



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



Elektromobilität – was bringt sie mir?

Faktencheck für heute und die Zukunft

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit, Online-Kommunikation • 11055 Berlin
E-Mail: buergerinfo@bmu.bund.de • Internet: www.bmu.de

Redaktion

BMU, Referat IG I 5 – Umwelt und Verkehr, Elektromobilität

Text

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin
tippingpoints GmbH, Berlin

Gestaltung

Tinkerbelle GmbH, Berlin

Druck

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG, Frankfurt

Bildnachweise

Titelseite: Getty Images/Westend61 | Seite 11 Deutsche Post DHL Group | Seite 15 istock/joel-t | Seite 17 Lichtblick |
Seite 19 Hamburger Hochbahn AG, alle Illustrationen: Marianne Steiner, Bonn

Stand

September 2018

1. Auflage

2.000 Exemplare

Bestellung dieser Publikation

Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09 • 18132 Rostock
Tel.: 030 / 18 272 272 1 • Fax: 030 / 18 10 272 272 1
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: www.bmu.de/publikationen

Hinweis

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.

Inhaltsverzeichnis

DIE STADT VON HEUTE	4
EINLEITUNG	
Warum überhaupt Elektromobilität?	6
1 LEBENSRAUM STADT	
Mehr Elektroautos – mehr Lebensqualität?	8
2 EFFIZIENZ UND KOSTEN	
Lohnt sich der Betrieb eines Elektroautos?	10
3 KLIMA UND ERNEUERBARE ENERGIEN	
Ist Elektromobilität wirklich klimafreundlich?	12
4 RESSOURCENBILANZ	
Welchen Ressourcenbedarf haben Elektroautos?	14
5 STROMBEDARF UND NETZE	
Ist das Stromnetz fit für die Elektromobilität?	16
6 MEHR ALS PKW	
Der Pkw wird elektrisch – genügt das?	18
7 UMKÄMPFTER MARKT	
Was bedeutet Elektromobilität für unsere Wirtschaft?	20
DIE STADT VON MORGEN	22
WEITERE INFORMATIONEN IM INTERNET	24
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	25

Die Stadt von heute

Stau, Lärm und schlechte Luft: Tagtäglich stößt der Straßenverkehr an seine Grenzen. Das belastet Umwelt und Gesundheit und mindert die Lebensqualität. Wie könnte sich unsere Mobilität verändern? Und welche Rolle spielt dabei die Elektromobilität? Darauf wollen wir anhand von sieben Schwerpunkten Antwort geben. Zum Abschluss illustrieren wir, wie die Stadt der Zukunft aussehen könnte – im Unterschied zur hier dargestellten Szenerie von heute.

