen Mobilität. Bonn 2018, S. 63f.

Herausforderungen des Technologie- und Strukturwandels für Wertschöpfung und Beschäftigung

Bisherige Technologien, wie der Verbrennungsmotor, werden im Zuge der Transformation der Mobilität in Zukunft weniger stark nachgefragt, während etwa die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen und digitalen Anwendungen für Fahrzeuge zunehmen wird. Standen bisher vor allem die Automobilproduzenten und ihre Zulieferer im Zentrum, wird der Mobilitätssektor nun erweitert: Die Wertschöpfung verschiebt sich in Richtung neuer Technologien und neuer Marktteilnehmer, wie beispielsweise Anbieter für Software und Batterie-

zellen. Gleichzeitig muss in Forschung und Entwicklung für neue Technologien investiert werden. Damit verstärkt sich zum einen der Wettbewerbsdruck. Zum anderen findet eine Beschäftigungsverschiebung statt: Arbeitsplätze in der Produktion und Teilen der Entwicklung werden abgebaut, während neue Qualifikationen und Berufsbilder für innovative und digitale Technologien an Bedeutung gewinnen. Beschäftigte von heute müssen für diese neuen Fähigkeiten ausgebildet oder weiterqualifiziert werden.

Ziele und Arbeitsweise der AG 4

Die Transformation des Mobilitätssektors muss gleichermaßen ökologisch, wirtschaftlich und sozial nachhaltig sein. Wettbewerbsfähige Unternehmen und Arbeitsplätze bilden die Basis für eine langfristig zukunftsfähige Umgestaltung der Mobilität in Deutschland. Die Arbeitsgruppe 4 (AG 4) Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batterie-zellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung analysiert systematisch in ihren beiden Fokusgruppen (FG) Wertschöpfung und Strategische Personalplanung und -entwicklung die Auswirkungen der Transformation der Mobilität für die **Wertschöpfungsnetzwerke** und die Beschäftigungsstrukturen im Mobilitätssektor.

Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsstandortes und damit auch für die Beschäftigung ist es, die wichtigsten Wertschöpfungsnetzwerke für die Mobilitätstechnologien der Zukunft möglichst vollständig in Deutschland und seinem europäischen Umfeld zu erhalten bzw. aufzubauen. Die FG Wertschöpfung der AG 4 zeigt Potentiale und Risiken der Transformation der Mobilität für bestehende wie neu entstehende Wertschöpfungsnetzwerke auf. Für strategisch wichtige, ausgewählte Technologien werden die aktuell in Deutschland und Europa vorliegenden Fähigkeiten mit dem internationalen Wettbewerb verglichen.

Welche Fähigkeiten werden gefragt sein und wo werden Defizite sichtbar? Ziel der Arbeit ist es, Wirtschaft und Politik frühzeitig zu vermitteln, wo Handlungsbedarfe bestehen und mögliche Lösungsansätze im Bereich Industriepolitik, Investitionen, Forschung und Entwicklung, Aus- und Weiterbildungspolitik aufzuzeigen.

In Abstimmung dazu analysiert die FG Strategische Personalplanung und -entwicklung, welche quantitativen und qualitativen Veränderungen für die Beschäftigungsstrukturen im Mobilitätssektor in naher Zukunft zu erwarten sind. Sie erarbeitet daran anschließend Konzepte, wie Politik und Unternehmen diesen Beschäftigungswandel frühzeitig erkennen und gemeinsam mit ihren Beschäftigten aktiv gestalten können.

Darstellung der bisherigen Ergebnisse

Der Wandel von Wertschöpfung und Beschäftigung im Mobilitätssektor ist schon heute spürbar. Durch die weitere Marktdurchdringung von Elektromobilität und Digitalisierung im Verkehrssektor wird er sich noch verstärken. Die Erfolgsbilanz und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Automobilindustrie als wichtigem Teil des Mobilitätssektors wird stark davon abhängen, ob die Module und Komponenten für neue Antriebskonzepte innerhalb Europas im großindustriellen Maßstab wettbewerbsfähig gefertigt werden können.

Im **Klimaschutzprogramm 2030** hat die Bundesregierung in Anlehnung an die Empfehlungen der AG 1 (siehe Kapitel 5.1) beschrieben, dass bis 2030 die Anzahl der Elektrofahrzeuge in Deutschland auf 7 bis 10 Millionen steigen soll. Dieses Ziel unterstützen Bundesregierung und Unternehmen durch Förderprogramme für Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur sowie steuerliche Erleichterungen. Um die **CO₂-Flottengrenzwerte auf EU-Ebene** einzuhalten, muss die europäische Automobilindustrie außerdem den Anteil elektrischer Fahrzeuge in ihrer Flotte und ihrem Produktionsmix stark erhöhen. Auch

die Emissionswerte von verbrennungsmotorischen Fahrzeugen müssen dazu noch weiter gesenkt werden. Prognosen gehen davon aus, dass sich die Marktanteile konventioneller Antriebe vor dem Hintergrund dieser nationalen und europäischen Klimaschutzmaßnahmen schneller zugunsten hybrider und elektrischer Antriebsstränge verschieben werden als in bisherigen Studien angenommen.

In ihrer ersten Arbeitsphase widmete sich die AG 4 daher folgenden Fragestellungen:

Wie werden sich Wertschöpfung und Beschäftigung infolge einer beschleunigten Elektrifizierung der Mobilität entwickeln? Welche Wertschöpfungsnetzwerke muss die deutsche Industrie beherrschen, um international wettbewerbsfähig zu bleiben? In welchen Bereichen muss Knowhow zu Entwicklung, Anwendung und Produktion aufgebaut werden? Wie können die Beschäftigten für die neuen Technologien rund um das Elektrofahrzeug qualifiziert werden?

Wertschöpfung: Fokus auf Produktion von Batteriezellen, Leistungselektronik für Fahrzeuge und verbrennungsmotorischen Antriebssträngen im Fokus

Der Antriebsstrang batterieelektrischer Fahrzeuge ist weniger komplex als der von Verbrennern und bedarf anderer Schlüsselkomponenten. Damit verschiebt sich die Wertschöpfung im Bereich der Fahrzeugproduktion und der daran anknüpfenden Branchen. Batterieelektrische Fahrzeuge nutzen ein rein elektrisches Antriebssystem, bestehend aus Elektromotor, Leistungselektronik und Batteriesystem. **Hybrid-Fahrzeuge**, mit und ohne externe Lademöglichkeit, besitzen einen verbrennungsmotorischen und einen elektrischen Antrieb, der zur Unterstützung des Verbrennungsmotors dient oder streckenweise rein elektrisches Fahren ermöglicht. Ab-

bildung 9 veranschaulicht, welche Komponenten für die verschiedenen Fahrzeugtypen benötigt werden und welche in elektrifizierten Fahrzeugen wegfallen:

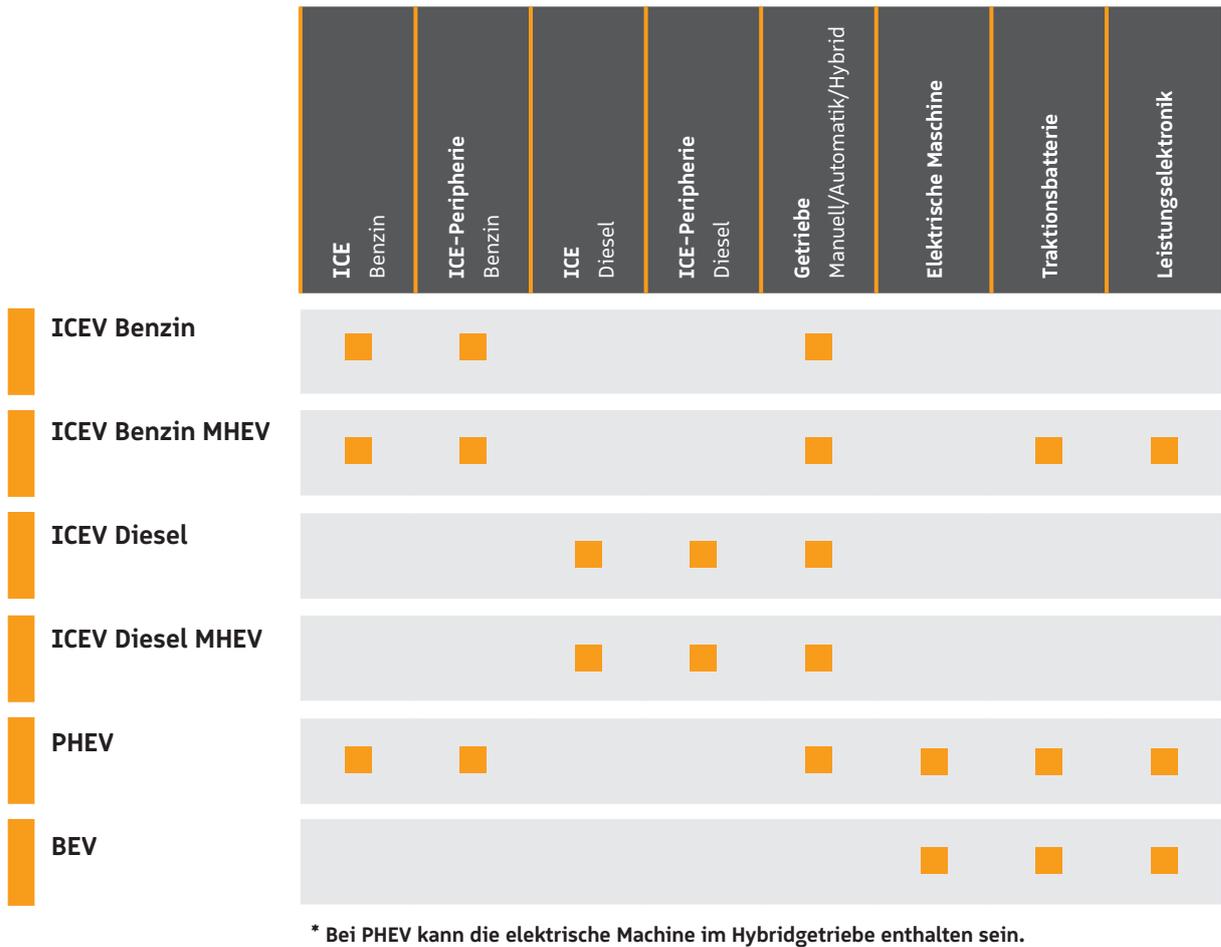


Abbildung 9: Übersicht der Komponenten bei verschiedenen Antriebskonzepten (eigene Darstellung in Anlehnung an ELAB 2.0)

Insbesondere die Batteriezelle und die Leistungselektronik sind bereits in naher Zukunft entscheidende Komponenten in der Wertschöpfung eines Fahrzeuges und damit auch entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie.

Die Batterie ist das Herz jedes batterieelektrischen Fahrzeuges. Sie bestimmt Kosten, Fahreigenschaften und Reichweite von **BEV** und **PHEV** und damit die Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Diesel- und Benzinfahrzeugen. Mit steigenden Markt-

anteilen von Elektrofahrzeugen wächst die Nachfrage nach Batteriezellen. Diese werden jedoch bisher nicht im großindustriellen Maßstab von deutschen oder europäischen Unternehmen hergestellt, sondern vor allem aus Asien importiert. Die deutsche Automobilindustrie benötigt eine ausreichende Versorgung mit Batteriezellen, um Elektrofahrzeuge herzustellen und international wettbewerbsfähig zu bleiben. Deshalb ist es erforderlich, eine bedarfssichernde Batteriezellfertigung durch deutsche oder europäische Unternehmen in Europa aufzubauen.

Die Leistungselektronik ist neben der Batterie und dem Elektromotor eine zentrale Komponente jedes elektrischen Antriebsstrangs in Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Auch in konventionellen Fahrzeugen wird sie vermehrt eingesetzt – beispielsweise in elektrischen Maschinen, die die **Systemeffizienz** steigern und den Kraftstoffverbrauch bei Benzin- und Dieselmotoren senken. Vernetzung und Automatisierung eröffnen zudem weitere Einsatzbereiche. Damit wächst der Markt für Leistungselektronik in der Automobilindustrie und gewinnt an Bedeutung für den Produktionsstandort Deutschland.

Batterieelektrische Fahrzeuge werden in naher Zukunft vor allem in Form von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen Verbreitung finden. Insbesondere im Güterverkehr und auf der Langstrecke werden aber auf absehbare Zeit weiterhin auch Verbrennungsmotoren genutzt werden. Es bleibt daher erforderlich, einen wesentlichen Anteil konventionell angetriebener Fahrzeuge zu produzieren.

Für die internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen und europäischen Produktionsstandortes sind daher zunächst der Aufbau einer bedarfssichernden Batteriezellfertigung durch europäische Unternehmen und einer erweiterten industriellen Produktion von neuen Komponenten im Bereich Leistungselektronik von entscheidender Bedeutung. Gleichzeitig müssen die bestehenden Kompetenzen zur Herstellung von verbrennungsmotorischen Antrieben auf absehbare Zeit dringend erhalten werden.

AG 4 Zwischenbericht 10/2019

Wertschöpfung im Mobilitätssektor

Der Bericht analysiert die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Industrie bei den drei wesentlichen Wertschöpfungsnetzwerken für Lithium-Ionen-Batterie zelle, Leistungselektronik, verbrennungsmotorische Antriebe und zeigt zentrale Handlungsbedarfe auf.



Die FG Wertschöpfung kam zu diesem Ergebnis über eine detaillierte Analyse der Wertschöpfungstiefe ebenso wie der Wertschöpfungsinhalte für die drei betrachteten Technologien. In der **Wertschöpfungstiefe** erstreckte sich die Analyse von den Rohstoffen bis zum Endprodukt. Die Betrachtung der Wertschöpfungsinhalte erstreckte sich von der wissenschaftlichen Basis und dem Knowhow zu Entwicklung und Produktion, über die zur Verfügung stehende Personalbasis, die bestehende Investitionsbasis und Standortkonzepte, die aufzubauende Investitionsbasis für neue Technologien, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit bis hin zur Investitionsbereitschaft für neue Technologien und zugehörige Geschäftsmodelle.

ANALYSE DER WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE

- | Batteriezele
- | Leistungselektronik
- | Verbrennungsmotorische Antriebe



Abbildung 10: Analyse der Wertschöpfungsnetzwerke (eigene Darstellung)

Lithium-Ionen-Batteriezele: Rohstoffversorgung sichern, Großserienproduktion aufbauen, neue Batteriezellgenerationen erforschen, Kreislaufsystem für Batterien und Rohstoffe einsetzen

Batteriemodule und -systeme für Fahrzeuge werden in Deutschland und Europa bereits erfolgreich entwickelt und gefertigt. Kompetenzen für viele Wertschöpfungsprozesse, von der Batteriechemie über die -zelle bis zum kompletten Batteriesystem sind vorhanden. Dennoch sind deutsche und europäische Hersteller heute stark von Batteriezellimporten abhängig, da es bisher keine großindustrielle Produktion von Batteriezellen durch deutsche oder europäische Unternehmen in Eu-

ropa gibt. Um auch bei steigender Nachfrage oder im Fall von Handelsbeschränkungen die Versorgung der europäischen Automobilhersteller mit Batteriezellen und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit in der Produktion von Elektrofahrzeugen sichern zu können, muss ein bedeutender Anteil der Batteriematerialien, -zellen und -module in Zukunft durch europäische Unternehmen in Europa gefertigt werden.

WERTSCHÖPFUNG IM BEREICH FAHRZEUGBATTERIE

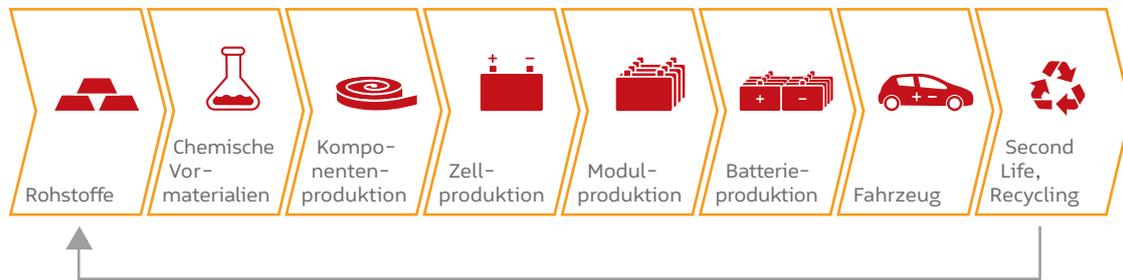


Abbildung 11: Wertschöpfung im Bereich Fahrzeugbatterie (eigene Darstellung in Anlehnung an NPE: Fortschrittsbericht 2018)

Den größten Teil der Gesamtkosten einer Batteriezelle machen die Materialkosten aus. Ein sicherer Zugang zu Rohstoffen und Vormaterialien ist deshalb eine Grundvoraussetzung für den Aufbau einer Batteriezellproduktion in Europa. Die Erforschung von Alternativen zu knappen Rohstoffen bei der Entwicklung neuer Batteriegenerationen sollte ebenso vorangetrieben werden wie die Erschließung potentieller Quellen für europäische **Primärrohstoffe**.

Zu den Materialkosten kommen die Produktionskosten. Aktuell haben asiatische Hersteller aufgrund der langen Produktionserfahrung vor allem in der Fertigung von Batteriezellen und Zellmaterialien einen Vorsprung im Vergleich zu deutschen und europäischen Unternehmen. Staatliche Forschungsförderung sollte daher zunächst **F&E** zur Skalierung der Produktion unterstützen: Europa braucht grundlegende Fähigkeiten zur Produktion im großindustriellen Maßstab, um zu den Marktführern aufzuschließen oder gar Vorteile zu erringen. Die bestehende Batteriezelltechnologie muss darüber hinaus weiterentwickelt werden, um sich von den Mitbewerbern abzusetzen und eine führende Position bei den zukünftigen **disruptiven Technologien** einzunehmen. Bestehende Forschungsprojekte müssen dazu verstärkt und ergänzt werden, einzelne Förderprojekte von BMBF und BMWi ebenso wie nationale und europäisch geförderte Projekte noch stärker aufeinander abgestimmt werden. Deutschland braucht eine übergeordnete Strategie, die im europäischen Umfeld vorangetrieben wird. Die bestehenden Aktivitäten von BMBF und BMWi im Rahmen des Dachkonzepts Forschungsfabrik Batterie, des 7. Energieforschungsprogramms sowie im

Rahmen der sogenannten „wichtigen Projekte gemeinsamen europäischen Interesses“ („Important Projects of Common European Interest“, IPCEI) müssen fortgesetzt werden. Damit Unternehmen in eine Batteriezellfertigung investieren, benötigen sie längerfristige Lieferverträge und damit einhergehend Planungs- und Investitionssicherheit. Politische Unterstützung ist hier ebenso wünschenswert wie verbindliche Fördervorgaben und eine klare und transparente Strategie für Deutschland und Europa.

Bereits mit dem heutigen deutschen Strommix können Elektrofahrzeuge über die gesamte Lebensdauer betrachtet klimafreundlicher als vergleichbare konventionelle Fahrzeuge fahren. Allerdings bedarf es eines starken Ausbaus der Stromnetze und regenerativer Energien um sowohl in Batteriezellproduktion als auch Fahrzeugbetrieb das Klimaschutzpotential voll auszuschöpfen. Dieser Ausbau muss deshalb konsequent vorangetrieben werden, damit erneuerbare Energien für Produktion und Betrieb in Deutschland und Europa in ausreichendem Maße und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Endet die Nutzung einer Batterie im Elektrofahrzeug, kann sie entweder in anderen Anwendungen („**Second Life**“), etwa als stationärer Stromspeicher, weiterverwendet oder recycelt werden. Mittel- und langfristig können zurückgewonnene Materialien aus Altbatterien eine wichtige Rohstoffquelle für die europäische Zellproduktion sein. Deshalb müssen innovative Geschäftsmodelle für eine effiziente Kreislaufführung von Batterien und europäische Strategien zum Umgang mit **Sekundärrohstoffen** entwickelt und eingeführt werden.

Leistungselektronik: systemübergreifendes Wissen ausbauen, Software-Kompetenz aufbauen, disruptive Technologien erforschen

Wie im Wertschöpfungsnetzwerk für Lithium-Ionen-Zellen verfügt die deutsche Industrie auch bei der Leistungselektronik über Kompetenzen für viele Wertschöpfungsprozesse. Spitzenpositionen nimmt sie derzeit jedoch nur in wenigen Bereichen ein. In einigen weist sie erheblichen Nachholbedarf zur internationalen Benchmark auf – beispielsweise in Software und Produktionstechnologie. Deutschland und Europa stehen hier wie bei der Batteriezellproduktion vor allem im Wettbewerb zu asiatischen Regionen. Die Elektrifizierung von Antriebssträngen ist dort früher angelaufen und asiatische Hersteller weisen eine größere Nähe zur Konsumelektronik auf als europäische. Vor allem in Japan existieren hochkomplexe Wertschöpfungsketten mit spezialisierten Teilnehmern, die alle relevanten Kompetenzen zur Produktion von Leistungselektronik abdecken und aufgrund jahrzehntelanger Erfahrung einen Maßstab setzen, an dem sich Europa und Deutschland messen müssen. Auch in den USA sind teils hohe Kompetenzen vorhanden.

Um die bisher in Deutschland bestehende Wertschöpfung zu halten, zu asiatischen Technologieführern aufzuschließen und Marktanteile zurückzugewinnen, sind starke F&E-Programme zur Leistungselektronik erforderlich. Der Ausbau von systemübergreifendem Wissen im Hinblick auf die Geräteintegration und das Zusammenspiel von Komponenten und Systemen ist ebenso wichtig wie die erfolgreiche Anwendung dieses Wissens. Um neue Kompetenzen auszubilden und Kompetenzlücken zu schließen, sollten weiterhin integrative, ganzheitliche und systemübergreifende Forschungsprojekte genutzt werden. Darüber hinaus ist der Aufbau von Software-Kompetenz über alle Teilbereiche der Leistungselektronik hinweg notwendig. F&E zu aktiven Bauteilen der nächsten Generationen sind erforderlich, um die Wettbewerbsfähigkeit auch bei zukünftigen und disruptiven Technologien zu sichern.

Starke Wertschöpfungspotentiale bestehen auch jenseits der unmittelbaren Fahrzeugproduktion, so etwa bei der Ladeinfrastruktur. Die Schnittstelle zwischen batterieelektrischen Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur ist zentral. Wenn deutsche Hersteller intelligente Ladesysteme entwickeln, die den Ladevorgang kundentfreundlicher bzw. energieeffizienter machen, trägt das ebenso positiv zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit bei wie zur CO₂-Bilanz.

Verbrennungsmotorischer Antriebsstrang: Kompetenzbasis erhalten, Zulieferketten sichern, Mitarbeiter neu qualifizieren

Im Bereich des verbrennungsmotorischen Antriebsstrangs nimmt die deutsche Automobilindustrie heute eine internationale Spitzenposition ein. Die bestehenden Wertschöpfungsnetzwerke reichen vom Fahrzeughersteller über globale Systemhersteller bis hin zu kleinen und mittelständischen Unternehmen. Während in diesen Netzwerken eine Verschiebung von Entwicklungs- und Personalressourcen in Richtung Elektromobilität stattfindet, werden gleichzeitig auf absehbare Zeit weiterhin auch verbrennungsmotorische Antriebe genutzt werden, obgleich in geringerer Zahl und vor allem im Langstrecken-Güterverkehr. Das ist eine zweifache Herausforderung, denn auch Investitionen in Forschung und Entwicklung für verbrennungsmotorische Antriebe bleiben erforderlich. Wenn weniger Verbrennungsmotoren produziert und verkauft werden, sinken in diesem Bereich die Renditen. Ins-

besondere Zulieferer, die auf Komponenten für den Verbrennungsmotor spezialisiert sind, könnten dadurch nicht mehr über die erforderlichen Finanzmittel zur Anpassung an die veränderten Technologiebedarfe verfügen. Dadurch könnten Lieferketten für einzelne Technologien in Gefahr geraten. Um das zu verhindern, kann eine gewisse Steuerung dieses Umbaus erforderlich sein, mit Maßnahmen bis hin zur Zusammenfassung von Firmen und Standortschließungen.

Durch demographische Entwicklungen, etwa Verrentung geburtenstarker Jahrgänge, und die Umsteuerung von Ressourcen in Richtung Elektromobilität droht zudem ein Verlust an kompetentem Personal. Um dem entgegenzuwirken, muss die Attraktivität von Ausbildung und Studium im Bereich des Verbrenners sichergestellt und vermittelt werden.

Übergeordnete Handlungsempfehlungen

In allen drei Wertschöpfungsnetzwerken brauchen Unternehmen und Verbraucher Planungssicherheit. Transparente Strategien und Regularien sind nötig, die z.B. die Versorgung mit Rohstoffen für die Batteriezellfertigung sichern und eine kontinuierliche Forschung für zukünftige Batteriezellgenerationen sowie disruptive Technologien in der Leistungselektronik ermöglichen. Ebenso bedarf es verbindlicher Vorgaben, mit welchen Fördermitteln und Steuererleichterungen etwa Verbraucher dabei unterstützt werden, auf Elektromobilität umzusteigen.

Zudem ist für alle betrachteten Technologien qualifiziertes Personal erforderlich. Die Attraktivität von Ausbildung und Beruf, insbesondere in den Bereichen Elektrotechnik, Informatik, Elektrochemie und Kreislaufwirtschaft sowie verbrennungsmotorischer Antriebsstrang, sollte stärker vermittelt und durch Angebote für lebenslange Weiterbildung gestärkt werden. Zudem muss die Möglichkeit einer Weiterqualifizierung von Ingenieuren, IT-Spezialisten und

Naturwissenschaftlern anderer Fachrichtungen in diese Bereiche hinein bestehen. Beim verbrennungsmotorischen Antriebsstrang werden jedoch in Zukunft insbesondere im Bereich Produktion Stellen abgebaut werden. Den Auswirkungen auf die bestehende Personalbasis muss durch Neuqualifizierungs- und Anpassungsprogramme begegnet werden.

Auswirkungen von Elektrifizierung und Automatisierung auf die Beschäftigungsstrukturen zeigen: es braucht ein zentrales berufliches Weiterbildungskonzept für den Mobilitätssektor

Die Verlagerung der Wertschöpfung hin zu neuen Technologien bedeutet starke Veränderungen für die Beschäftigungsstrukturen. Durch eine Aktualisierung zweier vorliegender Studien untersucht die AG Aspekte dieser Veränderungen auch quantitativ, insbesondere die Auswirkungen des Antriebswechsels auf die über 850.000 Beschäftigten in der Automobilindustrie³⁹ und den anknüpfenden Branchen.

Neue Berechnungen erweitern die vorliegenden Studien **ELAB2.0** und **IAB Forschungsbericht 2018** um Szenarien für eine beschleunigte Elektrifizierung bis zum Jahr 2030. In Anlehnung an das Klimaschutzprogramm wird der **IAB Forschungsbericht 2018** um ein Szenario ergänzt, in dem es 2030 einen Bestand von 10 Millionen Elektrofahrzeugen in Deutschland gibt. Die Studie ELAB2.0 wird um ein Szenario ergänzt, in dem die Automobilhersteller einen höheren Anteil an Elektrofahrzeugen produzieren um die EU-Flottengrenzwerte einhalten zu können. Es wird dann untersucht, wie die verschiedenen Beschäftigtengruppen und Tätigkeitsebenen von den Auswirkungen des Technologiewandels betroffen sind. Die Ergebnisse übersteigen die bisherigen Prognosen aus **ELAB2.0** und **IAB Forschungsbericht 2018**. Sie werden im 1. Zwischenbericht der AG 4 zur Personalplanung und -qualifizierung im Mobilitätssektor veröffentlicht, der im Frühjahr 2020 erscheinen wird. Bedingt durch die Kombination der Effekte von Elektrifizierung und Produktivitätssteigerungen ist insbesondere im Fahrzeugbau ein erheblicher Rückgang des Personalbedarfs zu erwarten. Die Gruppe der Beschäftigten, die direkt an der Antriebsstrangproduktion beteiligt sind, wird stärker betroffen sein als die indirekten Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, die nicht in der Fertigung oder Montage beschäftigt sind. Andere Branchen über den Fahrzeugbau hinaus sind auf Grund der Verflechtungen zur Automobilbranche ebenfalls von einem Rückgang des Personalbedarfs betroffen. Insgesamt verteilt sich dieser Abbau im Hinblick auf die Anforderungsniveaus relativ gleichmäßig über alle Tätigkeitsebenen hinweg, von der Hilfskraft bis hin zum Experten.

Grundsätzlich wird es jedoch deutlich schwerer sein, die Gruppe der Hilfskräfte bzw. „An- und Ungelernten“ für neue Berufsbilder in der Mobilität der Zukunft zu qualifizieren. Es ist daher dringend erforderlich, dass

alle Beschäftigten bereits frühzeitig einen ersten qualifizierten Berufsabschluss erlangen, auf dessen Basis eine Weiterqualifizierung für neue Technologien und Berufe aufsetzen kann.

Insgesamt unterstreichen die Berechnungsergebnisse das dringende Erfordernis, Unternehmen und ihren Beschäftigten Instrumente an die Hand zu geben, mit denen sie den bevorstehenden Wandel erfolgreich absolvieren können. Um Anforderungen an Ausbildung und (Neu-)Qualifizierung der Fachkräfte in Deutschland zu identifizieren und erfolgreiche Strategien und Maßnahmen über Unternehmensgrenzen hinweg verfügbar zu machen, ist ein zentrales berufliches Weiterbildungskonzept für den Mobilitätssektor erforderlich. Unternehmen sollten ihre Kräfte für Qualifizierungsoffensiven in zukunftsrelevanten Bereichen, wie der Automotive Software, bündeln. Hierzu schlägt die AG 4 vor, regionale **Kompetenz-Hubs** aufzubauen, die auf drei Säulen basieren: Zentrale Rahmensetzung durch alle Akteure, Durchführung der Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen in regionalen Verbänden sowie unbürokratische, niederschwellige und effiziente Förderung der Maßnahmen. Unternehmen können hier Themenfelder und Kompetenzprofile einbringen und auf einen gemeinsamen Arbeitsmarkt der Branche hinwirken. Sie können erfolgreiche Weiterbildungskonzepte mit anderen Unternehmen teilen und selbst als Bildungsträger Schulungen im Hub anbieten. Gemeinsame Bildungsoffensiven werden so erleichtert. Außerdem können regionale **Transformationsgesellschaften** gegründet werden, die mit solchen Kompetenz-Hubs zusammenarbeiten. Um Qualifizierung besser zu fördern, sollten als arbeitsmarktpolitische Begleitung das **Qualifizierungschancengesetz** und die Regelungen zum **Kurzarbeitergeld** angepasst sowie Perspektivqualifizierungen ermöglicht werden.

Das Konzept für regionale Kompetenz-Hubs, eine Auswahl erfolgreicher Maßnahmen der Personalplanung und -entwicklung aus verschiedenen Unternehmen, sowie die Berechnungen zu den Beschäftigungseffekten der beschleunigten Elektrifizierung der Mobilität werden im Detail im Rahmen eines des Anfang 2020 erscheinenden Zwischenberichtes vorgestellt und mit Handlungsempfehlungen hinterlegt.

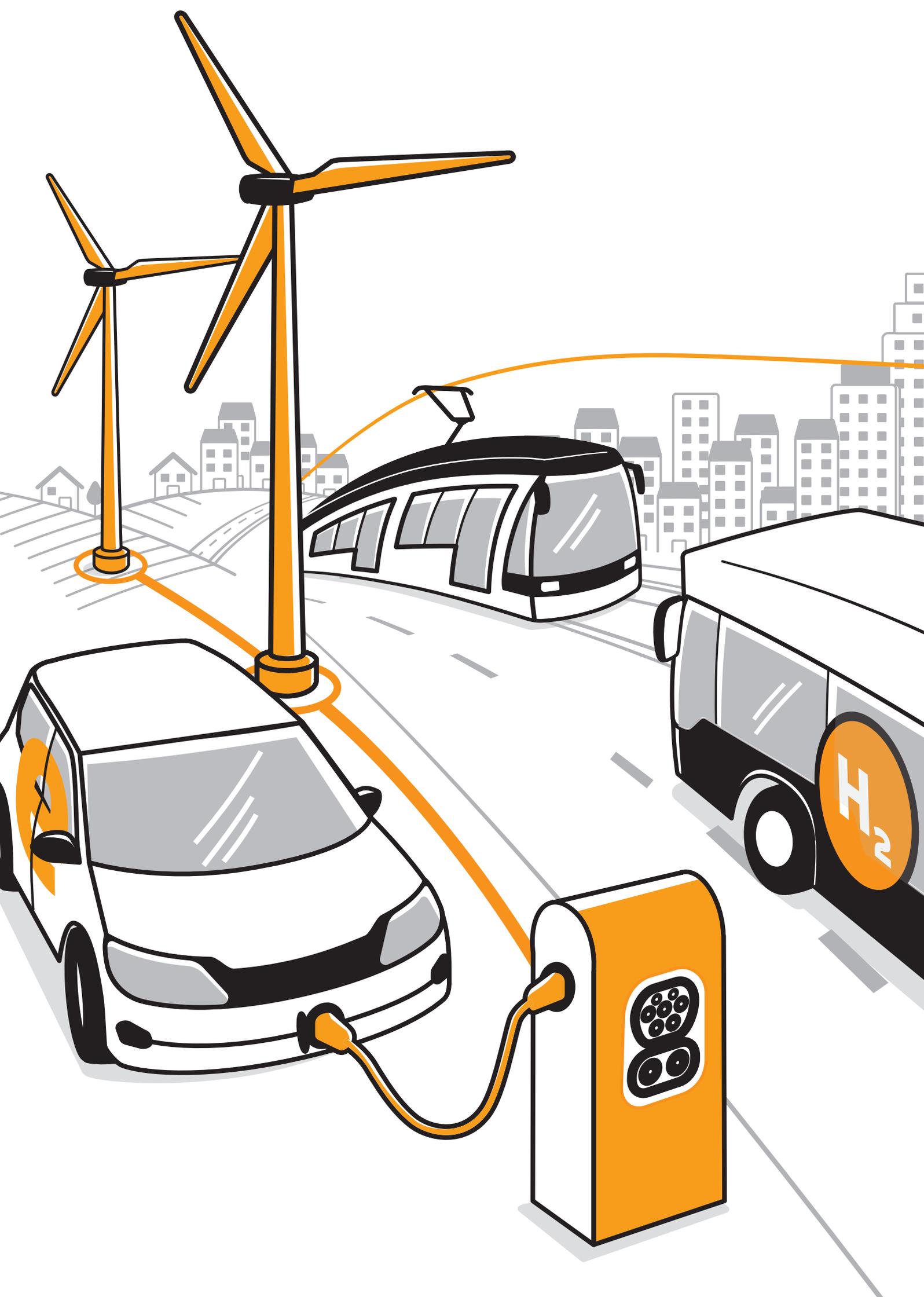
Ausblick und Schlussfolgerungen

Die Herausforderungen der Wertschöpfungsverschiebung und des Beschäftigungswandels müssen auch in Zukunft weiterhin analysiert und mit aktiven und vorausschauenden Maßnahmen von Wirtschaft, Politik und Gesellschaft gemeinsam adressiert werden. Im Rahmen ihrer bisherigen Arbeit hat die AG 4 mit dem Fokus auf den Antriebswechsel zur Elektromobilität bereits eine Analyse der in Deutschland vorliegenden Voraussetzungen für die Wertschöpfung in den Bereichen Lithium-Ionen-Batterie zelle, Leistungselektronik und verbrennungsmotorische Antriebe vorgenommen. An diese wird im nächsten Jahr eine Quantifizierung der Wertschöpfungsentwicklung in diesen drei Bereichen anknüpfen, die beispielsweise Investitionsbedarfe aufdecken soll. Zudem wird die AG in ihrem in Kürze erscheinenden Zwischenbericht zur Personalplanung und -entwicklung eine aktualisierte Prognose der Beschäftigungseffekte in Folge der beschleunigten Elektrifizierung vorlegen. An die Betrachtung anknüpfend soll in Zukunft eine **Toolbox** für Unternehmen zusammengestellt werden, die sie befähigt, bevorstehende Veränderungen speziell für ihr Unternehmen und ihre

Beschäftigten frühzeitig zu erkennen und passende Personalstrategien und Qualifizierungsmaßnahmen abzuleiten. Diese sollte neben Beschäftigungsprognosen unter anderem einen Leitfaden zur Einführung einer strategischen Personalplanung sowie eine Checkliste zur Interpretation der Ergebnisse und Entwicklung geeigneter Maßnahmen enthalten.

Im Rahmen der nächsten Arbeitsphasen möchte die AG 4 weitere Mobilitätstechnologien in den Fokus stellen, die Potentiale für Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland mit sich bringen. Dazu gehören etwa die Brennstoffzelle, Elektromotoren und das Recycling von Batterien.

Sie möchte zudem weiterhin Impulse setzen, mit welchen Instrumenten die Politik den Strukturwandel flankieren kann und wie etwa eine Strukturpolitik für besonders vom Wandel betroffene Regionen aussehen könnte.





5.5 | Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung

Infrastrukturen bilden die Grundlage für das Mobilitätssystem

Neue Infrastrukturen sowie eine enge Kopplung mit dem Energiesektor sind grundlegende Voraussetzungen für die Transformation des Mobilitätssystems. Neben dem Aufbau einer bedarfsgerechten und flächendeckenden Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge ist auch eine Erweiterung von Tankmöglichkeiten für die verstärkte Nutzung von **alternativen Kraftstoffen** notwendig. Neue Antriebstechnologien und Kraftstoffe können sich nur am Markt behaupten, wenn entsprechende Infrastrukturen bereitstehen, die nutzerfreundlich, sicher und bezahlbar sind sowie wirtschaftlich betrieben werden können.

Technologieoffenheit und Innovationskraft werden den Antriebs- und Kraftstoffmix der Zukunft bestimmen (siehe Kapitel 5.2). Politische Steuerungsinstrumente sollten deswegen stets nach dem Grundsatz der Technologieneutralität eingesetzt werden. Anwendungsmöglichkeiten, in denen eine direkte Nutzung von Strom möglich ist, sollten aber aus Gründen der Energieeffizienz eine besondere Rolle einnehmen. Je öfter Energie umgewandelt wird, desto geringer ist der **Gesamtwirkungsgrad** und damit die Effizienz. Besondere Relevanz hat dies in der aktuellen Situation, in der erneuerbare Energien rund 43 % (1. – 3. Quartal 2019)³⁹ des deutschen **Bruttostromverbrauchs** ausmachen.

Eine intelligente Kopplung der Sektoren Energie und Verkehr (**Sektorkopplung**) ermöglicht mit Blick auf den Verkehrssektor, den Import fossiler Energieträger zugunsten der Nutzung erneuerbarer Energieträger zu reduzieren. Ebenso können neue Geschäftsfelder für Unternehmen des Verkehrssektors (beispielsweise die Bereitstellung von Regelenergie) erschlossen werden. In Bezug auf den Energiesektor ist zu klären, wie die

volatile Stromerzeugung mit erneuerbarer Energie durch die Sektorkopplung besser eingebunden werden kann – sei es durch die direkte Nutzung von erneuerbarem Strom in batterieelektrischen Fahrzeugen oder indirekt über Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe, die aus erneuerbarem Strom hergestellt werden und in Brennstoffzellen- und konventionellen Fahrzeugen verwendet werden können. Darüber hinaus können Batteriespeicher in Elektrofahrzeugen zukünftig durch die Endkunden oder für systemdienliche Zwecke als kurzfristige Stromspeicher genutzt werden und mittels **bidirektionalem Energiefluss** wahlweise Strom aufnehmen oder zurückspeisen.

Mit einer zunehmenden Elektrifizierung des Verkehrssektors und der benötigten Energie, auch für die Umwandlung in strombasierte Kraft-, Brenn- und Grundstoffe, muss die Versorgungssicherheit in Deutschland weiterhin jederzeit gewährleistet werden. Dafür braucht es vorrangig einen verstärkten Ausbau von erneuerbaren Energien und den Einsatz intelligenter Netze und Speichertechnologien.

Ladeinfrastruktur

Die Elektromobilität ist einer der Eckpfeiler einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung in Deutschland. Mit einer höheren Energieeffizienz sind Elektromotoren bereits heute klimafreundlicher als konventionelle Verbrennungsmotoren. Zudem wird die Elektromobilität mit

einem Anstieg von erneuerbaren Energien im Strommix immer nachhaltiger. Der verstärkte Einsatz von Elektrofahrzeugen hilft auch den Ausstoß von **Kohlenstoffdioxiden**, **Stickoxiden** und **Feinstaub** deutlich zu reduzieren.