Lebensraum Stadt



2 Effizienz und Kosten



3

Klima und erneuerbare Energien

4

Ressourcenbilanz

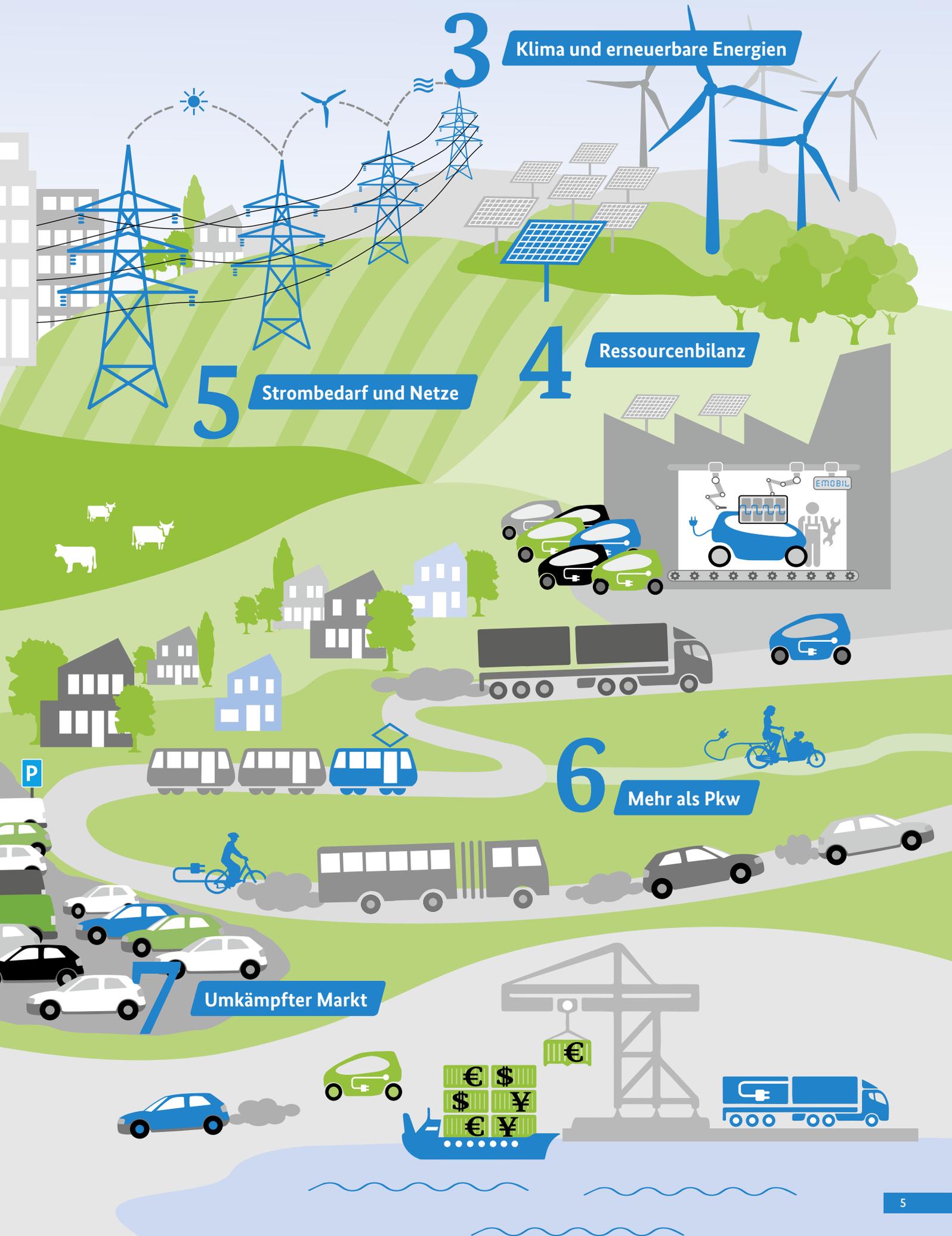
5

Strombedarf und Netze

6

Mehr als Pkw

Umkämpfter Markt



Einleitung

Warum überhaupt Elektromobilität?



Weltweit nimmt der Waren- und Personenverkehr rasant zu. Es werden immer mehr und immer längere Wege zurückgelegt. Und wir wollen immer schneller vorankommen. Das hat Konsequenzen: Unsere fossilen Energieressourcen gehen zur Neige und die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen steigen. Auch unsere Gesundheit leidet unter Lärm und Luftschadstoffen aus dem Verkehr.

Wie werden wir uns in Zukunft fortbewegen?

In urbanen Gesellschaften ändert sich die Einstellung gegenüber dem Personenkraftwagen (Pkw). Ein eigenes Auto wird von manchem eher als Last empfunden. Die Menschen wollen zwar individuell mobil sein, dies aber mit Flexibilität, Effizienz, Barrierefreiheit und auch Umwelt- und Körperbewusstsein. Die Abkehr vom eigenen Auto bedeutet nicht weniger Mobilität, sondern eine andere. Eine solche flexible Mobilität benötigt ein nahtlos funktionierendes Netz mit Fuß- und Radverkehr, öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV) und Car- und Ridesharing-Angeboten. Das funktioniert am besten, wenn öffentliche und private Anbieter zusammenarbeiten, wie heute schon in Hamburg, München oder Bremen. Wie eine umweltfreundlichere, gesündere und entspanntere Mobilität aussehen kann, zeigt die Kampagne „Zeit für #mobilwandel“ des Bundesumweltministeriums (BMU).

Unterschiedliche Verkehrsmittel nach Bedarf zu kombinieren, das klappt vor allem in der Stadt gut. Am Stadtrand und im ländlichen Raum bleibt das eigene Fahrzeug häufig unverzichtbar, etwa zum Einkaufen oder für den Arbeitsweg. Auch der wachsende

Güterverkehr kann nur bedingt über Schiene oder Binnenschifffahrt aufgefangen werden. Der Weg vom Güterverteilzentrum bis zum Lieferadressaten ist oft nur mit Kraftfahrzeugen möglich. Auch Pflegedienste, Handwerker oder Reinigungsdienste sind meist auf das Auto angewiesen.

Wirksame Klima- und Umweltschutzziele lassen sich nur erreichen, wenn auch der Straßenverkehr einen wesentlichen Beitrag leistet (*siehe Abbildung 1*). Denn hier entsteht der Großteil der transportbedingten Kohlendioxid- (CO₂-),Luftschadstoff- und Lärmbelastung. Dafür muss zum einen dem Verkehrswachstum selbst entgegengesteuert werden. Weil jedoch kaum jemand weniger mobil sein möchte, reicht es nicht aus, allein auf Verkehrsvermeidung, kurze Wege und das Fahrrad zu setzen. Der Straßenverkehr selbst muss umweltfreundlicher werden, mit weniger negativen Auswirkungen auf Klima und Gesundheit. Und für mehr Lebensqualität in der Stadt von morgen sorgen. Das Auto wird weiterhin gebraucht, muss aber nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Elektrofahrzeuge fahren emissionsfrei und leiser als konventionelle Fahrzeuge und sind in der Gesamtbilanz klima- und umweltfreundlicher. Schon mit dem heutigen

WORUM GEHT ES IN DIESER BROSCHÜRE?

- Wie sieht die Klima- und Umweltbilanz der Elektromobilität wirklich aus?
- Hält unser Stromnetz das Aufladen von mehreren Millionen Elektrofahrzeugen überhaupt aus?
- Bedeutet der Umstieg der Automobilindustrie auf Elektroantriebe den Verlust von vielen Arbeitsplätzen?

Diesen und weiteren Fragen und Aspekten zur elektrischen Mobilität auf der Straße gehen wir auf den folgenden Seiten nach.

deutschen Strommix schneiden Elektroautos in der Klimabilanz besser ab als Benziner und Dieselfahrzeuge. Mit Nutzung von 100 Prozent erneuerbaren Energiequellen ist ein nahezu klimaneutraler Betrieb möglich.

Gibt es andere Alternativen als Elektroautos?

Auf jeden Fall: Da gibt es zum Beispiel Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge. Und es gibt synthetische Kraftstoffe auf Basis von Strom aus erneuerbaren Energien (Power-to-Liquid/Power-to-Gas, kurz PtL/ PtG oder E-Fuels genannt). Diese könnten künftig sogar Benzin und Diesel CO₂-neutral machen.

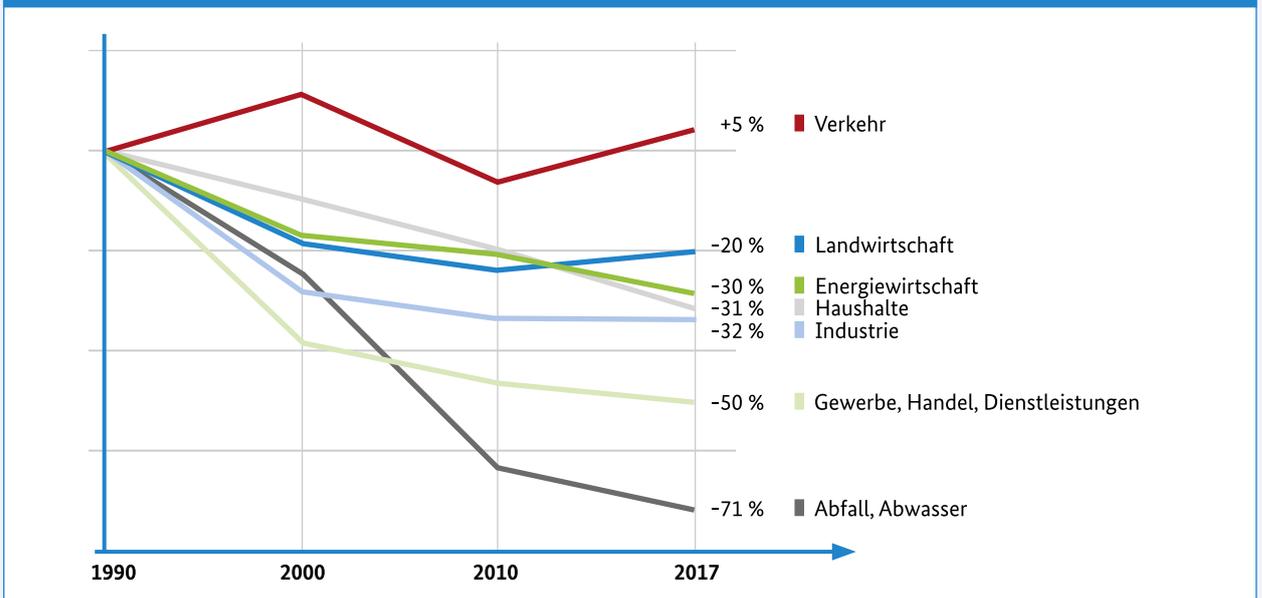
Um den Beitrag zum Klimaschutz beurteilen zu können, muss der jeweils benötigte Energieaufwand verglichen werden. Und hier schneiden Elektro-

fahrzeuge deutlich besser ab. Bei PtL und PtG sowie bei Wasserstoff sind nämlich mehrere Umwandlungsschritte notwendig, bis aus Strom Flüssigkraftstoff oder Gas wird. Das wirkt sich auch auf die Kosten und die Anzahl der benötigten Anlagen zur Stromgewinnung (zum Beispiel Windräder) aus. Bei Elektrofahrzeugen wird der Strom direkt genutzt. Zudem sind PtL und PtG auch bei der Nutzung energieaufwendiger, da sie weiterhin einen Verbrennungsmotor benötigen. Der ist viel weniger effizient als ein Elektromotor und stößt zudem luftbelastende Schadstoffe aus. ■

MEHR INFOS ZUR MOBILITÄT
DER ZUKUNFT UNTER
www.mobil-wandel.de



Abbildung 1: Treibhausgasausstoß seit 1990: Nur im Verkehrssektor steigen die Emissionen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des Umweltbundesamtes 2018

Index: 1990 = 100



Lebensraum Stadt



Mehr Elektroautos – mehr Lebensqualität?

1

Alle Fahrzeuge tragen zu Staus, Verkehrsunfällen und Flächenverbrauch bei. Elektroautos haben allerdings einen Vorteil: Sie haben keinen Auspuff. Zudem ist der Motor kaum zu hören. Wie steht es aber um die Luftschadstoffe, die nicht direkt am Fahrzeug entstehen? Und wirkt sich der leise Motor wirklich auf den Straßenlärm aus? Schauen wir doch mal etwas genauer hin.

Luftschadstoffe, insbesondere Stickoxide, sind ein drängendes Problem des zunehmenden Autoverkehrs – selbst wenn es immer mehr Möglichkeiten für die Nachbehandlung von Abgasen gibt. Auch der Verkehrslärm nimmt zu, obwohl moderne Verbrennungsmotoren leiser sind als noch vor 20 Jahren. Welches Fahrzeug ist eigentlich wirklich umweltfreundlich? Die Antwort darauf gibt eine Umweltbilanz. Hierbei werden nicht nur die Emissionen vor Ort berücksichtigt, sondern der gesamte Lebensweg. Und eine weitere wichtige Besonderheit: Es werden realistische Verbrauchswerte herangezogen – und nicht Herstellerangaben oder Prospekte.

Wie sieht die Umweltbilanz aus?

Schauen wir zunächst auf die Luftschadstoffe Feinstaub (PM) und Stickoxide (NO_x): Dass E-Fahrzeuge während ihrer Nutzung im Straßenverkehr hier die Nase vorn haben, ist unbestritten – gegenüber Dieselfahrzeugen noch mehr als gegenüber Benzinern. Allerdings lohnt sich bei der Herstellung der Fahrzeuge und ihres Kraftstoffs, also des Stroms, eine genauere Betrachtung: Die Erzeugung des Stroms für Elektroautos verursacht keine besonders hohen Feinstaub- oder Stickoxidemissionen. Auch dann nicht, wenn er aus fossilen Energieträgern stammt. Denn



Künstlicher Sound (AVAS) für Elektroautos

Elektroautos sind leise – und sehr unauffällig. Deshalb schreibt eine EU-Vorschrift ab 2019 künstliche Geräusche vor (Acoustic Vehicle Alert Systems, AVAS), damit Fußgänger gewarnt werden.