Die Bundesregierung hat es sich deshalb zur Aufgabe gemacht, die Elektromobilität in Deutschland weiter zu fördern. Im Jahr 2030 sollen 7 bis 10 Millionen Elektroautos auf deutschen Straßen fahren und insgesamt eine Million öffentlich zugängliche Ladepunkte zur Verfügung stehen⁴⁰ (siehe Kapitel 5.1). Mit dem Masterplan „Ladeinfrastruktur“⁴¹ hat die Bundesregierung unter Mitwirkung von NPM-Akteuren detaillierte Maßnahmen zur weiteren Förderung der Infrastruktur vorgelegt und dabei auch konkrete Vorschläge aus den Berichten der AG 5 aufgenommen. Im Oktober 2019 waren in Deutschland 212.574 **Battery Electric Vehicle (BEV)** und **Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)**⁴² gemeldet. Für diese Fahrzeuge standen 21.299 öffentliche Ladepunkte⁴³ bereit (Stand: November 2019). Damit läuft der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur dem Zuwachs des Bestands an Elektrofahrzeugen voraus^{44, 5}.

Im März 2019 haben die Experten der AG 5 mit einem „Red-Flag-Bericht“⁴⁵ die Bereiche Energieerzeugung, Netzbelastung und Ladeinfrastruktur mit Blick auf die Versorgung von Elektrofahrzeugen analysiert. In diesem Rahmen wurden konkrete Handlungsbedarfe in Form von schnell umsetzbaren Maßnahmen identifiziert, die dem vereinfachten und beschleunigten Ausbau der privaten und öffentlichen Ladeinfrastruktur dienen. Diese wurden im „Sofortpaket Ladeinfrastruktur 2019“⁴⁶ zusammengefasst und an die Politik adressiert.

AG 5 Bericht 03/2019

Red Flag Bericht 10 % EV-Neuzulassungen

Zur Identifizierung von Handlungsbedarfen wurde in dem Bericht für die kommenden Jahre von einem EV-Neuzulassungsanteil von 10 % ausgegangen und auf dieser Basis die Auswirkungen entlang der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette betrachtet.



AG 5 Bericht 03/2019

Sofortpaket Ladeinfrastruktur 2019

Der Bericht beschreibt sogenannte no-regret-Maßnahmen, mit deren Hilfe der Ausbau der öffentlichen und privaten Ladeinfrastruktur zeitnah beschleunigt werden kann.



o Anmerkung: Die europäische Richtlinie für den Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID) gibt ein Verhältnis von 1:10 (ein Ladepunkt versorgt 10 Elektrofahrzeuge) vor. Die NPE definierte in ihrem Fortschrittsbericht 2018 (S. 53) einen bedarfsgerechten Ausbau von einem Verhältnis von 1:14 für den Bereich des öffentlichen Normalladens und von 1:140 für den Bereich des öffentlichen Schnellladens für die Jahre bis 2020. Eine Weiterentwicklung dieses Verhältnisses wird aktuell innerhalb der AG 5 diskutiert.

Mit einem Anteil von gerade einmal 2 % der Pkw-Neuzulassungen stellt die Versorgung der Elektrofahrzeuge, mit Blick auf die Energieerzeugung und -verteilung, aktuell noch keine größere Herausforderung dar. Würde der Anteil von BEV und PHEV auf 10 % ansteigen, würde das einen Zuwachs von 350.000 neuen Fahrzeugen und einen zusätzlichen Stromverbrauch von rund 0,9 TWh bedeuten. Bezogen auf den Stromverbrauch 2018 würde dies 0,1 % der Bruttoerzeugung, bzw. 0,4 % der EE-Erzeugung oder 1,8 % der Netto-Exporte entsprechen. Demnach hätte ein Anstieg der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen auf 10 % lediglich marginale Auswirkungen auf die Energieerzeugung bzw. -verbrauch.

Verschiedene Studien haben nachgewiesen, dass ein Flottenanteil von 30 % BEV und PHEV (ca. 13 Millionen Fahrzeuge) bereits mit der aktuellen Netzinfrastruktur abbildbar wäre. Lediglich in Ballungsgebieten könnten bei konzentrierten Zuwächsen lokale Engpässe entstehen. Um diese zu adressieren und neue Ladeinfrastruktur zeitnah ins Netz integrieren zu können, wird ein netzdienliches, intelligentes **Lastmanagement** und damit die Flexibilisierung von Ladevorgängen eine zentrale Rolle einnehmen.

Im Bereich der Ladeinfrastruktur muss ebenfalls ein Schwerpunkt auf die private Ladeinfrastruktur gelegt werden, denn sie ist ein zentraler Hebel zur Beschleunigung des Markthochlaufs der Elektromobilität. Rund 85 % aller Ladevorgänge finden am Wohn- oder Arbeitsplatz statt. Hierbei bestehen allerdings noch rechtliche Hemmnisse, die das Laden im privaten Rahmen erschweren. Um die Installation eines privaten Ladepunktes zu erleichtern, bedarf es dringend einer Anpassung des Miet- und Wohneigentümergegesetzes. Zudem kann eine Förderung von Installation und Hardware privater Ladepunkte ein mögliches Instrument zur Unterstützung der Elektromobilität in Deutschland sein. Teilöffentliche Ladepunkte, die nicht rund um die Uhr verfügbar sind, sollten auch in den entsprechenden Förderrichtlinien berücksichtigt werden. Diese Emp-

fehlungen wurden im Bericht „Sofortpaket Ladeinfrastruktur 2019“ der AG 5 adressiert und sind nun auch im **Klimaschutzprogramm 2030** der Bundesregierung sowie im Masterplan „Ladeinfrastruktur“ aufgegriffen worden. Im Bereich der öffentlichen Ladeinfrastruktur ist maßgeblich die Verfügbarkeit von geeigneten Flächen Voraussetzung für einen weiteren Zuwachs. Aber auch die Beschleunigung und Vereinheitlichung von kommunalen Genehmigungsverfahren sind wirksame Instrumente, um öffentliche Ladepunkte bedarfsgerecht aufzubauen.

In dem Arbeitspaket „Kundenfreundliches Laden“ wird die AG 5 weitere wesentliche Faktoren für die Attraktivitätssteigerung der Elektromobilität diskutieren. Ladevorgänge stellen für den Verbraucher eine neue Erfahrung dar und sind nicht mit herkömmlichen Tankvorgängen zu vergleichen. Das Arbeitspaket der AG 5 entwickelt dazu Kriterien für ein kundenfreundliches Laden und hat in einem ersten Schritt folgende Aspekte identifiziert: einfach, immer und überall, transparent und sicher. Darüber hinaus spielt der Faktor „Komfort“ eine bedeutende Rolle. Entlang dieser Eigenschaften erarbeiten die Mitglieder der AG Handlungsempfehlungen in Form eines Themenpapiers für die Marktteilnehmer. Das Themenpapier wird 2020 erscheinen.

Um langfristig ein Netz an Ladepunkten in Deutschland bedarfsgerecht auszubauen und zu erhalten, muss der Betrieb von Ladesäulen mittelfristig betriebswirtschaftlich möglich sein. Die Analyse und Bewertung des Ladeinfrastrukturbedarfs müssen dynamisiert werden, um bedarfsgerecht an die Entwicklung der Elektrofahrzeuge (Anzahl und Leistung) angepasst zu werden. Wesentliche Kriterien der **Auslastung** und der **Wirtschaftlichkeit** wurden bisher noch nicht ausreichend bei der Bedarfsermittlung berücksichtigt.

EINFLUSSFAKTOREN AUF DEN BEDARF VON LADEPUNKTEN

- Die verschiedenen Lademöglichkeiten (z.B. öffentliches / privates Laden oder **Ladeleistung**) verhalten sich wie „kommunizierende Röhren“ – steigt der Anteil einer Lademöglichkeit an, sinkt der der anderen.
- Die benötigte Flächenabdeckung verändert sich in Abhängigkeit von der EV- und Ladeinfrastruktur-Ladeleistung sowie der Reichweite der Fahrzeuge.
- Eine effektivere Auslastung der Ladeinfrastruktur, die u.a. über intelligente Nutzungsfunktionen und -steuerung erhöht wird, reduziert den Ladeinfrastrukturbedarf.

Über die Verknüpfung der Betrachtung des Energie- und Ladeinfrastrukturbedarfs der Fahrzeuge auf der einen Seite und mit einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf der anderen, wird die AG 5 in ihrem **Arbeitspaket „bedarfsgerechte und wirtschaftliche Ladeinfrastruktur“** verschiedene Szenarien analysieren. Ein Bericht dazu wird 2020 erscheinen.

Vereinfacht lassen sich die beiden miteinander verknüpften Rechenwege wie folgt darstellen:

ERMITTLUNG DES BEDARFS AN ÖFFENTLICHEN LADEPUNKTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT



Abbildung 12: Ermittlung des Bedarfs an öffentlichen Ladepunkten und Wirtschaftlichkeit (eigene Darstellung)

Ein wesentliches Hemmnis für die Wirtschaftlichkeit von Ladepunkten sind aufwendige Nachrüstungen. Diese sollten zukünftig durch vorausschauende und planungssichere Rahmenbedingungen vermieden werden. Der Aufbau konformitätsbewerteter Ladestationen mit **mess- und eichrechtskonformen Messgeräten** zur Gewährleistung des Verbraucherschutzes war bis Anfang des Jahres 2019, aufgrund weitgehend fehlender Geräte, mit großer regulatorischer Unsicher-

heit für die Ladesäulenbetreiber verbunden. Auf Initiative der AG 5 ist es gelungen, gemeinsam mit den zuständigen ministeriellen und behördlichen Stellen eine Klärung über das Vorgehen zur Nachrüstung der bestehenden Ladeinfrastruktur zu entwickeln, um den weiteren Ausbau zu unterstützen. Gleichwohl steht dem Markt immer noch kein mess- und eichrechtskonformer DC-Zähler bzw. DC-Messsysteme für Schnellladeinfrastruktur zur Verfügung.⁴⁸

Liquefied und Compressed Natural Gas (LNG/CNG)⁴⁹

Erdgas in Form von **LNG** und **CNG** ist eine verfügbare und wettbewerbsfähige Alternative zum Diesel im Schwerlastverkehr. Entscheidend für die Anwendung ist die Energiedichte, die ein wichtiges Kriterium im Hinblick auf die Reichweite darstellt. LNG weist eine höhere Energiedichte auf und kann beispielsweise für die Schifffahrt und den Transitgüterverkehr eingesetzt werden. CNG hat eine geringere Energiedichte und eignet sich deswegen vor allem für den Einsatz bei niedrigeren Laufleistungen. Bereits mit fossilem LNG und CNG können rund 20 % CO₂ gegenüber den heute überwiegend genutzten Erdölprodukten eingespart werden. Zudem können der Ausstoß von **Schwefeloxiden (SO_x)** und Stickoxiden (NO_x) fast vollständig vermieden sowie Feinstaub und Lärmemissionen deutlich gesenkt werden. Der Einsatz von **Biomethan** und **Bio-LNG** kann LNG und CNG zudem eine nachhaltige und nicht-fossile Entwicklung bieten. Ebenso ist perspektivisch die Nutzung von **synthetischem Erdgas (SNG)** eine klimafreundliche Option. Im Bereich Biomethan ist bereits heute eine Kombination mit fossilem Methan ohne Mengenbeschränkung möglich. Derzeit werden in rund 200 Anlagen ca. 10 TWh Biomethan aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist. Grundsätzlich wäre ein Potential von 118 TWh bis 2030 denkbar, damit könnten rund 12 Millionen Pkw oder 185.000 Lkw betrieben werden.

Anfang des Jahres 2019 waren in Deutschland 117 gasbetriebene Lkw (von insgesamt 222.104 Lkw) mit einer Gesamtmasse von mehr als 12 t zugelassen⁵⁰. Für das Jahr 2030 werden im Zwischenbericht der AG 1 der NPM 70.000 bis 130.000 Gas-Lkw (< 20 t) und 12.000 bis 125.000 Gas-Lkw (> 20 t) als Zielkorridor gesetzt⁵¹. Im Bereich der LNG-Lkw gibt es bereits erste Serienmodelle auf dem Markt. Ebenso werden heute schon Binnen- und Fährschiffe sowie erste Kreuzfahrtschiffe mit LNG betrieben. Infrastruktureitig verfügt Deutschland über ein CNG-Tankstellennetz mit rund 850 Stationen. Im Bereich LNG gibt es zurzeit sechs öffentlich zugängliche und festinstallierte Tankstellen. Eine flächendeckende Versorgung mit LNG und CNG kann in Deutschland über die bestehende und geplante Infrastruktur bis zur Tankstelle gewährleistet werden. Deutschland verfügt über ein gut ausgebautes Gasnetz und kann auch auf die europäische LNG-Infrastruktur zurückgreifen. Zudem bieten mögliche LNG-Terminals an deutschen Küsten die Chance, Transportwege zu reduzieren und Transportkosten weiter senken zu können.

AG 5 Bericht 10/2019

LNG- und CNG Strategie im Schwerlastverkehr

Der Bericht widmet sich der Frage, wie die Tankstelleninfrastruktur für Gas als alternativen Kraftstoff im Schwerlastverkehr weiter ausgebaut werden kann.



Für die Förderung der Nutzung von LNG und CNG sind bereits wichtige politische Maßnahmen getroffen worden. Nun gilt es auch über den Zeitraum von 2020 hinaus den Markthochlauf zu sichern. Für eine stabile Nachfrage von schweren Nutzfahrzeugen mit gasbasierten Antrieben ist die bisherige Mautbefreiung ein zentraler Faktor. Die zukünftige Mautgestaltung sollte aber grundsätzlich eine stärkere THG-Komponente ausweisen, um Fahrzeugtechnik mit geringeren Emissionen zu fördern. Ebenfalls wichtig für die Kaufentscheidung eines Fahrzeugs ist eine Verlängerung der Anschaffungsförderung, diese schafft den Ausgleich zu höheren Anschaffungskosten im Vergleich zu Lkw mit konventionellem Antrieb. Im Bereich der steuerlichen Förderung von Kraftstoffen, empfiehlt sich eine Verlängerung der Energiesteuerermäßigung über 2026 hinaus, um nicht bereits heute schon zukünftige Investitionen in gasbetriebene Lkw zu verhindern. Weiterhin sollten Genehmigungsverfahren für die Infrastruktur harmonisiert und vereinfacht werden, um Planungssicherheit zu gewährleisten.

Für eine verstärkte Nutzung von Biomethan und Bio-LNG ist die konsequente Umsetzung der **RED II** sowie in dessen Rahmen eine Anrechnung des Bezugskreises auf die Binnenschifffahrt förderlich. Auch eine Anrechnung von Biokraftstoffen auf Flottengrenzen kann für den weiteren Einsatz von **Biokraftstoffen** dienlich sein. Eine weitere Maßnahme ist die steuerliche Gleichbehandlung von Bio-LNG und fossilem LNG. Da Bio-LNG im Energiesteuergesetz wie Flüssiggas behandelt wird und nicht wie Erdgas, gilt ein höherer Energiesteuersatz, dessen Ermäßigung auch früher abschmilzt.

Zusammenfassend ist die Bereitstellung und Ausweitung einer Gasinfrastruktur für die Nutzung von CNG und LNG grundsätzlich abdeckbar. Ein wirtschaftlicher Betrieb der Tankstelleninfrastruktur kann aber nur mit einer ausreichenden Nachfrage von entsprechenden Fahrzeugen realisiert werden. Großes Potential für die Nachfrage nach Gas als Kraftstoff könnten beispielsweise Busse des ÖPNV bieten.

Power-to-X⁵²

Der Begriff **Power-to-X (PtX)** beschreibt eine Reihe von Verfahren, die elektrische Energie in andere Kraft-, Brenn- und Grundstoffe umwandeln. Mögliche Anwendungsbereiche der strombasierten Kraftstoffe finden sich beispielsweise im Verkehrs-, Wärme- und Indus-

triesektor. Die Power-to-X-Technologie leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Sektorkopplung und kann darüber hinaus mittel- und langfristige Kapazitäten für die systemische und netzdienliche Stromspeicherungen generieren.

ANWENDUNGSBEREICHE UND UMWANDLUNGSPROZESSE VON PTX-TECHNOLOGIEN

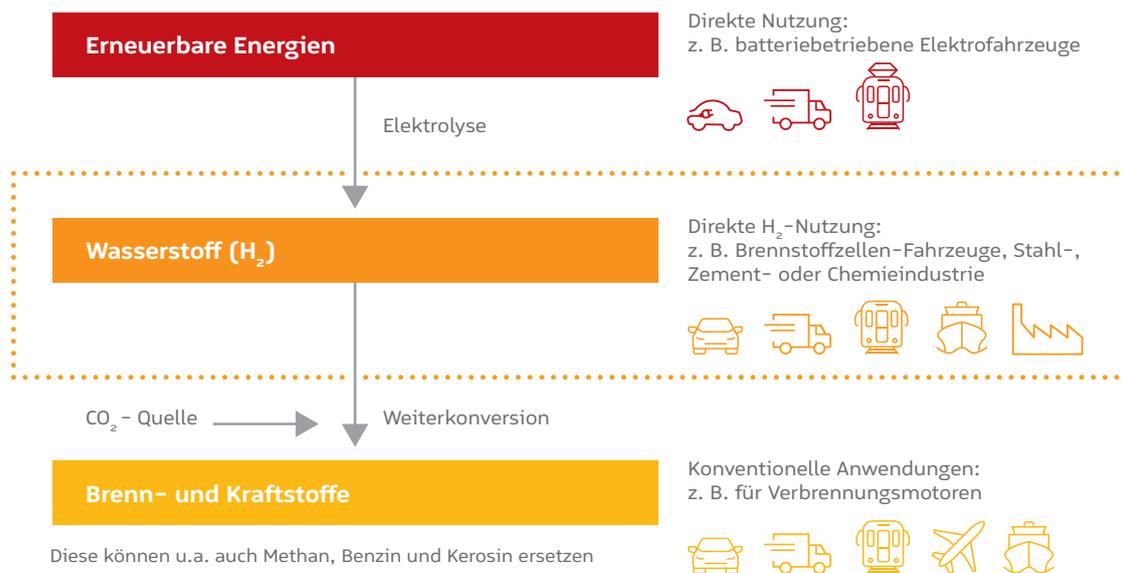


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Anwendungsbereiche und Umwandlungsprozesse von PtX-Technologien (eigene Darstellung)⁵³

Bei der **Elektrolyse** wird Wasser mit Hilfe von elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der dadurch gewonnene Wasserstoff kann direkt genutzt oder gespeichert werden. Unter Verwendung einer Kohlenstoffquelle und zusätzlichem Strom kann Wasserstoff zudem zu synthetischen Energieträgern weiterverarbeitet werden. Wasserstoff ist bei allen aktuell

diskutierten Anwendungsbereichen für den Verkehrssektor der Grundstoff für weitere Umwandlungsprozesse. Die heutige Wasserstoffproduktion erfolgt zum Großteil aus fossilen Energieträgern. Die Erzeugung von emissionsfreiem grünem Wasserstoff kann zukünftig mittels Elektrolyse aus regenerativ erzeugtem Strom erfolgen.

Elektrolyseure entstehen bislang noch nahezu vollständig im Manufakturbetrieb. Durch eine entsprechende Nachfrage nach grünem Wasserstoff könnten durch Skaleneffekte die spezifischen Investitionskosten für Anlagen deutlich sinken. Weitere wesentliche Aspekte, warum grüner Wasserstoff bisher nicht wettbewerbsfähig ist, sind die hohen Strom- und Stromnebenkosten in Deutschland sowie aufwendige Genehmigungsverfahren für Elektrolyseure. Zur Förderung der Marktentwicklung sollten für den Betrieb einer systemdienlichen Anlage die Stromumlagen reduziert und die Netzentgeltbefreiung beibehalten werden.

Aber auch die Größe und die Betriebsstunden des Elektrolyseurs sind maßgebliche Faktoren für einen wirtschaftlichen Betrieb. Allein die reine Nutzung von „**Überschussstrom**“ in Zeiten der Spitzenproduktion von erneuerbarem Strom führt zu keiner wirtschaftlichen Option für Elektrolyseure.

AG 5 Bericht 10/2019

Roadmap PtX

Der Bericht identifiziert wesentliche Einflussfaktoren und beschreibt konkrete Handlungsempfehlungen für die Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff.