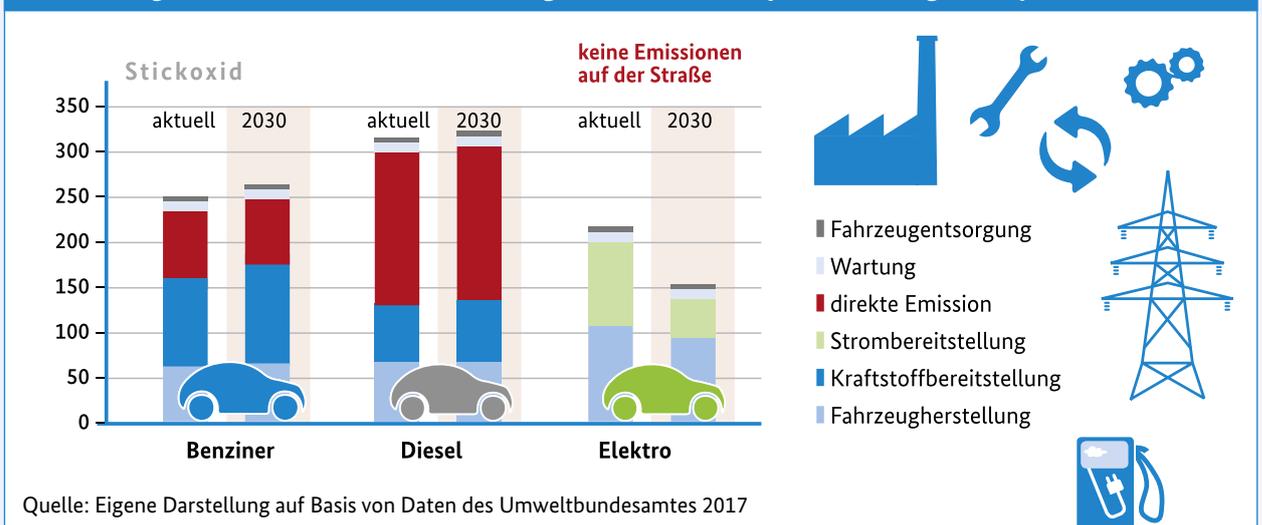
Umweltbundesamt-Positionspapier
zu Lärminderung durch Elektroautos
unter: www.umweltbundesamt.de

Beim Lärm entscheidet die Geschwindigkeit

Auch die tatsächliche Lärmentlastung ist ein oft diskutierter Aspekt der Elektromobilität. Elektromotoren sind zwar weitaus leiser als Verbrennungsmotoren. Allerdings hören wir an der Straße nicht nur den Fahrzeugmotor, sondern auch das Abrollgeräusch der Reifen und bei hohen Geschwindigkeiten die aerodynamischen Geräusche. Hier liegen Elektro- und Verbrennerauto gleichauf. Ein paar Unterschiede gibt es aber dennoch: Die Rollgeräusche wirken sich beim Auto erst ab ungefähr 25 Kilometer pro Stunde (km/h) aus. Bei langsamer Fahrt oder beim Anfahren sind die Motorgeräusche die bestimmende Lärmquelle. Daher sind Elektroautos in Gebieten geringer Geschwindigkeit (zum Beispiel Wohngebieten) oder beim Anfahren an Kreuzungen und Ampeln deutlich leiser. Großen Nutzen verspricht der Elektroantrieb bei Nutzfahrzeugen wie Bussen, Räum- oder Müllfahrzeugen. Hier sind elektrische Fahrzeuge im gesamten Geschwindigkeitspektrum des Stadtverkehrs deutlich leiser. Dasselbe gilt für Mopeds und Motorräder. ■

Kohlekraftwerke verfügen über moderne Abgasreinigungstechnik. Ein erheblicher Beitrag zur Luftverschmutzung ergibt sich allerdings aus der Fahrzeugherstellung – sowohl beim Elektro- als auch beim Verbrennerauto. So wird vor allem bei der Stahlherstellung viel Feinstaub verursacht. Auch wenn die Produktion meist an dezentralen Orten läuft und für den Großteil der Bevölkerung weniger gesundheitsrelevant ist, können die Luftschadstoffe die Umwelt belasten. Abbildung 2 zeigt einen Vergleich der NO_x-Emissionen über den gesamten Lebensweg eines Fahrzeugs.

Abbildung 2: Stickoxidemission über den gesamten Lebenszyklus in Milligramm pro Kilometer



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des Umweltbundesamtes 2017



Wer heute ein rein elektrisch betriebenes Fahrzeug kauft, zahlt dafür in der Regel deutlich mehr als für ein Pendant mit Verbrennungsmotor. Das liegt in erster Linie an den Kosten für die Batterie. Lohnt sich die Anschaffung trotzdem? Die „inneren Werte“ eines Elektroautos bringen Licht ins Dunkel.

Mit wenig Energie viele Kilometer zurücklegen

Die Effizienz von Antrieben lässt sich am besten über ihren Wirkungsgrad vergleichen. Dieser zeigt, wie viel der zugeführten Energie bei der Fortbewegung des Fahrzeugs umgesetzt wird. Der Wirkungsgrad eines Benzinmotors liegt nur bei gut 20 Prozent. Mehr als drei Viertel der im Kraftstoff enthaltenen Energie werden also gar nicht fürs Fahren verwendet. Sie gehen als Abwärme weitgehend verloren. Berücksichtigt man zudem die Energieverluste bei der Kraftstoffbereitstellung, also der Schritte vom Bohrloch bis zum Fahrzeugtank, so werden weniger als ein Fünftel der ursprünglich eingesetzten Energie wirklich genutzt.