GESTEHUNGSKOSTEN GRÜNER H₂

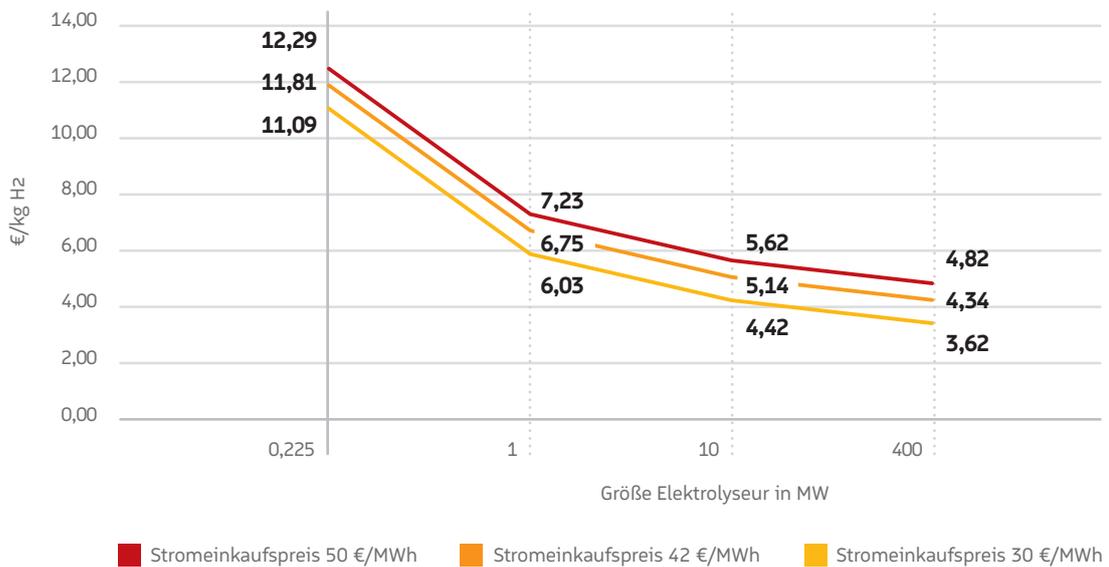


Abbildung 14: **Gestehungskosten** grüner H₂ in Abhängigkeit von der Anlagengröße und dem Strompreis inkl. Abgaben und Umlagen (eigene Darstellung) ⁵⁴

Die heutigen Märkte, in denen H₂ für industrielle Prozesse benötigt wird, umfassen Anwendungen in Raffinerien, der chemischen Industrie sowie in der Glas- und Stahlindustrie. Das aktuelle Potential, um den H₂-Bedarf in Deutschland zu decken, beläuft sich auf rund 23,6 GW Elektrolyseleistung. Bisher wird dieser

Bedarf nahezu ausschließlich durch **Dampfreformierung** unter Verwendung von Erdgas gedeckt. Um mögliche zukünftige Anwendungsgebiete, wie beispielsweise im Wärme- und Verkehrsbereich, mit grünem Wasserstoff bedienen zu können, ist es notwendig, zu nächst das heutige Marktpotential zu erschließen.

Ausblick

Die Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze ist notwendiger Bestandteil für das Gelingen der Transformation im Verkehrsbereich. Dafür braucht es verlässliche regulative Rahmenbedingungen, faire Wettbewerbsbedingungen für **alternative Kraftstoffe** und Antriebsarten sowie einen aktiven politischen Gestaltungswillen.

Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 und dem Klimaschutzgesetz der Bundesregierung wurden bereits erste Weichen für ein zukünftiges Mobilitätssystem geschaffen. Auf der Grundlage eines iterativen Ansatzes können schrittweise einzelne Maßnahmen auf ihre Wirkung hin evaluiert und gegebenenfalls nachjustiert werden. Hierbei gilt es, vor allem im Bereich

der Sektorkopplung die verschiedenen Mechanismen und Instrumente im Bereich Energie und Verkehr kontinuierlich auf ihre Kompatibilität hin zu prüfen und zu optimieren.

Das nächste Projekt der AG 5 umfasst eine zeitliche Modellierung eines vorauslaufenden, flächendeckenden Hochlaufs der öffentlichen Ladeinfrastruktur. Des Weiteren werden sich die Expertinnen und Experten der AG mit den Anforderungen der **Netzintegration** und den energiewirtschaftlichen Auswirkungen der Sektorkopplung beschäftigen. Ein enger Austausch und gemeinsame Arbeitspakete mit anderen AGs sind weiterhin geplant.



5.6 | Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung

International abgestimmte Normen und Standards fördern die nachhaltige und bezahlbare Mobilität der Zukunft

Die Transformation des Mobilitätssektors kann nur erfolgreich und markttauglich umgesetzt werden, wenn sie auf international abgestimmten Standards, Normung sowie Zertifizierung und Typgenehmigung aufbaut. Dies ermöglicht Gesellschaft, Wirtschaft und Politik gemeinsam technische Empfehlungen und Rahmenbedingungen zu formulieren. Dabei werden die Qualität, Sicherheit und Benutzbarkeit gewährleistet und gleichzeitig Investitionen geschützt.

Normen und Standards unterstützen Innovationen in einer zunehmend komplexen und vernetzten Welt, damit die Vision der „Zukunft der Mobilität“ Realität werden kann. Normen sind essentiell für die Transformation des Mobilitätssystems. Sie erhöhen die gesellschaftliche Akzeptanz und das Vertrauen in neue Technologien. Die Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen werden in einem transparenten Prozess definiert. Dabei gilt der Grundsatz, dass Normungsprojekte im Konsens unter Beteiligung aller interessierten Kreise zum Nutzen der Allgemeinheit erarbeitet werden.⁵⁵ Normen werden zusätzlich regelmäßig durch Expertinnen und Experten überprüft und an die neuesten Entwicklungen angepasst.

Unser Mobilitätssystem erstreckt sich bereits heute über eine Vielzahl von Branchen und Technologien, wie zum Beispiel der Automobiltechnik, Elektro- und Energietechnik sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie. Diese branchenübergreifende Verschränkung wird sich in Zukunft noch verstärken. Normen und Standards stellen die notwendige Kompatibilität, **Interoperabilität**, internationale Einsatzfähigkeit und vor allem die Sicherheit der vielfältigen Mobilitätssysteme her.

Ziele und Arbeitsweise der AG 6

Die AG 6 erarbeitet den Handlungsbedarf im Bereich Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung in enger Abstimmung mit allen Arbeitsgruppen der NPM. Auf dieser Grundlage entwickelt die Arbeitsgruppe Empfehlungen an Industrie und Politik, die in Form von Normungs-Roadmaps zur Zukunft der Mobilität veröffentlicht werden.

Die AG 6 arbeitet in enger Abstimmung mit den zuständigen Gremien der Normungsorganisationen Deutsches

Institut für Normung (DIN) und der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) sowie den zuständigen Bundesministerien an der Erarbeitung der Handlungsempfehlungen. Die Normungsorganisationen stellen sicher, dass die nationalen Anforderungen in die europäische und internationale Normungsarbeit einfließen. Daher hat die Arbeitsgruppe sich auch als wichtigen Schwerpunkt gesetzt, die notwendigen internationalen Konsensprozesse zu unterstützen und strategisch zu begleiten.

ÜBERSICHT NORMUNGSORGANISATIONEN

	Allgemein	Elektrotechnik	Tele-kommunikation
International			
Europäisch (regional)			
Deutsch (national)			

Abbildung 15: Übersicht der nationalen und internationalen Normungsorganisationen (eigene Darstellung)

Weiterentwickeln der Ergebnisse der Nationalen Plattform Elektromobilität

Im Bereich der Elektromobilität wurden in der **Nationalen Plattform Elektromobilität** (NPE) bereits umfangreiche Vorarbeiten geleistet. In der 2017 veröffentlichten „Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität 2020“ wurden alle an die Normung gerichteten Basisanforderungen an den Betrieb und das Laden von Elektrofahrzeugen adressiert. Dank der dadurch etablierten internationalen Normen setzten sich für das interoperable Laden die standardisierten Stecker mit den dazugehörigen Kommunikationsstandards in Europa, den USA, Korea und weiteren Ländern durch. Im Themenfeld Elektromobilität der NPM baut die AG 6 auf den Ergebnissen der NPE auf und führt diese weiter.

Die Normen im Bereich der Elektromobilität müssen an die technologischen Entwicklungen kontinuierlich angepasst werden. Dies betrifft Themen wie die Erhöhung der **Ladeleistung**, **Netzintegration**, den **bi-direktionalen Energiefluss** oder automatisierte Abrechnungen. Ein Beispiel für die Weiterführung des Themenbereichs ist die Initiierung der DIN SPEC 91412 „Terminologie und grafische Symbole der Elektromobilität“, welche die einheitliche Verwendung von Begriffen und grafischen Symbolen für die öffentliche und fachliche Kommunikation der Elektromobilität unterstützen soll.

White Paper „Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen zur Zukunft der Mobilität“

Mit dem White Paper „Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen zur Zukunft der Mobilität“ greift die AG 6 zentrale Herausforderungen aus allen Arbeitsgruppen der NPM auf. Darauf aufbauend werden die notwendigen Standardisierungs- und Normungsbedarfe identifiziert, die in naher Zukunft bearbeitet werden müssen. Auch Bedarfe zur Anpassung von Zertifizierungs- und Typgenehmigungs-Prozessen werden beschrieben. Das White Paper fasst die Erkenntnisse als aktuellen Arbeitsstand zusammen und dient als erster Schritt und Grundlage für die im Folgenden zu entwickelnden Schwerpunkt-Roadmaps.

In Zusammenarbeit mit den anderen Arbeitsgruppen der NPM wurden insgesamt sechs Themenfelder identifiziert: Trends in der Mobilität, Antriebsenergie, Stromnetz, Vernetzung, Daten und Lebenszyklus.

AG 6 White Paper 11/2019

Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen zur Zukunft der Mobilität

Das [White Paper](#) stellt die branchenübergreifenden Standardisierungs- und Normungsbedarfe zur Zukunft der Mobilität vor.



THEMENFELDER DER AG 6

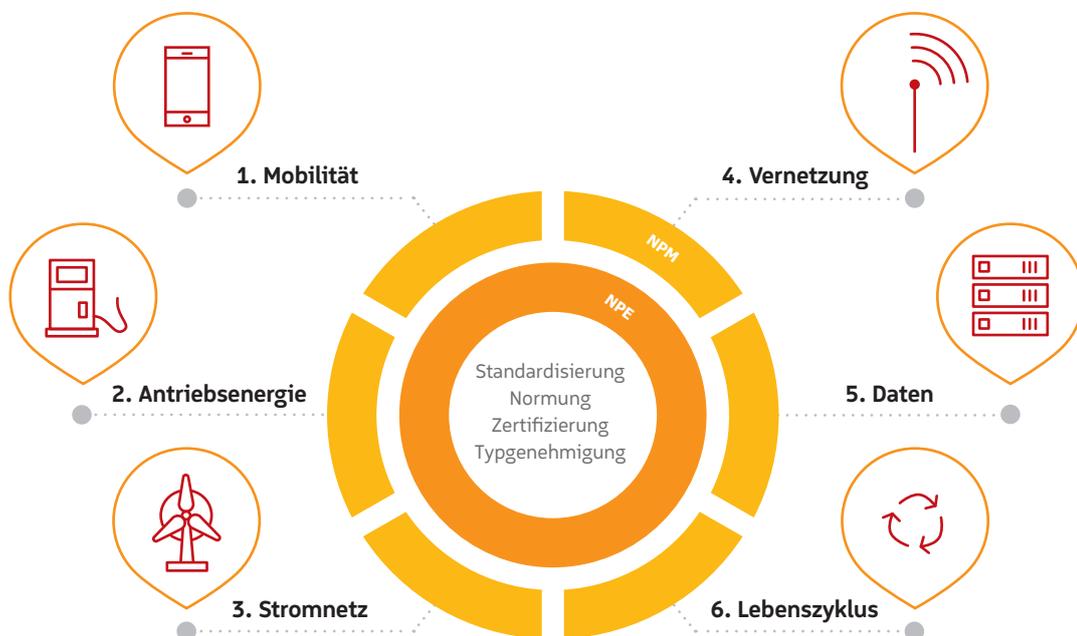


Abbildung 16: Übersicht über die Themenfelder der AG 6 (eigene Darstellung)

Trends in der Mobilität

Bestehende und neue Mobilitätskonzepte sowie das vernetzte und automatisierte Fahren sollen ein ganzheitliches System bilden. Dieses Mobilitätssystem liefert dann den größten Mehrwert, wenn es auf standardisierte und genormte Komponenten und Schnittstellen aufbaut. Auf dieser Grundlage können Unfallzahlen reduziert sowie die Umweltbelastung und volkswirtschaftliche Kosten gesenkt werden.

Durch Elektrifizierung und zunehmend automatisiertes und vernetztes Fahren sind größte Veränderungspotenziale in den kommenden Jahren zu erwarten. Dies betrifft sowohl privat wie öffentlich betriebene Straßenfahrzeuge. Hierzu sind im Wesentlichen folgende technische Herausforderungen zu bewältigen: Erstens, die Bereitstellung einheitlicher Kommunikationssysteme und der Austausch von Verkehrsdaten über geeignete Schnittstellen ohne regionale oder nationale Unterschiede. Zweitens, Datensicherheit bei allen Systemen in und um die Fahrzeuge.

Weitere Herausforderungen sind die Definition von Typgenehmigungskriterien und Prüfscenarien abgestimmt auf die jeweilige Stufe der Automatisierung, Regelungen für den Mischbetrieb sowie Festlegung der Nutzerschnittstellen und Interaktion von Fahrer und Fahrzeug.

Um das volle Potenzial der neuen Mobilitätslösungen auszuschöpfen, muss in der Konzeption immer auch die sinnvolle Anbindung an andere Systeme wie ÖPNV, Schienenverkehr, Binnenschifffahrt und sogar Luftfahrt berücksichtigt werden. Dabei sollten die Bedürfnisse der Kunden und Nutzer im Fokus stehen: für eine hohe Akzeptanz von intermodalem Verkehr müssen die Schnittstellen und Übergänge zum Wechsel des Verkehrsmittels optimal gestaltet werden.

NORMUNGS- UND STANDARDISIERUNGSBEDARFE ZUM AUTOMATISIERTEN UND VERNETZTEN FAHREN

Um den aktuellen Trends frühzeitig gerecht zu werden, müssen einheitliche und international abgestimmte Kommunikationssysteme für Verkehrsdaten entwickelt werden. Diese sind die Grundlage für die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander sowie mit der Infrastruktur. Auch die Schnittstellen zwischen Fahrzeug und Nutzer müssen genau definiert werden. Weiterhin braucht es Standards, damit Datensicherheit der Systeme in und um die Fahrzeuge gewährleistet werden kann. Dazu gehören Störsicherheit, Datenschutz und Datenhoheit. Weiterhin müssen Typgenehmigungskriterien und Prüfscenarien entwickelt werden. Diese müssen auf die jeweilige Stufe der Automatisierung abgestimmt sein. Zudem braucht es klare Regelungen für den Mischbetrieb. Nicht zuletzt werden auch Regelungen zur „elektronischen Deichsel“ (**Platooning**) notwendig. Dies ist insbesondere für den Güterverkehr notwendig.

Antriebsenergie

Für die Nutzung jeglicher Antriebsenergie ist eine flächendeckende Infrastruktur notwendig, sowohl für den personen- als auch güterbezogenen Verkehr (siehe Kapitel 5.5). Klar ist: Im Pkw-Bereich werden **batterieelektrische** und **Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge** im kommenden Jahrzehnt eine zentrale Rolle spielen.

Neben den klassischen Tankstellenlösungen entsteht im Bereich der Elektromobilität eine Vielzahl neuer Lademöglichkeiten in Privathaushalten, Mehrfamilienhäusern, Unternehmen, Kundenparkplätzen, sowie an öffentlich zugänglichen Orten. Nur im Zusammenspiel dieser vielfältigen Lösungen lässt sich eine ausreichende Infrastruktur herstellen. Dabei ist es jedoch

wichtig, dass die einzelnen Ladepunkte möglichst kompatibel und zukunftsfähig sind, um spätere Nachrüstungen und Zusatzinvestitionen zu vermeiden.

Unter anderem sind beim Aufbau der Infrastruktur unterschiedliche **Leistungsparameter** für **AC-** und **DC-Laden** sowie perspektivisch Lösungen für kabelloses Laden und Laden während der Fahrt aus dem Forschungs- und Entwicklungsbereich zu berücksichtigen. Automatisiertes kabelgebundenes Laden, Nutzeridentifikation, Abrechnungssysteme, Anbindung an **Smart**

Meter Gateways und bi-direktionaler Energiefluss sind ebenfalls relevante Aspekte für den Bereich Antriebsenergie.

Im Bereich der Wasserstofftechnologie kann die Verfügbarkeit der Antriebsenergie über eine Tankstelleninfrastruktur bereitgestellt werden, die mit heutigen Tankstellen für Benzin- und Dieselmotoren vergleichbar ist. Hier sind jedoch die Genehmigungsverfahren weiter zu präzisieren und zu vereinheitlichen, Eichrechtsfragen zu klären und die Auslegung der Zapfsäulen für **Verkehrsträger** sicherzustellen.

NORMUNGS- UND STANDARDISIERUNGSAKTIVITÄTEN IM BEREICH ANTRIEBSENERGIE

Die Normung der Technologie zur Produktion, Aufbereitung und Verwendung von Wasserstoff in flüssiger als auch in gasförmiger Form sowie von **synthetischen Kraftstoffen** muss weiterentwickelt werden. Für den Bereich der Fahrzeugkomponenten-Normung müssen die Batteriezellformate für die Traktionsbatterie weiter definiert werden. Auch müssen die Leistungsparameter für das AC-/DC-Laden definiert sowie die Kompatibilität und Zukunftsfähigkeit sichergestellt werden. Beim Thema Laden müssen die Normen zum kabellosen Laden, dem Laden während der Fahrt (z. B. induktiv oder an Oberleitungen) sowie das (automatisierte) kabelgebundene Laden fortentwickelt werden.

Ebenso muss die Kompatibilität von Fahrzeug und Infrastruktur (z. B. über Kommunikationsprotokolle) sichergestellt als auch die Klassifizierung unterschiedlicher Systeme im privaten, gewerblichen und öffentlichen Bereich geklärt werden. Darüber hinaus müssen die Leitplanken 2030 für Wasserstoff gesetzt werden. Dazu zählen die Genehmigung, Kompatibilität, Eichung und Einstufung von Wasserstoff als Energieträger. Auch für die Nachnutzung der Erdgasinfrastruktur müssen Normen und Standards entwickelt werden.

Stromnetz

Der Markthochlauf der Elektromobilität muss erfolgreich in das Stromnetz der Zukunft integriert werden. Durch ein starkes Wachstum von Elektromobilität im Personen- wie auch im Güterverkehr entstehen neue Herausforderungen für unser Stromnetz. In erster Linie beziehen sich diese auf die bedarfsgerechte Bereitstellung ausreichender Netzkapazitäten und eine damit verbundene Errichtung entsprechender Versorgungspunkte. Das notwendige intelligente **Lastmanagement** muss unter anderem die mögliche Nutzung der in elektrifizierten Fahrzeugen verbauten Batterien als dezentrale Energiespeicher berücksichtigen (siehe Kapitel 5.3).

Nur dadurch wird es möglich, einen wesentlichen Beitrag

für eine nachhaltige, zukunftssichere und wirtschaftliche Stromversorgung zu leisten. Dabei kommt perspektivisch dem bi-direktionalen Energiefluss, der technisch wie rechtlich klar geregelt sein muss, eine zentrale Rolle zu.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei intelligentem Lastmanagement ist es außerdem, dass Kunden, Einzel- und Großverbraucher durch abgestimmtes Nutzungsverhalten aktiv zu einer stabilen und versorgungssicheren Stromversorgung für alle beitragen können. Hierfür sind die benötigten Daten zu identifizieren und Standards für einen einheitlichen Datenaustausch, wie zum Beispiel via Smart Meter Gateway zu definieren – unter Berücksichtigung der Aspekte Datenschutz und IT-Sicherheit.

NORMUNGS- UND STANDARDISIERUNGSAKTIVITÄTEN ZUM INTELLIGENTEN LASTMANAGEMENT

Die benötigten Daten für das intelligente Lastmanagement – insbesondere auch für den bi-direktionalen Energiefluss – müssen definiert werden. Ebenso müssen die Datenaustauschprotokolle zwischen Stromnetz, Ladeinfrastruktur und Verbraucher standardisiert werden. Für Smart-Meter-Gateway-Produkte sind die Mindestanforderungen festzulegen. Die Entwicklung von Lastprofilen für die Strombedarfsentwicklung, sogenannte Lastprognosen, sind ein weiteres Kriterium für das intelligente Lastmanagement.