Anders beim Elektromotor: Er setzt rund 80 Prozent der zugeführten Energie in Bewegung um. Wenn man die Verluste einbezieht, die beim Laden der Batterie und bei der Bereitstellung des Stroms anfallen, erhält man einen Wirkungsgrad von 64 Prozent. Das Elektroauto ist damit etwa dreimal so effizient wie ein Fahrzeug mit einem konventionellen Verbren-

nungsmotor. Und es gewinnt auch im direkten Vergleich mit einem Fahrzeug, das Wasserstoff tankt und mithilfe einer Brennstoffzelle in Bewegungsenergie umsetzt: Denn dieses erzielt nur einen Wirkungsgrad von etwa 27 Prozent, wenn man die heute noch relativ aufwendige Herstellung des Wasserstoffs einbezieht. Einen Vergleich der Wirkungsgrade zeigt Abbildung 3.

Mit Elektrofahrzeugen spart man schon heute

Elektrofahrzeuge sind zunächst eine ziemliche Investition. Dafür spart man aber beim Fahren, denn die Kosten für Strom sind geringer als die Spritkosten an der Tankstelle. Die Erfahrungen zeigen zudem, dass auch Verschleiß und Wartung weniger zu Buche schlagen. Unterm Strich lohnt sich daher das Elektroauto häufig schon heute. Und der Vorteil wächst, je mehr Kraftstoffkilometer ersetzt werden. Aber warum sind die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge heute so hoch im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen? Wie bei vielen neuen Technologien

BEST PRACTICE



CO₂-freie Zustellung

Firmen mit größeren Fahrzeugflotten fällt es häufig leichter als Privatpersonen, Teile ihres Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge umzurüsten. Dadurch werden sie zu Pionieren der Elektromobilität. In dem vom Bundesumweltministerium geförderten Projekt „CO₂-freie Zustellung“ setzt die Deutsche Post DHL in einem breit angelegten Flottenversuch 2.000 Streetscooter ein. Dieses Elektro-Nutzfahrzeug wurde nach den Anforderungen des Zustellbetriebs entwickelt. Mittelfristig will der Logistikkonzern seine Zustellflotte durch die Elektrofahrzeuge ersetzen.

www.erneuerbar-mobil.de/projekte/co2-freie-zustellung



GELD GESPART

Laut Online-Rechner des Öko-Instituts bringt ein heute gekaufter elektrischer Kleinwagen nach acht Jahren Nutzung bis zu 2.500 Euro Vorteil. Der Grund: weniger Wartung und 65 Prozent niedrigere Betriebskosten pro Kilometer.

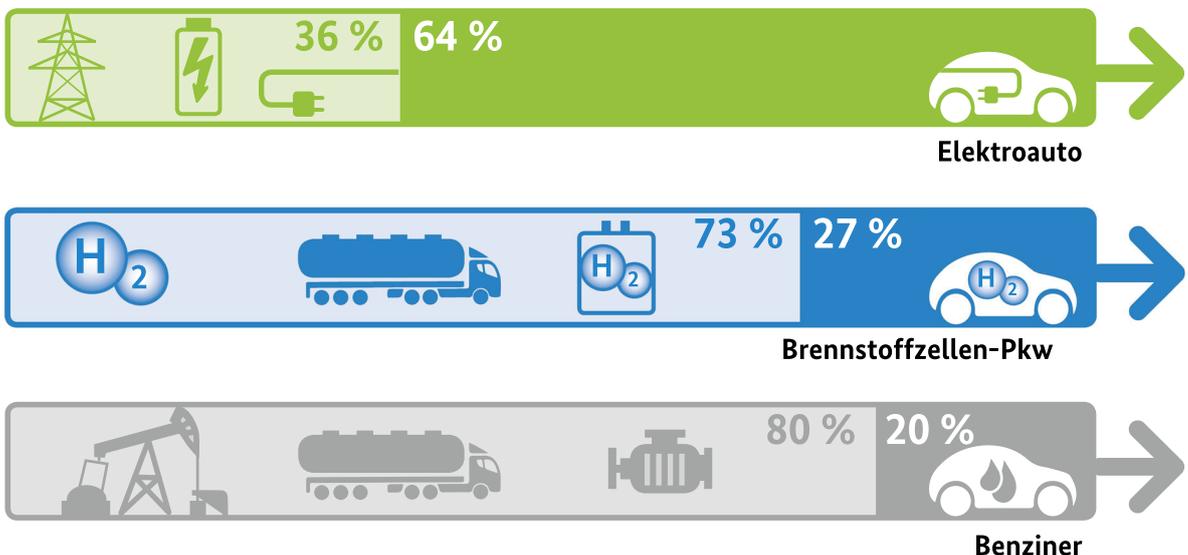
www.emob-kostenrechner.oeko.de/#

schultern die Hersteller hohe Entwicklungskosten und fertigen geringere Stückzahlen. Außerdem sind die Batteriepreise hoch, jedenfalls wenn man als Kunde eine dem gewohnten Verbrennerauto ähnliche Reichweite wünscht.

Doch das wird sich bald ändern. Bereits in den vergangenen Jahren sind die Kosten für eine Neanschaffung deutlich schneller gesunken als erwartet – eine Tendenz, die sich fortsetzen wird. Und damit kehrt sich die finanzielle Bilanz für die Käufer zunehmend ins Positive. ■

Abbildung 3: Wirkungsgrade: Elektroautos liegen weit vorn

Der Wirkungsgrad zeigt, wie viel der zugeführten Energie bei der Fortbewegung des Fahrzeugs umgesetzt wird. Bei Strom wird von Primärenergie aus erneuerbaren Energien ausgegangen. Hier wird rechts der Anteil der Energie gezeigt, der tatsächlich zur Fortbewegung genutzt wird, und links der Anteil der Energie, der auf dem Weg von der Energiequelle bis zum Rad (Well-to-Wheel) verloren geht.