Vernetzung

Die Mobilität der Zukunft ist vernetzt. Öffentliche und private Verkehrsmittel werden intelligent zu neuen bedarfsgerechten und effizienten Mobilitätslösungen verbunden (siehe Kapitel 5.3). Die Verkehrsvernetzung bezieht die elektronische Kommunikation der Verkehrsteilnehmer untereinander in verschiedensten Formen ein: vom Fahrzeug zu anderen Fahrzeugen, zur Straße, zu Netzwerken, zu Personen – zusammengefasst in dem Begriff **Vehicle-to-Everything (V2X)** sowie aus anderer Perspektive **Infrastructure-to-Everything (I2X)**.

Aus Sicht von Standardisierung und Normung ist es dazu vor allem notwendig, sichere Schnittstellen und offene Plattformen für intermodale, automatisierte und vernetzte Mobilität herzustellen. Ergänzend zur technischen Schaffung von Schnittstellen ist vor allem der Aufbau organisationsübergreifender Kooperationen entlang der Wertschöpfungsketten von besonderer Bedeutung. Um die Vision der vernetzten Mobilität Realität werden zu lassen, müssen die Anbieter umfassend zusammenarbeiten, zum Beispiel zur Schaffung übergreifender IT-Sicherheitslösungen.

In stetig wachsenden Städten kann nur durch intelligent vernetzte Lösungen, am besten mit einem hohen Automatisierungsgrad, der Verkehrsfluss entscheidend verbessert werden. Gleichzeitig können intelligente Mobilitätskonzepte eine komfortable Anbindung und Teilhabe auch in ländlichen Regionen sicherstellen. Auch im Güterverkehr kann das steigende Transportvolumen bewältigt werden: durch intermodal vernetzte Logistikkonzepte unterschiedlicher Anbieter und die Kombination von Luft-, Schienen- und Wasserverkehr mit Schnellstraßen und Konzepten für die innerstädtische „letzte Meile“.

Voraussetzungen für die erfolgreiche Vernetzung sind einerseits klar definierte Schnittstellen, die den sicheren Verkehrsfluss unterstützen, die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Plattformen für intermodale Mobilitätsdienstleistungen ermöglichen und die berechtigten Interessen der Nutzer und Anwender berücksichtigen. Andererseits ist neben der funktionalen Sicherheit ein hohes Maß an Informationssicherheit zu gewährleisten.

NORMUNGS- UND STANDARDISIERUNGSAKTIVITÄTEN IM BEREICH VERNETZUNG

Um die Verkehrsvernetzung weiter voranzutreiben, müssen der Datenaustausch sowie die Datenschnittstellen im Bereich V2X und V2I definiert werden. Für den intermodalen Verkehr sind die notwendigen einheitlichen Schnittstellen unter Berücksichtigung der Bedarfe notwendiger Stakeholder zu definieren bzw. zu optimieren. Auch müssen die Anforderungen an offene und unabhängige Plattformen für den Datenaustausch geklärt werden. Ebenso kann die Informationsbereitstellung zu verkehrsträgerübergreifenden Mobilitätsangeboten über Standards verbessert werden. Wichtig ist dabei, dass die Informationssicherheit gewährleistet wird. Der Schutz von Daten und kritischer Infrastrukturen vor menschlichem und technischem Versagen sowie Angriffen und Missbrauch ist sicherzustellen.

Daten

Daten sind die Basis für neue Verkehrskonzepte und Mobilitätsdienstleistungen. Für die Zukunft der Mobilität ist es daher notwendig, dass die Erhebung, Verwendung, Verarbeitung und der Schutz von Mobilitätsdaten definiert und in Einklang mit dem Datenschutzrecht gebracht wird. Die Klärung der Nutzungs- und Besitzrechte der Daten, die Datensicherheit sowie die damit zusammenhängenden Pflichten sind Grundlage für das Vertrauen und die Akzeptanz der Anwenderinnen und Anwender.

Schon heute werden in Kraftfahrzeugen und Infrastruktureinrichtungen enorme Datenmengen generiert. Mit höheren Automatisierungsstufen steigt die Datenmenge rasant an. Durch eine Vielzahl von datengenerierenden Geräten, wie Kameras, Radar, Lidar oder UL-

traschallsensoren, wird der sichere (teil-)autonome Betrieb überhaupt erst ermöglicht. Welche dieser Daten können jedoch über den reinen Fahrbetrieb hinaus genutzt werden, zum Beispiel um selbstlernende Systeme für das automatisierte Fahren zu trainieren oder um verkehrs- und versicherungsrechtliche Fragen bei einem Unfall zu klären?

Diese Fragestellungen beziehen sich natürlich nicht nur auf den Straßenverkehr, sondern auch auf alle anderen Verkehrsträger und -mittel: vom Leih-Scooter über öffentliche Verkehrsmittel bis hin zu Fußgängern, die von anderen Verkehrsteilnehmern digital erfasst werden. Entsprechend bedarf es übergreifender Regeln zum Umgang mit diesen Daten.

NORMUNGS- UND STANDARDISIERUNGSAKTIVITÄTEN IM BEREICH DATEN

Für die Zukunft der Mobilität ist eine standardisierte Verwendung von Mobilitätsdaten erforderlich. Dies ist vor allem für die Bildung von Testszenarien, das intelligente Lastmanagement sowie das Anlernen und Trainieren von Künstlicher Intelligenz notwendig. Im Bereich Datenerhebung und Anwendungszweck sind die zu generierenden und zu erfassenden Fahrzeug- und Umgebungsdaten zu definieren. Auch die Art der Daten-Clusterung und -speicherung sowie die Sicherstellung, dass die erhobenen Daten standardisiert sind, müssen berücksichtigt werden. Beim Datenbesitz und den Nutzungsrechten sind verpflichtende Standards zum diskriminierungsfreien Datenzugang bei vernetzten Mobilitätsangeboten notwendig. Insgesamt müssen die Anforderungen zur Informationssicherheit, an Datenmodelle sowie zur Datensparsamkeit definiert werden.

Lebenszyklus

Der ökologische Fußabdruck, der mit jedem zurückgelegten Kilometer hinterlassen wird, setzt sich aus vielfältigen Faktoren zusammen: Einerseits die Emissionen direkt am Fahrzeug – neben **Treibhausgasen** auch Schadstoffe oder Lärm –, andererseits aber auch der Umwelteinfluss, der durch Herstellung des Fahrzeuges und die Bereitstellung der benötigten Energieform für den Antrieb erzeugt wird. Die Verwertung des Verkehrsmittels am Ende des Lebenszyklus muss ebenfalls betrachtet werden. Darüber hinaus spielen für eine relevante Nachhaltigkeitsbewertung auch soziale und ethische Aspekte eine Rolle.

Bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Fahrzeugen mit verschiedenen Antriebsenergien ist zuerst einmal ein gemeinsames Verständnis der unterschiedlichen relevanten Bewertungskriterien und Einflussfaktoren zu schaffen. Hier sind auch zu erwartenden zukünftigen Entwicklungen, wie Effizienzsteigerungspotenziale oder regenerativ hergestellte Kraftstoffe, zu betrachten.

Bei der Nachhaltigkeitsbewertung der Batterie muss der gesamte Lebenszyklus einbezogen werden. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft ist hier auch das Recycling oder eine mögliche Zweitnutzung (siehe Kapitel 5.4) zu berücksichtigen. Auch die Diskussion, inwiefern Batteriezellen oder -module standardisierbar sind und welche Nachhaltigkeitsvorteile daraus zu erwarten wären, sind weiter zu konkretisieren.

Eine effiziente Kreislaufwirtschaft kann nur unter Einsatz digitaler Technologien umgesetzt werden. Dazu zählen vor allem die Möglichkeiten der Dokumentation einzelner Inhaltsstoffe von der Gewinnung über die Verarbeitung bis hin zur Verwertung. Mittels einer eigenen **Blockchain** könnten zum Beispiel solche Daten sicher mit allen Beteiligten geteilt werden und die Informationen stunden in Echtzeit zur Verfügung. Dies ermöglicht eine vertrauenswürdige und transparente Lieferkette, die auf Ressourceneffizienz ausgerichtet ist.

STANDARDISIERUNG- UND NORMUNGSAKTIVITÄTEN IM BEREICH NACHHALTIGKEIT

Für Fahrzeuge und Antriebsenergien ist ein Nachhaltigkeitsvergleich über den gesamten Lebenszyklus inklusive der zukünftigen Entwicklungspotentiale, beispielsweise einer Kreislaufwirtschaft, notwendig. Dafür müssen bereits vorhandene Nachhaltigkeits-Bewertungsschemata oder Normen geprüft und weiterentwickelt werden. Ebenso ist eine Label-Entwicklung zur Nachhaltigkeit zu prüfen. Für den intermodalen Verkehr müssen bei der Bewertung der Nachhaltigkeitspotentiale die Potentiale durch die Digitalisierung im Mobilitätssektor berücksichtigt werden. Ebenso muss der Rad- und Fußverkehr dabei als Faktor miteinbezogen werden.

Internationale Kooperationen

Internationale Normen stellen eine gemeinsame technische Sprache zwischen Handelspartnern dar und fördern den weltweiten Handel. Die AG 6 arbeitet daher aktiv daran, die internationale Zusammenarbeit in diesem Bereich auszubauen. National oder europäisch abgestimmte Normen sollen weltweit Beachtung finden.

Mit den USA regelt seit 2016 eine Vereinbarung zwischen der Internationalen Organisation für Normung (ISO) und dem Verband der Automobilingenieure (SAE) die Zusammenarbeit der beiden Organisationen. Sie ermöglicht die Erstellung gemeinsamer Normen im Fahrzeugbereich und verbessert die Akzeptanz und Anwendung internationaler Normen von ISO und der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in den USA. Die Verlängerung der zunächst zeitlich begrenzten Vereinbarung ist derzeit in Verhandlung.

Die Bundesregierung und die chinesische Regierung haben zudem bereits ab 2011 eine enge Zusammenarbeit beim Thema Elektromobilität vereinbart. Unter der Deutsch-Chinesischen Normungskommission (DCKN)

wurde in diesem Zusammenhang die Unterarbeitsgruppe Elektromobilität gegründet. Der technische Dialog befasst sich mit den Themen Laden mit höheren Ladeleistungen, kabelloses Laden und Traktionsbatterie. Im Rahmen der DCKN wird derzeit zudem geprüft, in welcher Form und bei welchen Themen eine Zusammenarbeit beim automatisierten vernetzten Fahren zu Normungsfragen möglich ist.

Zusätzlich hat die AG 6 in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) die strategische Zusammenarbeit mit dem japanischen Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) diskutiert und neu festgelegt. Im Rahmen einer Joint Strategic Group, welche sich auf deutscher Seite aus dem AG 6 Steuerkreis und weiteren Vertretern des BMWi zusammensetzt, wird der Inhalt eines aktualisierten Arbeitsprogrammes derzeit abgestimmt. Darüber hinaus wird zwischen der AG 6 und dem Korean Autonomous Vehicle Standardization Forum (KAVSF) eine Kooperation zur Standardisierung der Zukunft der Mobilität angestrebt. Die konkrete Form und Struktur einer Kooperation befinden sich derzeit in Abstimmung.

Auf der Ebene der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen UNECE wurde 2018 die Arbeitsgruppe GRVA eingesetzt. Diese Arbeitsgruppe beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit funktionalen Anforderungen, Prüfanforderungen, neuen Bewertungsmethoden sowie **Cybersicherheit**, Software-Updates und Datenspeicher für automatisierte Fahrfunktionen und Fahrzeuge. Die Arbeit auf Ebene der UNECE ist elementar für die Definition eines gemeinsamen Verständnisses zwischen den Signatarstaaten der UNECE für einen einheitlichen

Genehmigungsrahmen von Fahrzeugtechnologie und deren Nutzung. Die AG 6 behält die Entwicklungen auf der Ebene der UNECE dazu genau im Blick.

Das gleiche gilt für die von der Europäischen Kommission ins Leben gerufene Plattform für eine kooperative, vernetzte und automatisierte Mobilität, CCAM. Ziel der Gruppe ist es, Grundsätze für eine europäische Regulierung in den Bereichen des Zugangs zu und des Austausches von Daten, Straßenverkehrsinfrastruktur, digitale Infrastruktur, Kommunikationstechnologie, Cybersicherheit und Straßenverkehrssicherheit zu erarbeiten.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Ziel der AG 6 ist es, bis 2021 aus den im White Paper beschriebenen Themenfeldern wichtige, über alle betroffenen Branchen abgestimmte Handlungsempfehlungen über Schwerpunkt-Roadmaps zu erarbeiten. Diese Empfehlungen bilden die deutsche Normungs- und Standardisierungsstrategie zur Zukunft der Mobilität.

Eine Unterarbeitsgruppe der AG 6 beschäftigt sich derzeit mit Fragen zur Zertifizierung und Typgenehmigung. Für den Bereich der Fahrzeugentwicklung gibt es einen Paradigmenwechsel, weg von einer Zulassung einzelner Fahrzeugtypen. Im digitalen Zeitalter sollte die Genehmigung automatisierter Fahrfunktionen auch mit Hilfe von Simulationen und Überwachungen im Feld kombiniert werden. Für Fahrzeugsysteme mit höheren Automatisierungsstufen bedarf es zeitnah international harmonisierter Prüfvorschriften zur Anwendung im Typgenehmigungsverfahren. Diese sollen die Überprüfbarkeit der Fahrzeuge in der Betriebsphase beinhalten. Die Unterarbeitsgruppe erarbeitet dazu ein eigenes White Paper, das 2020 veröffentlicht werden soll.

Darüber hinaus sind Schwerpunkt-Roadmaps zu den Normungsbedarfen für die Themenfelder „Intelligentes Lastmanagement“, „Automatisiertes und vernetztes Fahren“ und „Nachhaltige Mobilität“ bereits in Arbeit.

Normung und Standardisierung sind Kernelemente für die Entwicklung zukünftiger Verkehrssysteme. Eine frühzeitige Adressierung und Umsetzung sind notwendig, damit die Systeme Marktreife erhalten und die positiven Effekte im großen Maßstab zur Entfaltung kommen. Normen bieten den Unternehmen Orientierung und Hilfe bei der Durchsetzung neuer Technologien. Produzenten und Nutzer können sich dank Standardisierung und Normung auf funktionierende und herstellerübergreifende Schnittstellen verlassen. Dadurch wird das notwendige Vertrauen und die gesellschaftliche Akzeptanz für neue Technologien geschaffen, die für eine Transformation des Mobilitätssystems notwendig sind.

6

Handlungs- empfehlungen

6 | Handlungsempfehlungen

Im Folgenden werden die Handlungsempfehlungen aus den sechs Arbeitsgruppen gebündelt dargestellt. Ausführlichere Darstellungen finden sich in den jeweiligen AG-Kapiteln und in den bereits vorgelegten Zwischenberichten der NPM. Die detaillierten Handlungsempfehlungen der Zwischenberichte wurden zum Teil bereits von der Bundesregierung aufgegriffen und befinden sich aktuell in der Umsetzung. Zu nennen ist hier unter anderem die Empfehlung der AG 1, eine CO₂-Bepreisung über alle Nicht-ETS-Sektoren zu prüfen. Des Weiteren befindet sich die Empfehlung der AG 3 zur Einrichtung eines Reallabors bereits in Prüfung, und auch Maßnahmen der AG 5 sind bereits in den Masterplan Ladeinfrastruktur eingeflossen.

AG 1 – Klimaschutz im Verkehr voranbringen

Die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor müssen bis 2030 um 42 % gegenüber 1990 auf 95 Millionen t gesenkt werden. Im ersten Bericht der NPM hat die AG 1 ein Zielsystem mit zentralen Kenngrößen für den Verkehrssektor entwickelt, das sechs Handlungsfelder umfasst. Die in den Handlungsfeldern erarbeiteten Zielkorridore zeigen auf, welche Veränderungen zu erreichen sind, um die Klimaziele im Verkehrssektor einzuhalten. Unerlässlich ist, dass die in den Handlungsfeldern dar-

gestellten Zielgrößen mit entsprechenden Instrumenten und Rahmenbedingungen hinterlegt beziehungsweise Anreize gegeben werden. Wichtig ist, dass Maßnahmen und Instrumente aus Handlungsfeldern kombiniert betrachtet und aufeinander abgestimmt werden. Die hierfür benötigten Maßnahmen und Instrumente wurden und werden von den Arbeitsgruppen 2 bis 6 der NPM weiterentwickelt und spezifiziert (siehe Handlungsempfehlungen der AGs).

DIE NPM EMPFIEHLT:

- Um die CO₂-Minderungspotenziale zu heben, müssen in allen sechs Handlungsfeldern gleichzeitig umfangreiche Maßnahmen mit hohem Ambitionsniveau ergriffen und zügig umgesetzt werden. Alle Verkehrsträger und Technologien werden gebraucht.
- Förderung der Elektromobilität zunächst durch Anreizprogramme: Erhöhung des Bestandes an E-Pkw auf 7 bis 10,5 Millionen bis 2030.
- Ausschöpfung des Effizienzpotenzials bei verbrennungsmotorischen Fahrzeugen.
- Erhöhung des Anteils der alternativen und synthetischen Kraftstoffe unter Beachtung von Nachhaltigkeitsstandards.
- Steigerung des Anteils in der Personenverkehrsleistung von Schienenverkehr sowie Rad- und Fußverkehr.
- Erhöhung des Anteils von Schiene und Binnenschifffahrt an der Verkehrsleistung im Güterverkehr.
- Hebung der Potenziale der Digitalisierung, um Verkehrssysteme verkehrsträgerübergreifend effizienter und emissionsarme Mobilität komfortabler zu gestalten.
- Klimaschutz ist als dynamischer Prozess zu gestalten. Es bedarf eines regelmäßigen Monitorings und eines kontinuierlichen Nachsteuerens bei Instrumenten und Maßnahmen.

AG 2 – Alternative Antriebe und Kraftstoffe technologieoffen fördern

Alternative Antriebe und Kraftstoffe haben jeweils spezifische Einsatzfelder im Verkehr, in denen sie zur nachhaltigen CO₂-Reduzierung besonders beitragen. Um die gesamte Bandbreite dieser Möglichkeiten effizient und effektiv zu nutzen, spricht sich die AG 2 für einen technologieoffenen Ansatz aus.

DIE NPM EMPFIEHLT:

- Die Forschungs- und Innovationsförderung sollte entlang aller Antriebe und Energieträger- bzw. Kraftstoffarten ausgebaut werden. Dabei geht es sowohl um technologische als auch um umsetzungs- und marktbezogene Forschung.
- Das Verkehrssystem darf für eine zielgerichtete und nachhaltige CO₂-Gesamtreduktion nicht losgelöst vom Energiesektor und muss unter Beachtung der Wechselwirkung mit dem Industrie- und Wärmesektor betrachtet werden. Die Verfügbarkeit „grüner“ Energieträger muss ausgebaut werden.
- Für den Markthochlauf der Batterie- und Fahrzeugproduktion ebenso wie für die Schaffung der erforderlichen Infrastruktur bedarf es politischer Unterstützung.
- Um die Markteinführung und den Markthochlauf von strombasierten Kraftstoffen zu ermöglichen, müssen entsprechende Rahmenbedingungen – wie beispielsweise technologiespezifische Verwendungsquoten oder steuerliche Förderung – geschaffen werden.
- Aufgrund der Energiedichte von Wasserstoff bietet sich schon heute der Einsatz von Brennstoffzellen insbesondere bei Fahrzeugen mit hohen Fahrleistungen an. Die CO₂-freie Wasserstofferzeugung und der Infrastrukturausbau sollten gefördert werden. Dafür sollten die in Deutschland in Forschung und Industrie vorhandenen global führenden Kompetenzfelder genutzt werden.
- Insbesondere in der Schifffahrt und im Luftverkehr sind alternative Kraftstoffe unverzichtbar. Ergänzend sollten im Straßenverkehr strombasierte und kurzfristig auch biomassebasierte Kraftstoffe sinnvoll eingesetzt werden. Effizienzpotenziale des Verbrennungsmotors und von Hybridantrieben sollten weiter vorangetrieben werden.