Zahlen von Agora Verkehrswende und Öko-Institut, 2017

Klima und erneuerbare Energien



Ist Elektromobilität wirklich klimafreundlich?

3

Bei dieser Frage ist eine ganzheitliche Betrachtung wichtig. Denn für das Klima ist es – anders als bei der Frage der Luftverunreinigung – nicht relevant, wo die Treibhausgasemissionen entstehen, sondern wie groß diese insgesamt sind. Auf dieser Seite widmen wir uns deshalb der Gesamtbilanz, am Beispiel der Energie auf der gesamten Strecke vom Kraftwerk bis zur Ladestation.

Elektrisch fahren ist so sauber wie der Strom, der dafür zum Einsatz kommt. Zwar wird auf der Straße kein Kohlendioxid (CO₂) ausgestoßen. Doch nur wenn Elektrofahrzeuge ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen fahren, kommt ihre Energiebilanz während der Nutzung ganz ohne CO₂ aus. Um die Klimaverträglichkeit von Elektrofahrzeugen zu bewerten, müssen wir also nicht nur den Fahrbetrieb einbeziehen, sondern auch die Strombereitstellung – also den Ausstoß der Kraftwerke – und die Fahrzeugherstellung. Das Gleiche gilt natürlich für Autos mit Verbrennungsmotor. Hier reicht die Betrachtung analog von der Kraftstoffbereitstellung vom Bohrloch bis zur Tankstelle. Die Abbildung 4 vergleicht die Klimawirkungen der verschiedenen

Autotypen, Basis ist der deutsche Strommix. Die Grafik zeigt, dass ein heute gekauftes Elektroauto im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unter Klimagesichtspunkten besser abschneidet. Das gilt auch beim aktuellen deutschen Strommix und sogar dann, wenn man es wie in diesem Beispiel mit besonders sparsamen Verbrennern vergleicht.

Was bedeutet die Energiewende?

Beim Benzin- oder Diesel steht bereits beim Fahrzeugkauf fest, welche Treibhausgasemissionen in etwa anfallen werden. Beim Elektroauto ist hingegen die Entwicklung im Stromsektor von großer Bedeutung. Wird der Strommix grüner, wird auch das Elektroauto



Wie klimafreundlich sind die Produktionsmethoden?

Mit jedem Strommix in Europa ist ein heute gekauftes Elektroauto klimafreundlicher als ein Diesel. Eine ausführliche Klimabilanz eines Elektroautos mit Strom aus dem deutschen Strommix ist zu finden auf der BMU-Internetseite:



www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr

sauberer. So wird ein heute gekauftes Elektroauto nicht über seine gesamte Nutzungsdauer mit dem Strommix des Jahres 2019 unterwegs sein, sondern in den kommenden Jahren die Entwicklung im Strombereich automatisch „mitmachen“. Das sieht man auch in der Grafik: Der Vorsprung des E-Fahrzeugs 2025 ist größer – und das, obwohl auch die Vergleichsfahrzeuge effizienter werden. Die Bilanz fossiler Kraftstoffe könnte sich künftig sogar verschlechtern, etwa bei einer verstärkten Förderung aus Teersanden oder mit der Technik des Frackings.

Alter Motor, neuer Kraftstoff – eine Alternative?

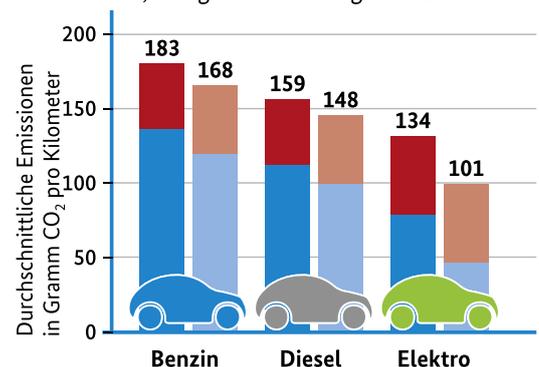
Durchaus. Zum einen können nachhaltige Biokraftstoffe beigemischt werden. Das globale Flächenpotenzial für eine wirklich verträgliche Herstellung ist allerdings begrenzt. Daneben können Kraftstoffe auch synthetisch aus Strom hergestellt werden. Solche Power-to-Liquids (PtL) oder auch E-Fuels benötigen allerdings einen deutlich höheren Energieaufwand als die direkte Nutzung des Stroms für Elektrofahrzeuge (siehe Kapitel 1). Das liegt an den zusätzlichen Umwandlungsschritten bei der Herstellung. Werden

E-Fuels aus dem deutschen Strommix hergestellt, wird die darin ohnehin schon enthaltene Emissionslast aus Kohle- und anderen Kraftwerken nochmals potenziert. Das führt dazu, dass Autos auf Basis solcher Kraftstoffe im Klimaschutz nicht nur schlechter abschneiden als Elektroautos, sondern sogar deutlich schädlicher als Benzin und Diesel wären. Nur unter Verwendung erneuerbarer Energieträger wären E-Fuels klimafreundlich, wenn auch wenig effizient. Sinnvoll sind sie deshalb vor allem dort, wo es keine Alternativen gibt, zum Beispiel im Flug- und Schiffsverkehr. Dort brauchen wir dringend klimaneutrale Kraftstoffe und deshalb fördert die Bundesregierung auch ihre Entwicklung in großem Umfang. ■

Abbildung 4: CO₂-Emissionen pro Fahrzeug-Kilometer über den gesamten Lebenszyklus



Produktion, Wartung, Entsorgung ■ 2017 ■ 2025
 Fahrbetrieb, Energiebereitstellung ■ 2017 ■ 2025



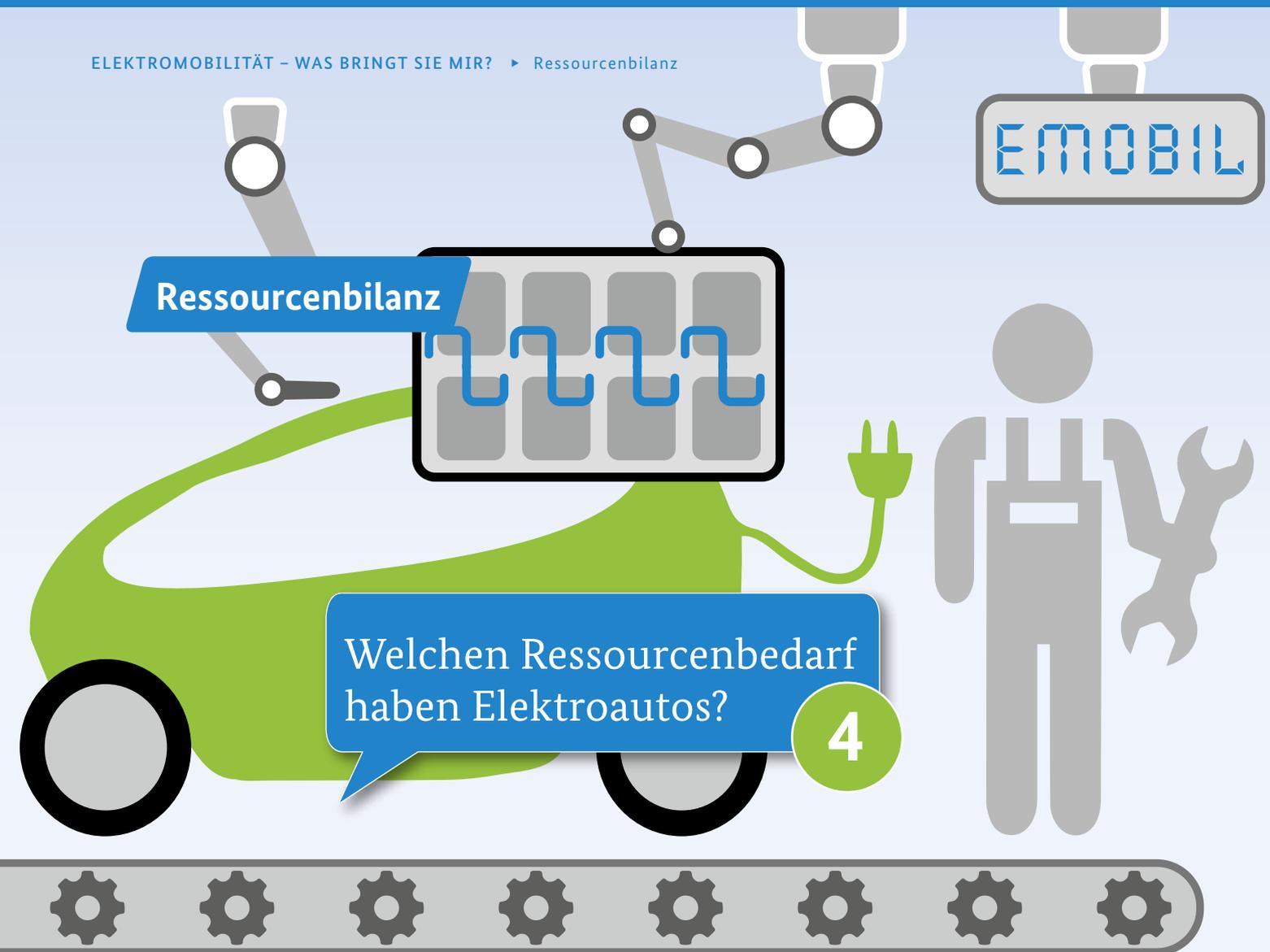
Neufahrzeug 2017

Elektro 27 % weniger Emission als Benzin
 Elektro 16 % weniger Emission als Diesel

Neufahrzeug 2025

Elektro 40 % weniger Emission als Benzin
 Elektro 32 % weniger Emission als Diesel

Quelle: Darstellung auf Basis von Daten des Umweltbundesamtes 2017



Geht es um die Umweltwirkungen von Elektromobilität, wird in erster Linie über Klimagase, Luftschadstoffe und Lärm gesprochen. Eine umfassende Umweltbilanz berücksichtigt aber auch, dass knappe Ressourcen in Anspruch genommen werden. Wie schneiden Elektrofahrzeuge eigentlich hier ab?

Elektroautos benötigen mehr und andere Rohstoffe

Zwei Maße kommen bei einer Ressourcenbewertung oft vor: der kumulierte, also insgesamt anfallende Energieaufwand und der kumulierte Rohstoffaufwand. Beim kumulierten Energieaufwand schneiden Elektroautos besser ab als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Das liegt vor allem daran, dass sie aufgrund des hocheffizienten Elektromotors viel weniger Energie zum Fahren benötigen (siehe auch Seite 10/11). Laut Agora Verkehrswende können durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen bis 2050 über 1,5 Milliarden Tonnen (t) Rohöl eingespart werden. Für ihre Herstellung benötigen Elektrofahrzeuge mehr

Technologiemetalle als konventionelle Fahrzeuge. Vor allem Lithium und Kobalt sind wichtige Rohstoffe für die Batterien. Elektromotoren beinhalten Magnete, für sie werden meistens Metalle der Seltenen Erden benötigt. Auch werden zunehmend Leichtbaumaterialien verwendet, wie etwa Aluminium und mit Kohlefaser verstärkte Kunststoffe. Letzteres gilt zwar auch für Autos mit Verbrennungsmotor. Bei Elektroautos, die eine schwerere Batterie an Bord haben, ist eine leichte Karosserie allerdings besonders vorteilhaft.