AG 3 – Potentiale der Digitalisierung für den Verkehrssektor nutzen

Digitalisierung kann die Mobilität der Zukunft umwelt- und klimafreundlicher, effizienter, bequemer, gesünder und bezahlbarer gestalten. Um das Potential der Digitalisierung für den Verkehrssektor nutzbar zu machen,

EMPFIEHLT DIE NPM:

- Praktische Erprobung intermodaler Mobilität in Verbindung mit autonomem Fahren in einem Reallabor, um wirksame Anreize zur Mobilitätsverhaltensänderung zu erforschen.
- Autonome Mobilität vorantreiben, zum einen durch eine Beschleunigung des Prozesses der Typgenehmigung für Fahrzeuge mit automatisierten Fahrfunktionen und zum anderen durch die Schaffung von Voraussetzungen, um typgenehmigungspflichtige Funktionen per Software-Update freischalten zu können.
- Schaffung der Grundlagen für ein Mobilitätsdatenökosystem, vor allem durch einheitliche Vorgaben und Standards für den Austausch von Infrastruktur-, Fahrzeug- und dynamischen Mobilitätsdaten. Eine gemeinsame Umsetzungs-Roadmap ist zu definieren.
- Schaffung eines geeigneten Rechtsrahmens für Personenbeförderung ohne Fahrer auf Basis von Automatisierungsstufe 4 und 5.
- Gewährleistung von Cybersecurity, u.a. durch eine Übermittlung von Daten aus den Verkehrsmitteln an Dritte nur über ein vom Verkehrsmittelhersteller implementiertes und zertifiziertes Backend.
- Gründung und Unterstützung einer „Dialoginitiative Digitale Mobilität“, die die Partizipation der Bürgerinnen und Bürger vor Ort einschließt, sowie Erprobung einer Dialogstrategie im Reallabor.

AG 4 – Mobilitäts- und Produktionsstandort sichern

Gemeinsam mit der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung von Fahrzeugen und Produktion erfordert der Antriebswechsel von verbrennungsmotorischen Antrieben hin zur Elektromobilität eine Neuausrichtung der (auto) mobilen Wertschöpfung und Beschäftigung. Um den Strukturwandel zu bewältigen,

GIBT DIE NPM FOLGENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN:

- Aufbau einer Batteriezellfertigung durch deutsche oder europäische Unternehmen in Europa, die den Bedarf der Automobilindustrie auch bei steigender Nachfrage sicherstellen kann und die Abhängigkeit von Zellimporten verringert.
- Ausbau von Software-Kompetenz und systemübergreifendem Wissen für integrierte Systemtechnik und -lösungen im Bereich der Leistungselektronik.
- Kompetenzen im Bereich des Verbrennungsmotors über Ausbildung und Studium erhalten, um auch hier Wertschöpfungsketten auf absehbare Zeit intakt zu halten.
- Regionale Kompetenz-Hubs bilden und regionale Transformationsgesellschaften erproben, um unternehmensübergreifend erfolgreiche Personalqualifizierung im Strukturwandel zu forcieren.
- Unternehmen unterstützen durch Analyse- und Prognosetools zum Zwecke strategischer Personalplanung, um den Strukturwandel zu bewältigen.
- Qualifizierungschancengesetz und Regelungen zum Kurzarbeitergeld weiterentwickeln, um Qualifizierung besser zu fördern.

AG 5 – Verkehrs- und Energienetze stärker miteinander verbinden

Die Sektorkopplung ist ein Schlüsselement der technologischen Entwicklungen im Verkehrsbereich. Die Bereitstellung von Energie in Form von Strom, gasförmigen sowie strombasierten Kraftstoffen benötigt neue Lade- und Tankinfrastrukturen.

ZUR UNTERSTÜTZUNG DES AUFBAUS NEUER INFRASTRUKTUREN EMPFIEHLT DIE NPM:

- Beschleunigung der rechtlichen Anpassungen zur Erleichterung der Installation privater Ladeinfrastruktur.
- Berücksichtigung von wirtschaftlichen Faktoren bei der Bedarfsermittlung von öffentlicher Ladeinfrastruktur.
- Beschleunigung und Harmonisierung von Genehmigungsverfahren im Bereich der Ladeinfrastruktur.
- Schaffung von verfügbaren, zentralen Flächen für die öffentliche Ladeinfrastruktur, vor allem in städtischen Bereichen.
- Stärkere Berücksichtigung der THG-Komponente bei der Lkw-Maut sowie Verlängerung der Anschaffungsförderung für LNG- und CNG-Fahrzeuge.
- Senkung von Investitions-, Strom- und Stromnebenkosten sowie Schaffung eines Level-Playing-Fields für die Umwandlung von Strom aus erneuerbaren Energien in Wasserstoff und strombasierte Kraftstoffe.

AG 6 – Standards und Normen weiterentwickeln

Für die Transformation des Mobilitätssystems bedarf es technischer Rahmenbedingungen wie Standardisierung und Normung, damit die technologischen Entwicklungen in markttaugliche Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden können.

DIE NPM EMPFIEHLT:

- Notwendigkeit der branchenübergreifend definierten und international abgestimmten Standards und Normen sowie anerkannter Prozesse für Zertifizierung und Typgenehmigung.
- Aktive Gestaltung und Vorantreiben der internationalen Zusammenarbeit in Bereich der Normen und Standards.
- Definition und Beschreibung von sicheren Schnittstellen und offenen Kooperationsplattformen für eine verkehrsträgerübergreifende, intermodale sowie automatisierte und vernetzte Mobilität.
- Definition und Organisation der Erhebung, Verwendung, Verarbeitung und Schutz der Mobilitätsdaten sowie Synchronisation mit dem Datenschutzrecht.
- Bewertung und Betrachtung der Nachhaltigkeit der zukünftigen Mobilitätslösungen über den gesamten Lebenszyklus.

Glossar *

Alle Begriffe, die im Text **rot** markiert sind, werden hier erläutert.

AC-Laden

Laden mit Wechselstrom (AC, engl. alternating current).

Achsenzwischenräume

Räume zwischen wichtigen Verkehrsachsen des ÖPNV. Diese Räume können nicht ausreichend mit Mobilitätsangeboten versorgt sein. Autonome Fahrzeuge könnten diese Versorgungslücken füllen.

Automatically Commanded Steering Function (ACSF)-Gruppe

Informelle Arbeitsgruppe der Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles (GRVA) der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE). Sie erarbeitet technische Anforderungen an automatisierte Fahrzeuge.

Alternative Antriebstechnologien

Alternativen zu konventionellen Antrieben mit einem Verbrennungsmotor (Otto- und Dieselmotor), beispielsweise batterieelektrische, hybride, erdgas- oder flüssiggasbetriebene Antriebstechnologien.

Alternative Kraftstoffe

Alternativen zu Benzin und Diesel, wie beispielsweise Strom, Wasserstoff, Biodiesel, Bioethanol, Pflanzenöl, Erdgas und Autogas.

Automatisierung (von Fahrzeugen) / autonomes Fahren

Automatisierte Fahrfunktionen übernehmen Aufgaben des Fahrers auf verschiedenen Automatisierungsstufen – vom Fahrassistenzsystem bis zur vollumfänglichen Übernahme der Fahreraufgabe.

Siehe auch Eintrag „Stufen der Automatisierung“.

Backend

Server und Hintergrundsystem, auf dem Daten gespeichert und verarbeitet werden.

Battery Electric Vehicle (BEV)

Batterieelektrisches Fahrzeug. Reines Elektrofahrzeug, das ausschließlich mit einem Elektromotor ausgestattet ist und seine Energie aus einer Batterie im Fahrzeug erhält.

Bidirektionaler Energiefluss

Energiefluss, bei dem Strom sowohl vom Stromnetz in das Fahrzeug als auch vom Fahrzeug in das Stromnetz fließen kann, sodass ein Ladefluss in beide Richtungen möglich ist; auch genannt: Vehicle-to-Grid-Technologie (V2G-Technology).

Biokraftstoffe

Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden. Beispiele sind Bioethanol, Biogas und Biodiesel.

Biomethan, Bio-LNG

Biomethan, auch Bio-Erdgas genannt, ist aufbereitetes Biogas, welches nach der Aufbereitung (Trocknung, CO₂-Abscheidung und Entschwefelung) die gleichen chemischen und brenntechnischen Eigenschaften wie Erdgas im öffentlichen Gasnetz besitzt und daher als Ersatz für Erdgas in jenes eingespeist werden kann.

Bio-liquid natural gas. Verflüssigtes Biomethan.

Blockchain

Verkettete Folge von Datenblöcken, die über die Zeit weiter fortgeschrieben wird. Eine Blockchain wird nicht zentral gespeichert, sondern als verteiltes Register geführt. Alle Beteiligten speichern eine eigene Kopie und schreiben diese fort. Es muss sichergestellt werden, dass eine bei allen Beteiligten identische Kette entsteht. Durch kryptographische Verfahren wird sichergestellt, dass die Blockchain nicht nachträglich geändert werden kann. Die Kette der Blöcke ist somit unveränderbar, fälschungs- und manipulationssicher.

Bruttostromverbrauch

Der Bruttostromverbrauch bezeichnet die in einer Volkswirtschaft erzeugte oder eingeführte Gesamtstrommenge abzüglich der ausgeführten Energiemenge. Hierbei werden alle Stromerzeugungsquellen berücksichtigt. Im Vergleich zum Nettostromverbrauch sind hier auch der Eigenverbrauch der Stromerzeugungsanlagen, der Pumpstromverbrauch sowie Leistungsverluste enthalten.

Carsharing

Kunden eines Carsharing-Anbieters können sich flexibel ein Auto mieten.

Car-to-Everything (C2X)

Car-to-Everything-Kommunikation bezeichnet den Austausch von Informationen und Daten zwischen Kraftfahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur.

City-Maut-Systeme

Regulierung der Zufahrt / des Zugangs zur Stadt. Aufgrund der Zunahme negativer Folgen von wachsenden Verkehrsströmen (wie Luft- oder Lärmverschmutzung) insbesondere in Ballungsräumen, können Städte und Gemeinden die Zufahrt von Fahrzeugen regulieren. Zum Beispiel indem Fahrzeuge mit einem hohen CO₂-Ausstoß nur in bestimmten Zonen fahren dürfen.

CO₂-Äquivalent

Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase. CO₂-Äquivalente zeigen, welche Menge eines Gases in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhausgaswirkung entfalten würde wie Kohlenstoffdioxid (CO₂).

CO₂-Bepreisung

Ein CO₂-Preis, auch Kohlenstoffpreis genannt, ist ein Preis, der für Emissionen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) gezahlt werden muss.

Cybersecurity/Cybersicherheit

Schutz von Computersystemen, Netzwerken, Informationen, Daten und vor digitalen Angriffen.

Dampfreformierung

Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus kohlenstoffhaltigen Energieträgern (insb. Erdgas). Der Energieträger reagiert dabei mit Wasserdampf bei hohen Temperaturen zu Wasserstoff und Kohlenmonoxid.

DC-Laden

Laden mit Gleichstrom (DC, engl. direct current). Das Laden mit Gleichstrom (DC) wird üblicherweise für höhere Ladeleistungen verwendet.

Disruptive Technologie

Disruptive Technologien (von engl. disrupt: zerstören, unterbrechen) sind Innovationen, die die Erfolgsserie von bereits bestehenden Technologien, Verfahren, Produkten oder Dienstleistungen unterbrechen und sie ersetzen oder vollständig vom Markt verdrängen.

Elektrolyse

Aufspaltung von chemischen Verbindungen mithilfe

von elektrischer Energie. Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen drei Verfahren (alkalische Elektrolyse, PEM-Elektrolyse und Festoxid-Elektrolyse).

Erdgas

Brennbares fossiles Gasgemisch, dessen Hauptbestandteil Methan (CH₄) ist und das in unterirdischen Lagerstätten vorkommt. Es ist zum Teil vor über 500 Millionen Jahren entstanden und von Natur aus farblos, ungiftig und geruchlos.

Flüssiges Erdgas (engl. liquefied natural gas, LNG)

Erdgas, das durch Abkühlung auf unter 160 °C verflüssigt und dadurch stark komprimiert wird. Es kann aufgrund des geringen Volumens (ca. 1/600 des gasförmigen Zustands) in Spezialbehältern z. B. per Schiff transportiert werden. LNG kann im flüssigen Zustand oder, nachdem es regasifiziert wurde, im gasförmigen Zustand genutzt werden.

Komprimiertes Erdgas**(engl. compressed natural gas, CNG)**

Die Abkürzung CNG steht für Compressed Natural Gas und bezeichnet auf ca. 200 bis 250 bar verdichtetes Erdgas. Durch seine hohe Energiedichte und seine geringen Emissionswerte eignet es sich sehr gut zum Betrieb von Fahrzeugen, die dafür mit einem entsprechenden Hochdrucktank ausgestattet sein müssen. Ein Vorteil von CNG ist, dass es bei seiner Aufbereitung als Kraftstoff ohne Additive und komplizierte Raffinierungsverfahren auskommt.

Synthetisches Erdgas (engl. synthetic natural gas, SNG)

Synthetisches Gas, dessen chemische Eigenschaften identisch mit denen von Erdgas sind. Als Ausgangsstoff dient Wasserstoff, aus dem unter Hinzunahme von Kohlenstoffdioxid Methan erzeugt wird.

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.

EU Emission Trading System (EU-ETS)

Europäischer Emissionshandel. Seit 2005 zentrales Instrument zur Begrenzung der CO₂-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 CO₂-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.

EU-Flottengrenzwert

Europäische Regelung zur Begrenzung des CO₂-Ausstoßes für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Die durchschnittlichen Emissionen der neu zugelassenen Fahrzeuge eines Herstellers dürfen einen gesetzlich fixierten Grenzwert in Gramm CO₂ pro gefahrenen Kilometer nicht überschreiten. Der durchschnittliche Ausstoß von Pkw darf ab dem Jahr 2020 95 g/km, von leichten Nutzfahrzeugen (Transporter bis 3,5 t) 147 g/km nicht überschreiten.

European Train Control System (ETCS)

Das Europäische Zug-Kontroll-System (European Train Control System) ermöglicht das Fahren ohne Haupt- und Vorsignale. So kann die Sicherheit erhöht werden. Dieses System ähnelt einem Autopiloten, wie er in der Verkehrsflughafen ebenfalls zum Einsatz kommt.

Fahrzeug- und Fahrereffizienz

Fahrzeug- und Fahrereffizienz beschreibt die Verringerung des Energieverbrauchs im Fahrzeug pro gefahrenen Kilometer.

Feinstaub (PM_x)

Teilchen in der Luft, die nicht sofort zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit in der Atmosphäre verweilen. Feinstaub kann natürlichen Ursprungs sein oder durch menschliches Handeln erzeugt werden. In Ballungsgebieten ist vor allem der Straßenverkehr eine bedeutende Feinstaubquelle, wobei der Feinstaub nicht nur aus Motoren – vorrangig aus Dieselmotoren – in die Luft gelangt, sondern auch durch Bremsen- und Reifenabrieb sowie durch die Aufwirbelung des Staubs auf der Straßenoberfläche.

Fischer-Tropsch-Prozess

Über den Fischer-Tropsch-Prozess können strombasierte flüssige Kraftstoffe wie Benzin, Diesel oder Kerosin synthetisch erzeugt werden, die mit der bestehenden Infrastruktur (Fahrzeugantriebe, Tankstellen) kompatibel sind.

Flexible Bedienformen

Verkehre, die den konventionellen Linienverkehr des ÖPNV um bedarfsorientierte Mobilitätsangebote ergänzen.

Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Brennstoffzellenfahrzeug. Elektrofahrzeuge, die ihre Antriebsenergie aus der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff in der Brennstoffzelle beziehen.

Gesamtwirkungsgrad

Der Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis von Energieeinsatz und erhaltener Leistung (z. B. Strom oder Wärme). Der Gesamtwirkungsgrad von Anlagen zur Stromproduktion setzt sich zusammen aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad.

(Strom-)Gestehungskosten

Gestehungskosten im Allgemeinen sind die Kosten für die Herstellung eines Gutes. Diese umfassen die Materialkosten sowie die Fertigungskosten. Die Kosten für Transport und Vertrieb werden nicht hinzugerechnet.

Stromgestehungskosten sind die Kosten, die für die Umwandlung einer Energieform in elektrischen Strom aufgewendet werden müssen. Sie entstehen im Wesentlichen aus den Materialkosten wie dem Brennstoff und den Fertigungskosten, die beispielsweise die Kosten für ein Kraftwerk und dessen Betrieb umfassen. Sie werden in der Regel in Euro je Megawattstunde angegeben.

Hybrid Electric Vehicle (HEV) / Hybrid-Fahrzeug

Ein Nutzfahrzeug, das ein elektrisches und konventionelles Antriebs- und Energiesystem vereint. Das Fahrzeug ist sowohl mit einem Verbrennungsmotor als auch mit einem Elektromotor ausgestattet.

Infrastructure-to-Everything (I2X)

Elektronische Kommunikation zwischen der Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsteilnehmern.

Intermodalität

Intermodalität beschreibt ein Verkehrssystem, das Nutzer/-innen die Option anbietet, verschiedene Verkehrsmittel zu verwenden und zwischen diesen zu wechseln.

Combustion Engine Internal (ICE)

Verbrennungsmotor

Internal Combustion Engine Vehicle (ICE/ICEV)

Pkw, angetrieben mit Verbrennungsmotoren, gegebenenfalls auch mit Einsatz von Hybridisierung, jedoch ohne externe Stromzufuhr.

Interoperabilität

Fähigkeit unterschiedlicher Systeme, Programme und Techniken, möglichst nahtlos zusammenzuarbeiten.

Klimaschutzplan 2050

Der Klimaschutzplan fasst die klimaschutzpolitischen Grundsätze und Ziele der Bundesregierung zusammen und beschreibt den Weg zu einem weitgehend treibhausgasneutralen Deutschland bis zum Jahr 2050. Er konkretisiert das bestehende deutsche Klimaschutzziel für 2050 und die vereinbarten Zwischenziele und beschreibt Maßnahmen, um das Pariser Klimaschutzabkommen umzusetzen.

Klimaschutzprogramm 2030

Programm zur Umsetzung des Bundes-Klimaschutzgesetzes, beschlossen im Herbst 2019. Die Bundesregierung verfolgt mit dem Klimaschutzprogramm 2030 einen Ansatz, mit einem breiten Maßnahmenbündel aus Innovationen, Förderung, gesetzlichen Standards und Anforderungen sowie mit einer Bepreisung von Treibhausgasen die vorgegebenen Klimaschutzziele zu erreichen.

Kohlenstoffdioxid (CO₂)

Farb- und geruchloses Gas, ist natürlicher Bestandteil der Atmosphäre. Kohlenstoffdioxid entsteht vor allem bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe.

Kompetenz-Hub

Regionaler Verbund aus Unternehmen, Politik, Bildungsträgern und Verbänden.

Kurzarbeitergeld

Wenn aus bestimmten Gründen die betriebsübliche Arbeitszeit vorübergehend gekürzt wird, kann durch das Kurzarbeitergeld als Leistung aus der Arbeitslosenversicherung der Verdienstaufschlag teilweise ausgeglichen werden.

Ladeleistung

Leistung, die zum Aufladen von elektrisch betriebenen Fahrzeugen benötigt wird.

Lastmanagement

Im bisherigen Stromversorgungssystem bestimmt in der Regel die Stromnachfrage den Betrieb von Kraftwerken. Das Stromangebot passt sich durch die Betriebsweise der Kraftwerke den Nachfrageschwankungen an. Im Zuge eines immer stärker auf erneuerbare Energien ausgerichteten Stromversorgungssystems wird es künftig wichtig, die Last teilweise auch dem Angebot, das heißt vor allem der Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenstrom, anzupassen. Dadurch lässt sich der Bedarf an fossilen Kraftwerken und Speicherkapazitäten reduzieren.

Leistungsparameter

Charakteristische Eigenschaft eines technischen Vorgangs/einer technischen Anlage.

Light detection and ranging (Lidar)

Optische Methode zur Abstands- und Geschwindigkeitsmessung. Die Funktionsweise von Lidar-Systemen ähnelt der des Radars. Statt Radiowellen kommen jedoch Laserstrahlen zum Einsatz.

Methanol-Route

Methanol kann als Zwischenprodukt zukünftiger Kraftstoff-logistik-Ketten dienen und zu verschiedenen Kraftstoffen weiterverarbeitet werden.

Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV)

Mildhybrid elektrisches Fahrzeug. Bei mild-hybriden Fahrzeugen hat der Elektroantrieb lediglich eine unterstützende Funktion. Er steigert die Leistungsfähigkeit und Energieeffizienz des Verbrennungsmotors.

Multimodalität

Multimodalität beschreibt ein Verkehrssystem, das Nutzer/-innen die Option anbietet, verschiedene Verkehrsmittel zu verwenden.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE)

Ein 2010 gegründetes Beratungsgremium der deutschen Bundesregierung zur Förderung der Elektromobilität, das 2018 in die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) überführt wurde.

Netzintegration

Integration des bereitgestellten Stroms aus dezentralen Erzeugungsanlagen/Energieträgern in das allgemeine Stromnetz/Stromverteilnetz, was aktives Management und direkte Kommunikation der Bereitsteller und Abnehmer erfordert. Dies hängt eng zusammen mit der Marktdurchdringung der Elektromobilität, dem Anstieg der Netzbelastung und Steuerbarkeit der Ladeeinrichtung. E-Fahrzeuge gelten dabei als steuerbare Lasten und mobile Speicher.

Nicht-ETS-Sektoren

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

Platooning

Beim Platooning (elektronische Deichsel) werden mehrere Lkw elektronisch miteinander verbunden. Sie sind in der Lage, miteinander in Echtzeit zu kommunizieren. Werden die Fahrzeuge in einem Konvoi angeordnet, kann das Führungsfahrzeug sein Fahrverhalten auf die anderen übertragen. So wird es möglich, Beschleunigungs- oder Bremsvorgänge für alle Fahrzeuge synchron zu vollziehen.

Plugin Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

Plug-in-hybrid-elektrisches Fahrzeug, dessen Batterie sowohl über den Verbrennungsmotor als auch am Stromnetz geladen werden kann.

(Ride-)Pooling

Eine Gruppe von Fahrgästen mit ähnlichen Fahrzielen wird zu einer Fahrgemeinschaft in einem Fahrzeug gebündelt. Dies kann in einem digitalisierten Mobilitätssystem mithilfe eines Algorithmus einfacher und effizienter geschehen.

Power-to-X (PtX)

Power-to-X steht hier für Kraftstoffe, die unter Einsatz von (erneuerbarem) elektrischem Strom zu Wasserstoff und weiterführend mit CO oder CO₂ synthetisch zu gasförmigen (Power-to-Gas = PtG) und flüssigen Kohlenwasserstoffen (Power-to-Liquid = PtL) umgewandelt werden.

Primärrohstoffe, Sekundärrohstoffe

Primärrohstoffe sind natürliche Ressourcen, die bis auf die Lösung aus ihrer natürlichen Quelle noch keine Bearbeitung erfahren haben.

Sekundärrohstoffe stammen nicht unmittelbar aus natürlichen Quellen, sondern werden durch Wiederaufbereitung (Recycling) gewonnen.

Qualifizierungschancengesetz

Gesetz zur Stärkung der Chancen für Qualifizierung und für mehr Schutz in der Arbeitslosenversicherung, in Kraft seit dem 1. Januar 2019.

Rebound-Effekt

Bezeichnet den mengenmäßigen Unterschied zwischen den möglichen Ressourceneinsparungen, die durch bestimmte Effizienzsteigerungen entstehen, und den tatsächlichen Einsparungen. Der Effekt entspricht somit jener Ressourcen-Mehrnachfrage, die durch eine erhöhte Ressourcen-Effizienz induziert wurde.

Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II)

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.

Ridehailing

Prinzip des Taxifahrens. Ridehailing Services nutzen onlinefähige Plattformen, um Passagiere mit lokalen Fahrern und Fahrerinnen mit ihren privaten Fahrzeugen zu verbinden.

Ridesharing

Ridesharing ist eine dauerhaft organisierte Fahrgemeinschaft und kann sowohl privat als auch über einen Anbieter organisiert werden.

Schwefeloxide (SO_x)

Schwefeloxide ist die Sammelbezeichnung für Oxide des chemischen Elements Schwefel. Insbesondere Schwefeldioxid (SO₂), ein farbloses, stechend riechendes, wasserlösliches Gas, beeinträchtigt die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Schwefeldi-

oxid entsteht überwiegend bei Verbrennungsvorgängen fossiler Energieträger (z. B. Kohle und Öl) durch Oxidation des im Brennstoff enthaltenen Schwefels.

Second-Life- /Second-Use-Anwendung

Weiterverwendung gealterter Batterien in sekundären Speicheranwendungen, beispielsweise in stationären Anlagen zur Speicherung von Strom.

Sektorkopplung

Energetische und energiewirtschaftliche Verknüpfung von Strom, Wärme, Mobilität und industriellen Prozessen sowie deren Infrastrukturen. Ziel ist eine Dekarbonisierung bei gleichzeitiger Flexibilisierung der Energienutzung in Industrie, Haushalt, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Verkehr unter den Prämissen Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Versorgungssicherheit.

Short-Range-Kommunikationstechnologie / zellulärer Standard

Übertragungstechnologie zur Fahrzeugkommunikation. Fahrinformationen werden von Fahrzeug zu Fahrzeug auf kurzen Distanzen übertragen, etwa zur Gefahrenwarnung. Im Gegensatz hierzu ermöglicht die Mobilfunktechnologie eine Kommunikation auf langen Distanzen. Die verschiedenen Übertragungstechnologien können dabei alternativ, komplementär oder redundant verwendet werden. Die NPM setzt sich für Technologieoffenheit bei den Übertragungsstandards ein.

Ein zelluläres Mobilfunknetz basiert auf einer Vielzahl von Basisstationen. Der Versorgungsbereich wird dabei in Funkzellen eingeteilt. Der zelluläre Aufbau ermöglicht es, die beschränkte Anzahl verfügbarer Funkkanäle optimal zu nutzen.

Smart Health

Smart Health steht für die Digitalisierung des Gesundheitssystems und meint die Nutzung neuer Technologien zur Prozessoptimierung und besseren Versorgung im Gesundheitswesen. Der Sammelbegriff umfasst verschiedene Systeme und Anwendungen, wie zum Beispiel Apps, die es möglich machen, die menschliche Fitness und Gesundheit zu überwachen, oder die Möglichkeit, Sprechstunden beim Arzt virtuell (z. B. über Video-Chats) wahrzunehmen.

Smart Meter Gateways

Kommunikationseinheit in einem intelligenten Messsystem zum Empfang und zur Weiterverarbeitung von Messdaten.

State of Health (SOH)

Zustand einer Batterie im Vergleich zu den idealen Bedingungen. Gewöhnlicherweise hat eine Batterie einen Wert von 100 % bei der Herstellung.

Stickoxide (NO_x)

Stickstoffoxide (kurz Stickoxide) ist eine Sammelbezeichnung für verschiedene gasförmige Verbindungen, die aus den Atomen Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) aufgebaut sind. Vereinfacht werden nur die beiden wichtigsten Verbindungen Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) dazugezählt.

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.

Stufen der Automatisierung

Die Klassifizierung der Fahrzeugautomatisierung wird in Europa und den USA entlang von Stufen vorgenommen. Sie wird von den meisten Experten als Standard angesehen:

Stufe 0:

Driver only, kein eingreifendes Fahrzeugsystem aktiv

Stufe 1:

Assistiert, System übernimmt Längs- oder Querführung dauerhaft

Stufe 2:

Teilautomatisiert, System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall

Stufe 3:

Hochautomatisiert, System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall und es erkennt Systemgrenzen und fordert den Fahrer zur Übernahme mit ausreichender Zeitreserve auf

Stufe 4:

Vollautomatisiert, System kann im spezifischen Anwendungsfall alle Situationen automatisch bewältigen

Stufe 5:

Fahrerlos, System übernimmt die Fahreraufgabe vollumfänglich, das gilt für alle Straßentypen, Geschwindigkeitsbereiche und Umfeldbedingungen.

Siehe auch Eintrag „Automatisierung (von Fahrzeugen) / autonomes Fahren“

Synthetische Kraftstoffe

Als synthetische Kraftstoffe werden bestimmte Kraftstoffe bezeichnet, die sich von konventionellen Kraftstoffen durch ein aufwändigeres Herstellungsverfahren unterscheiden. Ebenso wie Wasserstoff zählen sie zu den sog. strombasierten Kraftstoffen. Gemeinsam mit den biomassebasierten Kraftstoffen werden sie als alternative Kraftstoffe bezeichnet.

Systemeffizienz

Systemeffizienz beschreibt die Verbesserung der Auslastung der Fahrzeuge und Optimierung des Betriebs.

Toolbox

Engl. für Werkzeugkasten, hier: Zusammenstellung von Instrumenten zur Entwicklung einer strategischen Personalplanung und -qualifizierung für Unternehmen.

Transformationsgesellschaft

Verbund zur Entwicklung regionaler Transformationspläne, mit Beteiligung der Agentur für Arbeit, von Gewerkschaften und Arbeitgeberverbänden, Landesregierungen und Kammern sowie Unternehmen mit Qualifizierungsbedarfen und -angeboten.

Treibhausgase (THG)

Treibhausgase sind atmosphärische Spurengase, die zum Treibhauseffekt beitragen und sowohl einen natürlichen als auch einen anthropogenen Ursprung haben können. Die wichtigsten Treibhausgase sind Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffoxid (N₂O/Lachgas).

Überschussstrom

Überschussstrom entsteht in Zeiten, in denen die Erzeugung die Nachfrage übersteigt und auch über Speicher oder sonstige Flexibilisierungsoptionen eine zeitliche Verlagerung nicht gelingt. Zu differenzieren ist hierbei zwischen Zeiten, in denen die bundesweite Erzeugung aus erneuerbaren Energien die Nachfrage übersteigt (bundesweite „Überschüsse“), und Situationen, in denen aufgrund lokaler Netzengpässe erneuerbare Strommengen nicht in das derzeitige Energiesystem integriert werden können.

(Automatisiertes) Valet Parking

Fahrerloses System für Parkhäuser, welches das Fahrzeug durch eine intelligente Parkhausinfrastruktur zur freien Parklücke leitet und selbst einparkt.

Vehicle-to-Everything (V2X)

Bezeichnet ein intelligentes Verkehrssystem, in dem alle Fahrzeuge und Infrastruktur-Systeme digital miteinander verbunden sind.

Verkehrsträger

Träger zur Beförderung von Personen, Gütern und Dienstleistungen. Zu den Verkehrsträgern zählen unter anderem Landverkehr (Eisenbahn, Straßenverkehr, Binnenschifffahrt), Seeschifffahrt und Luftverkehr.

Vulnerable-Road-User

Ungeschützte Verkehrsteilnehmer, die im Straßenverkehr ein besonderes Risiko tragen, verletzt oder getötet zu werden, da sie beispielsweise nicht von einer Fahrerkabine umgeben sind. Vulnerable-Road-User sind etwa Fußgänger, Fahrradfahrer und Kraftradfahrer sowie mobilitätseingeschränkte Personen.

Wertschöpfungsnetzwerk

Netzwerk von Unternehmen zur Zusammenarbeit im Produktionsverlauf.

Wertschöpfungstiefe

Die Wertschöpfungstiefe beschreibt, mit welchem Anteil ein Unternehmen selbst an der Produktion beteiligt ist und wie hoch der Anteil ist, der von außen, also von anderen Unternehmen, erbracht wird. Eine andere Bezeichnung ist Fertigungstiefe.

Abkürzungsverzeichnis

5G	Mobilfunkstandard der 5. Generation
AC	Wechselstrom (Englisch: Alternating Current)
AG	Arbeitsgruppe
BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug (Englisch: Battery Electric Vehicle)
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
CCAM	Plattform der Europäischen Kommission für eine kooperative, vernetzte und automatisierte Mobilität (Englisch: Cooperative, Connected and Automated Mobility)
CEN	Europäisches Komitee für Normung (Französisch: Comité Européen de Normalisation)
CENELEC	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung (Französisch: Comité Européen de Normalisation Électrotechnique)
CNG	Komprimiertes Erdgas (Englisch: Compressed Natural Gas)
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CO₂-Äq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
DC	Gleichstrom (Englisch: Direct Current)
DCKN	Deutsch-Chinesische Kommission Normung
DG GROW	Generaldirektion der Europäischen Kommission für Binnenmarkt, Industrie, Unternehmertum und KMU
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
EE	Erneuerbare Energien

- ELAB 2.0** Studie „Elektromobilität und Beschäftigung“ des Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 2018
- ETCS** Europäisches Zugbeeinflussungssystem
(Englisch: European Train Control System)
- ETSI** Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen
(Englisch: European Telecommunications Standards Institute)
- EU-ETS** Europäischer Emissionshandel (Englisch: EU Emission Trading System)
- EV** Elektrofahrzeug (Englisch: Electric Vehicle)
- F&E** Forschung und Entwicklung
- FCEV** Brennstoffzellenbetriebene Fahrzeuge (Englisch: Fuel Cell Electric Vehicle)
- FG** Fokusgruppe
- g** Gramm
- GRVA** Arbeitsgruppe der UNECE im Bereich autonomes und vernetztes Fahren
(Französisch: Groupe de Rapporteur des Vehicules Autonomes)
- GV** Güterverkehr
- H₂** Wasserstoff
- HF** Handlungsfeld
- IAB** Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Forschungseinrichtung der Bundesagentur für Arbeit
- ICE/ICEV** Verbrennungsmotor / Verbrennungsmotorisches Fahrzeug
(Englisch: Internal Combustion Engine / Internal Combustion Engine Vehicle)
- IEC** Internationale Elektrotechnische Kommission
(Englisch: International Electrotechnical Commission)
- IPCEI** Europäische Förderinitiative für Projekte gemeinsamen europäischen Interesses
(Englisch: Important Project of Common European Interest)
- ISO** Internationale Organisation für Normung
(Englisch: International Organization for Standardization)
- ISO/SAE 21434** Norm zur Cyber-Security/Informationssicherheit von vernetzten Straßenfahrzeugen, die aktuell ausgearbeitet und Ende 2020 veröffentlicht werden soll
(Englisch: ISO/SAE 21434 Road Vehicles – Cybersecurity Engineering)
- ITU** Internationale Fernmeldeunion
(Englisch: International Telecommunication Union)

KAVSF	Koreanisches Forum zur Normung und Standardisierung autonomer Fahrzeuge (Englisch: Korean Autonomous Vehicle Standardization)
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
kg	Kilogramm
KI	Künstliche Intelligenz
km	Kilometer
km/a	Kilometer pro Jahr
km/d	Kilometer pro Tag
kW	Kilowatt
kW/h	Kilowattstunde
Lidar	Optische Abstands- und Geschwindigkeitsmessung mithilfe von Laserstrahlen (Englisch: Light Detection and Ranging)
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LNG	Flüssiges Erdgas (Englisch: Liquefied Natural Gas)
METI	Japanisches Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (Englisch: Ministry of Economy, Trade and Industry)
MHEV	Mild-hybrid-elektrisches Fahrzeug (Englisch: Mildhybrid Electric Vehicle)
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
NO_x	Stickoxid
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
OEM	Erstausrüster (Englisch: Original Equipment Manufacturer)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P2P	Peer-to-Peer

PHEV	Plug-in-Hybrid-elektrisches Fahrzeug (Englisch: Plugin Hybrid Electric Vehicle)
Pkw	Personenkraftwagen
PtX	Power-to-X
RED II	Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II)
SAE	Verband der Automobilingenieure (Englisch: Society of Automotive Engineers)
SNG	Synthetisches Erdgas (Englisch: Synthetic Natural Gas)
SoH	Kennzahl, die den Zustand einer Batterie im Verhältnis zum idealen Leistungszustand beschreibt (Englisch: State of Health)
SO_x	Schwefeloxid
SPV	Schienenpersonenverkehr
StVG	Straßengüterverkehr
StVO	Straßenverkehrsordnung
SUV	Englisch: Sport Utility Vehicle
SV	Schienenverkehr
SVG	Schienengüterverkehr
t	Tonne
TCMV	Technischer Ausschuss Kraftfahrzeuge der Europäischen Kommission (Englisch: Technical Committee on Motor Vehicles)
THG	Treibhausgasemissionen
TWh	Terawattstunde
UNECE	Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (Englisch: United Nations Economic Commission for Europe)
VDA	Verband der Automobilindustrie e. V.
zGG	Zulässiges Gesamtgewicht

Literaturverzeichnis

Agora Verkehrswende 2019

Agora Verkehrswende (Hrsg.) (2019): Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotential. 2. Auflage. Berlin: Agora Verkehrswende.

Alstom S. A. o. A.

Alstom S. A. (o. A.): Coradia iLint – der weltweit erste Wasserstoffzug.

URL: <https://www.alstom.com/de/our-solutions/rolling-stock/coradia-ilint-der-weltweit-erste-wasserstoffzug> [Stand: 20.11.2019].

Ausfelder et al. 2017

Ausfelder, F./Drake, F.-D./Erlach, B./Fischedick, M./Henning, H.-M./Kost, C./Münch, W./Pittel, K./Rehtanz, C./Sauer, J./Schätzler, K./Stephanos, C./Themann, M./Umbach, E./Wagemann, K./Wagner, H.-J./Wagner, U. (2017): "Sektorkopplung" – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems (Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft, hrsg. von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V./Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V./Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V. München: <https://koenigsdruck.de>.

Bannon 2019

Bannon, E. (2019): Electric Surge: Carmakers' Electric Car Plans Across Europe 2019–2025. URL: <https://www.transportenvironment.org/publications/electric-surge-carmakers-electric-car-plans-across-europe-2019-2025> [Stand: 21.11.2019].

Bauer 2018

Bauer, M. (2018): 16 Transporter-Modelle mit E-Antrieb. Marktübersicht leichte Nutzfahrzeuge. URL: <https://www.eurotransport.de/artikel/grosse-marktuebersicht-elektro-transporter-16-transporter-modelle-mit-e-antrieb-10490177.html> [Stand: 20.11.2019].

Bauer et al. 2018

Bauer, W./Riedel, O./Herrmann, F./Borrmann, D./Sachs, C. (2018): ELAB 2.0 – Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland (Abschlussbericht vom 15. November 2018, hrsg. vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO). 2. Auflage. Stuttgart. URL: <https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/iao-news/elab20.pdf> [Stand: 25.11.2019].

BNetzA 2019 Ladesäulenkarte

Bundesnetzagentur (BNetzA) (2019): Ladesäulenkarte (Liste der Ladesäulen Stand 13. November 2019). URL: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte_node.html [Stand: 05.12.2019].

BDEW/ZSW 2019

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) / Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) (2019): „ZSW und BDEW zum Bruttostromverbrauch der ersten drei Quartale 2019: Erneuerbare decken fast 43 Prozent des Stromverbrauchs“ (Pressemitteilung vom 25.10.2019). URL: <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/erneuerbare-decken-fast-43-prozent-des-stromverbrauchs/> [Stand: 21.11.2019].

Bombardier Transportation 2018

Bombardier Transportation: World Premiere: Bombardier Transportation Presents a New Battery-Operated Train and Sets Standards for Sustainable Mobility (Pressemitteilung vom 12.09.2018).

URL: https://www.bombardier.com/en/media/newsList/details.bt_20180912_world-premiere--bombardier-transportation-presents-a.bombardiercom.html [Stand: 25.11.2018].

Bundesregierung 2019 Mobilität der Zukunft gestalten

Die Bundesregierung: „Mobilität der Zukunft gestalten – Deutschlands Chancen nutzen: Ergebnisse des Treffens zur Konzentrierten Aktion Mobilität im Bundeskanzleramt“ (Pressemitteilung 364 vom 04.11.2019).

URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/buerokratieabbau/mobilitaet-der-zukunft-gestalten-deutschlands-chancen-nutzen-ergebnisse-des-treffens-zur-konzentrierten-aktion-mobilitaet-im-bundeskanzleramt-1688544> [Stand: 20.11.2019].

Bundesregierung 2019 Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030

Die Bundesregierung (2019): Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030. URL: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975232/1673502/768b67ba939c098c994b71c0b7d6e636/2019-09-20-klimaschutzprogramm-data.pdf?download=1> [Stand: 15.11.2019].

Bundesregierung 2019 Klimaschutzprogramm 2030

Die Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Berlin. URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzprogramm_2030_umsetzung_klimaschutzplan.pdf [Stand: 21.11.2019].

Bundesregierung 2019 Masterplan Ladeinfrastruktur

Die Bundesregierung (2019): Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung. Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2030. URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur.pdf?__blob=publicationFile [Stand: 21.11.2019].

BMWi 2019

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019): Gespräch zum Umgang mit DC-Ladesäulen ab dem 1. April 2019. URL: https://www.now-gmbh.de/content/3-bundesfoerderung-ladeinfrastruktur/1-foerderrichtlinie-foerderaufrufe/190118_sachstand-und-ergebnisse-gepraech-dc-ladeinfrastruktur_end-2.pdf [Stand: 21.11.2019].

BusinessPortal Norwegen 2019

BusinessPortal Norwegen (2019): ABB-Test belegt Funktionsfähigkeit von Unterwasser-Stromverteilern. URL: <https://businessportal-norwegen.com/2019/11/20/abb-test-belegt-funktionsfaehigkeit-von-unterwasser-stromverteilern/> [Stand: 20.11.2019].

dena 2018

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

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2017

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2017): Deutsche Normungsstrategie. Mit Normung Zukunft gestalten! Berlin. URL: <https://www.dke.de/resource/blob/1642528/58f20dcc3cecf12cc6a91f956cc3c160/deutsche-normungsstrategie-version-stand-2017-06-26-data.pdf> [Stand: 21.11.2019].

Europäische Kommission 2005

Europäische Kommission (2005): Liquid Hydrogen Fuelled Aircraft – System Analysis (CRYOPLANE) (Informationsblatt). URL: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/52464/factsheet/de> [Stand: 20.11.2019].

Europäische Kommission 2018

Europäische Kommission (2018): Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030.

URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de [Stand: 19.11.2019].

Günther 2019

Günther, A. (2019): Advanced and Bio Fuels – Contributing to The Energy Transition by Decarbonizing Industry and The Transport Business: An Industrial Perspective & Own Developments (2nd EU-India Conference on Advanced Biofuels New Delhi 11–13 March 2019, Präsentation am 13. März 2019).

URL: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/25_armin_gunther.pdf [Stand: 21.11.2019].

Hoffmann 2018

Hoffmann, J. (2018): 19 Lkw-Modelle mit E-Antrieb. Marktübersicht schwere Nutzfahrzeuge.

URL: <https://www.eurotransport.de/artikel/marktuebersicht-schwere-nutzfahrzeuge-19-lkw-modelle-mit-e-antrieb-10490197.html> [Stand: 20.11.2018].

Institut für Demoskopie Allensbach 2019

Mobilität und Klimaschutz. Gesellschaftliches Problembewusstsein und individuelle Veränderungsspielräume. (Reihe acatech STUDIE, im Auftrag von acatech). URL: <https://www.acatech.de/publikation/mobilitaet-und-klimaschutz/> [Stand: 19.11.2019].

Kraftfahrt-Bundesamt 2019 Fahrzeugzulassungen

Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.): Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen. (FZ 13) (2019). URL: https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2019/fz13_2019.pdf.pdf?_blob=publicationFile&v=10 [Stand: 01.01.2019].

Kraftfahrt-Bundesamt 2019 Vierteljährlicher Bestand (Oktober)

Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) (2019): Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen, 1. Oktober 2019 (FZ 27). URL: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Vierteljaehrlicher_Bestand/vierteljaehrlicher_bestand_node.html [Stand: 05.12.2019].

Klebsch et al. 2019

Klebsch, W./Heiniger, P./Martin, J. (2019): Alternativen zu Dieseltriebzügen im Schienenpersonennahverkehr.

Einschätzung der systemischen Potenziale (Studie, hrsg. von VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik

Informationstechnik e.V.). Frankfurt am Main. URL: <https://www.vde.com/resource/blob/1889656/5f42b90859412b8590d0c7539604b0bc/pressemitteilung---studie-alternative-antriebssysteme-im-spnv--1--data.pdf>

[Stand: 20.11.2019].

Kwade et al. 2016

Kwade, A./Diekmann, J./Christian Hanisch, C./Spengler, T./Thies, C./Herrmann, C./Dröder, K./Cerdas, J./Roman Gerbers, R./Scholl, S./Stehmann, F./Haas, P./Kurrat, M./Hauck, D.: Recycling von Lithium-Ionen-Batterien – LithoRec II. (Verbundprojekt im Rahmen des Förderprogramms „Erneuerbar Mobil“ des Bundesministeriums für

Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Abschlussbericht der TU Braunschweig). Braunschweig. URL: https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2017-01/Abschlussbericht_LithoRec_II_20170116.pdf

[Stand: 20.11.2019].

Lemmer 2019

Lemmer, K. (Hrsg.) (2019): Neue autoMobilität II. Kooperativer Straßenverkehr und intelligente

Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft (acatech STUDIE), München: utzverlag GmbH.

Meisel et al. 2019

Meisel, K./Millinger, M./Naumann, K./Majer, S./Müller-Langer, F./Thrän, D. (2019): Untersuchungen zur Ausgestaltung der Biokraftstoffgesetzgebung in Deutschland – Arbeitspapier (04.07.2019, hrsg. von DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH). URL: https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Ausgestaltung_Biokraftstoffgesetzgebung.pdf [Stand: 21.11.2019].

Mergener et al. 2018

Mergener, A./Leppelmeier, I./Helmrich, R./von dem Bach, N. (2018): „Move on“. Qualifikationsstruktur und Erwerbstätigkeit in Berufen der räumlichen Mobilität (Heft 195, hrsg. vom Bundesinstitut für Berufsbildung). Bonn: Verlag Barbara Budrich.

Metals o. A.

Metals, H. (o. A.): Platinbedarf von Brennstoffzellen-Fahrzeugen – Traum oder Realität? URL: <http://www.metallwoche.de/platinbedarf-von-brennstoffzellenfahrzeugen-traum-oder-realiaet> [Stand: 20.11.2019].

Mönning et al. 2018

Mönning, A./Schneemann, C./Weber, E./ Zika, G./ Helmrich, R. (2018): Elektromobilität 2035. Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen (IAB Forschungsbericht 8/2018, hrsg. vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung IAB). Nürnberg. URL: <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2018/fb0818.pdf> [Stand: 25.11.2019].

Naumann et al. 2019

Naumann, K./Schröder, J./Oehmichen, K./Etzold, H./Müller-Langer, F./Remmele, E./ Thuncke, K./Raksha, T./ Schmidt, P. (2019): Monitoring Biokraftstoffsektor (DBFZ Report Nr. 11, hrsg. von DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH). 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig. URL: https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_11_4.pdf [Stand: 21.11.2019].

NPM 2019 Zwischenbericht AG 1

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor. Arbeitsgruppe 1 – Klimaschutz im Verkehr (Zwischenbericht 03/2019, hrsg. vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Berlin. URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/03/Zwischenbericht-03_2019-der-AG1-Klimaschutz-der-NPM-Wege-zur-Erreichung-der-Klimaziele-2030-im-Verkehrssektor.pdf [Stand: 21.11.2019].

NPM 2019 Zwischenbericht AG 3

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): Digitalisierung für den Mobilitätssektor. (Arbeitsgruppe 3 Digitalisierung für den Mobilitätssektor, Erster Zwischenbericht, hrsg. vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Berlin. URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/06/Zwischenbericht-06_2019-der-AG3-Digitalisierung-für-den-Mobilitätssektor.pdf [Stand: 21.11.2019].

NPM 2019 Zwischenbericht AG 4

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): 1. Zwischenbericht zur Wertschöpfung (Arbeitsgruppe 4 Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung, Bericht Oktober 2019, hrsg. vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Berlin. URL: <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/10/npm-ag4-fg-wertschopfung-berichte-2019-zwischenbericht-2.pdf> [Stand: 25.11.2019].

NPM 2019 LNG- und CNG-Strategie

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): LNG- und CNG-Strategie im Schwerlastverkehr (Arbeitsgruppe 5 – Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung). Berlin. URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/10/NPM_Bericht_AG-5_Roadmap-LNG-CNG_rz01-1.pdf [Stand: 21.11.2019].

NPM 2019 Roadmap PtX

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): Roadmap PtX (Arbeitsgruppe 5 – Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung). Berlin. URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/10/NPM_Bericht_AG-5_Roadmap-PtX_ly02.pdf [Stand: 21.11.2019].

NPM 2019 Red-Flag-Bericht

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): Red-Flag-Bericht 10 % EV-Neuzulassungen (AG 5 – Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung, Bericht März 2019, hrsg. vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Berlin. URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/03/lay_NPM_210x297_AG5_red_flag_7.pdf [Stand: 21.11.2019].

NPM 2019 Sofortpaket Ladeinfrastruktur

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): Sofortpaket Ladeinfrastruktur 2019 (AG 5 – Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung, Bericht März 2019, hrsg. vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Berlin. URL: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/03/lay_NPM_210x297_AG5_ladeinfra_9.pdf [Stand: 21.11.2019].

Prognos/UMSICHT/DBFZ 2018

Prognos AG/Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)/Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) (2018): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende (Endbericht). Berlin. URL: https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/2019_Bericht_Fluessige_Energietraeger_Web01.pdf [Stand: 25.11.2019].

Siemens Mobility GmbH o. A.

Siemens Mobility GmbH (Hrsg.) (o. A.): Desiro ML ÖBB Cityjet eco für die ÖBB-Personenverkehr AG. URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:f48fa9d1-2abd-41ab-b2f9-f37cfd6d59e6/db-desiro-ml-oebb-cityjet-eco-d.pdf> [Stand: 20.11.2019].

Spath et al. 2012

Spath, D./Bauer, W./Voigt, S./Borrmann, D./Herrmann, F./Brand, M./Rally, P./Rothfuss, F./Sachs, C./Frieske, B./Propfe, B./Redelbach, M./Schmid, S./Dispan, J. (2012): Elektromobilität und Beschäftigung – Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB) (Abschlussbericht, hrsg. von Fraunhofer IAO, DLR-FK, IMU Institut). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Stadler Rail AG 2018

Stadler Rail AG (2018): Stadler lässt den Flirt von der Leine. URL: <https://www.stadlerrail.com/de/medien/article/stadler-laesst-den-flirt-von-der-leine/165/> [Stand: 20.11.2019].

Statistisches Bundesamt 2019

Statistisches Bundesamt (Destatis, 2019): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Beschäftigtengrößenklassen, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-4-Steller Hierarchie). URL: <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online/data?operation=table&code=42271-0006> [Stand: 25.11.2019].

Wagner 2018

Wagner, T. (2018): 24 Modelle mit Elektroantrieb. Marktübersicht E-Busse. URL: <https://www.eurotransport.de/artikel/marktuebersicht-e-busse-24-modelle-mit-elektroantrieb-10490238.html> [Stand: 20.11.2018].

Wagner et al. 2018

Wagner U./Schade W./Sievers L./Berthold D./Doll C./Hartwig J./Mader S. (2018): Status-quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe: o. A.

Zeitung für kommunale Wirtschaft 2018

Zeitung für kommunale Wirtschaft (2018): DLR entwickelt Fährschiff mit Wasserstoffantrieb. URL: <https://www.zfk.de/mobilitaet/neue-kraftstoffe/artikel/dlr-entwickelt-faehrschiff-mit-wasserstoffantrieb-2018-07-27/> [Stand: 20.11.2019].

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Die Sektorziele im Klimaschutzplan 2050	24
Abbildung 2:	Mobilität aus einer Hand für intermodale Mobilität	26
Abbildung 3:	Flexible On-Demand-Schuttles halten an virtuellen Haltestellen	26
Abbildung 4:	Energieeffizienz – Antriebe im Vergleich	27
Abbildung 5:	Aufbau der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität	34
Abbildung 6:	Iterativer Ansatz	35
Abbildung 7:	Ladezeiten in Abhängigkeit von der Ladeleistung	55
Abbildung 8:	Übersicht zu Anwendungsfeldern von Brennstoffzellen (BZ) in Pkw mit höheren jährlichen Laufleistungen und Nutzfahrzeugen	57
Abbildung 9:	Übersicht der Komponenten bei verschiedenen Antriebskonzepten	72
Abbildung 10:	Analyse der Wertschöpfungsnetzwerke	74
Abbildung 11:	Wertschöpfung im Bereich Fahrzeugbatterie	75
Abbildung 12:	Ermittlung des Bedarfs an öffentlichen Ladepunkten und Wirtschaftlichkeit	85
Abbildung 13:	Schematische Darstellung der Anwendungsbereiche und Umwandlungsprozesse von PtX-Technologien	87
Abbildung 14:	Gestehungskosten grüner H ₂ in Abhängigkeit von der Anlagengröße und dem Strompreis inkl. Abgaben und Umlagen	89
Abbildung 15:	Übersicht der nationalen und internationalen Normungsorganisationen	92
Abbildung 16:	Übersicht über die Themenfelder der AG 6	93

Publikationsübersicht der NPM

Arbeitsgruppe 1 – Klimaschutz im Verkehr

- Zwischenbericht 03/2019 –
„Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor“

Arbeitsgruppe 2 – Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität

- Kurzbericht 11/2019 –
„Elektromobilität. Brennstoffzelle. Alternative Kraftstoffe –
Einsatzmöglichkeiten aus technologischer Sicht“

Arbeitsgruppe 3 – Digitalisierung für den Mobilitätssektor

- Zwischenbericht 03/2019 –
„Digitalisierung für den Mobilitätssektor“
- Zwischenbericht 12/2019 –
„Handlungsempfehlungen zum autonomen Fahren“

Arbeitsgruppe 4 – Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung

- Zwischenbericht 10/2019 –
„1. Zwischenbericht zur Wertschöpfung“
- Zwischenbericht 12/2019 –
„1. Zwischenbericht zur Strategischen Personalplanung und
-entwicklung im Mobilitätssektor“ (erscheint Anfang 2020)

Arbeitsgruppe 5 – Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung

- Bericht 03/2019 –
„Sofortpaket Ladeinfrastruktur 2019“
- Bericht 03/2019 –
„Red-Flag-Bericht 10 % EV-Neuzulassungen“
- Bericht 10/2019 –
„Roadmap PtX“
- Bericht 10/2019 –
„LNG- und CNG-Strategie im Schwerlastverkehr“

Arbeitsgruppe 6 – Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung

- White Paper 09/2019 –
„Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen zur Zukunft der Mobilität“

Stand: Dezember 2019

Vorsitz und Mitglieder des Lenkungskreises der NPM

Vorsitz

Prof. Dr. Henning Kagermann

Mitglieder

Franz Loogen (e-mobil BW GmbH/AG 1)
Klaus Fröhlich (BMW AG/AG 3)
Stefan Kapferer (50Hertz Transmission GmbH/ AG 5)

Prof. Dr. Barbara Lenz (DLR/AG 2)
Jörg Hofmann (IG Metall/AG 4)
Roland Bent (DKE/DIN/AG 6)

Achim Berg (Bitkom)
Prof. Dieter Kempf (BDI)
Jörg Andreas Krüger (NABU)
Dr. August Markl (ADAC)
Prof. Dr. Thomas Weber (acatech)

Burkhard Jung (Deutscher Städtetag)
Prof. Dr. Raimund Klinker (DVF)
Dr. Richard Lutz (DB AG)
Bernhard Mattes (VDA)
Anke Rehlinger (VMK)

StS Guido Beermann (BMVI)
StS Werner Gatzler (BMF)
StS Prof. Dr. Wolf-Dieter Lukas (BMBF)

StS Jochen Flasbarth (BMU)
StS Leonie Gebers (BMAS)
StS Dr. Ulrich Nussbaum (BMW)

Mitglieder des Redaktionsteams

Dr. John Erik Anderson (DLR)
Katharina Czaja (BDEW)
Alexandra Huss (acatech)
Andreas Lischke (DLR)
Simone Neumann (acatech)
Lena Osswald (IFOK)
Dr. Patrick Pfister (acatech)
Dr. Raffaella Riemann (BMW AG)
Dr. Jan Strobel (BDEW)
Alexander Vetter (acatech)

Dr. Maik Böres (BMW AG)
Stefan Denig (IFOK)
Isabell Knüttgen (e-mobil BW GmbH)
Caroline Mayer (Audi AG))
Ralph Obermaier, Ph.D. (IG Metall)
Dr. Ralf Petri (DKE)
Elisa Reker-Gluhić (acatech)
Lennart Schutz (acatech)
Johannes Thiele (acatech)
Simona Wieser (acatech)

Endnoten

- ¹ Vgl. Wagner et al. 2018, S. 32 f.
- ² Vgl. Mergener et al. 2018, S. 63 f.
- ³ Vgl. Institut für Demoskopie Allensbach 2019.
- ⁴ Vgl. Europäische Kommission 2018.
- ⁵ Vgl. Lemmer 2019.
- ⁶ Vgl. Agora Verkehrswende 2019.
- ⁷ Vgl. Ausfelder et al. 2017, S. 88.
- ⁸ Vgl. Bundesregierung 2019 Mobilität der Zukunft gestalten.
- ⁹ Vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 1, S. 53 f.
- ¹⁰ Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2019 Fahrzeugzulassungen, S. 10, S. 30.
- ¹¹ Vgl. Bundesregierung 2019 Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030, S. 9.
- ¹² Vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 1, S. 25 ff.
- ¹³ Vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 1, S. 30 ff.
- ¹⁴ Vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 1, S. 36 ff.
- ¹⁵ Vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 1, S. 41 ff.
- ¹⁶ Vgl. Bannon 2019.
- ¹⁷ Vgl. Wagner 2018.
- ¹⁸ Vgl. Bauer 2018.
- ¹⁹ Vgl. Hoffmann 2018.
- ²⁰ Vgl. BNetzA 2019 Ladesäulenkarte.
- ²¹ Vgl. Kwade et al. 2016.
- ²² Vgl. BusinessPortal Norwegen 2019.
- ²³ Vgl. Bombardier Transportation 2018.
- ²⁴ Vgl. Stadler Rail AG 2018.
- ²⁵ Vgl. Siemens Mobility GmbH o. A.
- ²⁶ Vgl. Alstom S. A. o. A.
- ²⁷ Vgl. Klebsch et al. 2019.
- ²⁸ Vgl. Europäische Kommission 2005.
- ²⁹ Vgl. Zeitung für kommunale Wirtschaft 2018.
- ³⁰ Vgl. Metals o. A.
- ³¹ Vgl. H2-Mobility (2019). Netzausbau live. Der aktuelle Stand für Deutschland.
- ³² Vgl. Naumann et al. 2019.
- ³³ Vgl. Meisel et al. 2019.
- ³⁴ Vgl. Günther 2019.
- ³⁵ Vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 3.
- ³⁶ Vgl. Wagner et al. 2018, S. 32 f.
- ³⁷ Vgl. Mergener et al. 2018, S. 63 f.
- ³⁸ Vgl. Statistisches Bundesamt 2019.
- ³⁹ Vgl. BDEW/ZSW 2019.
- ⁴⁰ Vgl. Bundesregierung 2019 Klimaschutzprogramm 2030, S. 78.
- ⁴¹ Vgl. Bundesregierung 2019 Masterplan Ladeinfrastruktur.
- ⁴² Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2019 Vierteljährlicher Bestand (Oktober).
- ⁴³ Vgl. BNetzA 2019 Ladesäulenkarte.
- ⁴⁴ Vgl. NPM 2019 Sofortpaket Ladeinfrastruktur, S. 4.
- ⁴⁵ Vgl. NPM 2019 Red-Flag-Bericht.
- ⁴⁶ Vgl. NPM 2019 Sofortpaket Ladeinfrastruktur.
- ⁴⁷ Vgl. Bundesregierung 2019 Klimaschutzprogramm 2030, S. 78 f.
- ⁴⁸ Vgl. BMWi 2019.
- ⁴⁹ Vgl. NPM 2019 LNG- und CNG-Strategie im Schwerlastverkehr.
- ⁵⁰ Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2019 Fahrzeugbestand.
- ⁵¹ Vgl. NPM 2019 Zwischenbericht AG 1.
- ⁵² Vgl. NPM 2019 Roadmap PtX.
- ⁵³ Vgl. NPM 2019 Roadmap PtX.
- ⁵⁴ Vgl. NPM 2019 Roadmap PtX.
- ⁵⁵ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2017, S. 9.

Impressum

Verfasser

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Dezember 2019

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

Redaktionelle Unterstützung

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
IFOK GmbH

Satz und Gestaltung

IFOK GmbH

Lektorat

Wort für Wort GmbH & Co. KG

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) ist per Kabinettsbeschluss von der Bundesregierung eingesetzt und wird vom Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur federführend koordiniert.

Sie arbeitet unabhängig, überparteilich und neutral. Alle Berichte spiegeln ausschließlich die Meinungen der in der NPM beteiligten Expertinnen und Experten wider.

NPM

NATIONALE PLATTFORM
ZUKUNFT DER MOBILITÄT