Gibt es genügend Rohstoffe?

Aktuelle Studien zeigen es: Auch bei einem schnellen weltweiten Zuwachs an Elektrofahrzeugen und

anderen Elektrogeräten übersteigen die weltweiten Vorkommen an den für die Elektromobilität wichtigen Rohstoffen, also etwa Lithium, Kobalt oder Gallium, den prognostizierten Bedarf deutlich. Kurzfristig können aber durchaus Verknappungen oder Preissteigerungen auftreten – insbesondere bei Lithium und Kobalt (siehe Abbildung 5).

Rohstoffgewinnung ist häufig mit ökologischen und sozialen Belastungen verbunden. Deshalb ist es wichtig, Rohstoffbedarfe zu senken – durch Produktionsfortschritte, eine höhere Materialeffizienz und auch Recycling. Bei Antriebsbatterien ist ein solcher Trend bereits zu beobachten. Die Bundesregierung unterstützt die Forschung zur sparsamen Verwendung und Wiedergewinnung von Rohstoffen und auch die Nachnutzung von Batterien (Second Life). Mittlerweile gibt es Batterien, die viel weniger Kobalt benötigen. Auch die Industrie wird aktiv und schließt sich zunehmend Initiativen zur nachhaltigen Rohstoffversorgung (Responsible Mining) an. ■

BEST PRACTICE

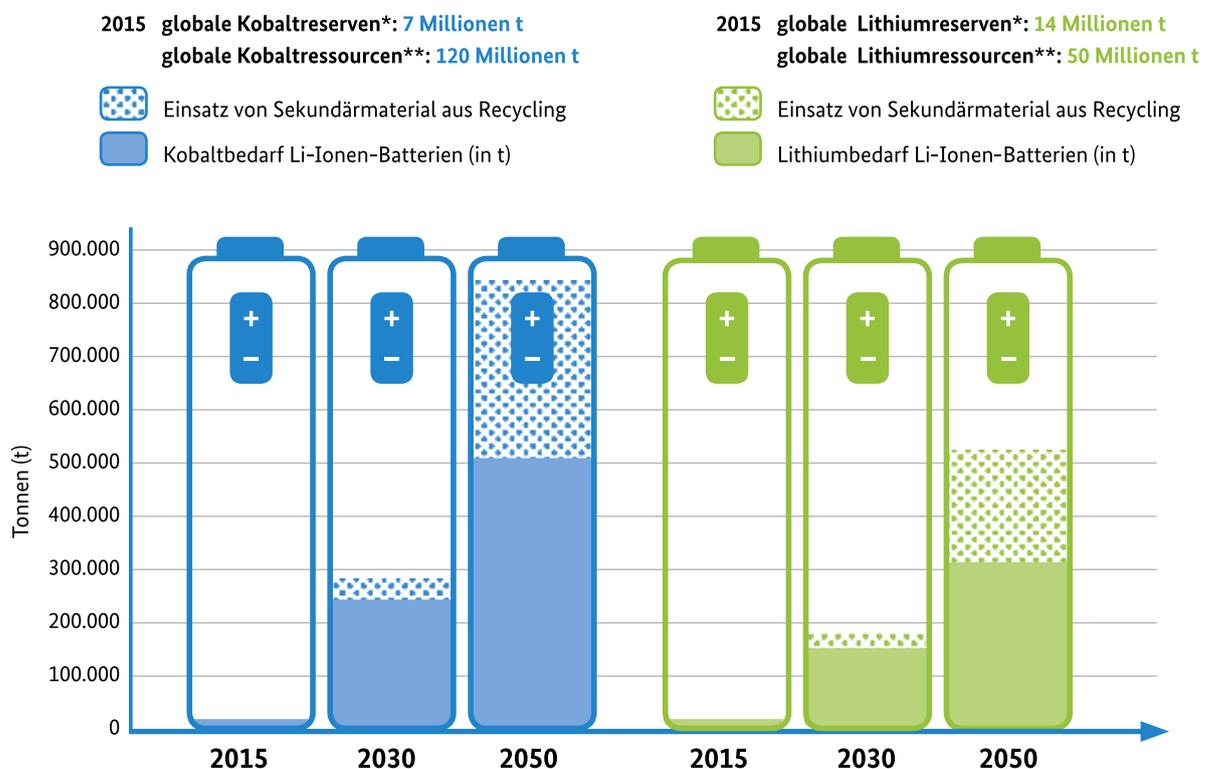


Forschungsprojekt Batterierecycling

Wie das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien effizient und wirtschaftlich durchgeführt werden kann, zeigte im Leuchtturmprojekt „Lithorec II“ ein Konsortium aus acht namhaften Unternehmen und zwei renommierten Universitäten. Ende 2015 wurde die komplette Recyclingkette im Pilotmaßstab aufgebaut. Seit 2017 werden die Ergebnisse des Forschungsprojektes durch die Duesenfeld GmbH in einem umweltfreundlichen Recyclingprozess für Elektrofahrzeug-Batterien umgesetzt.

www.lithorec2.de

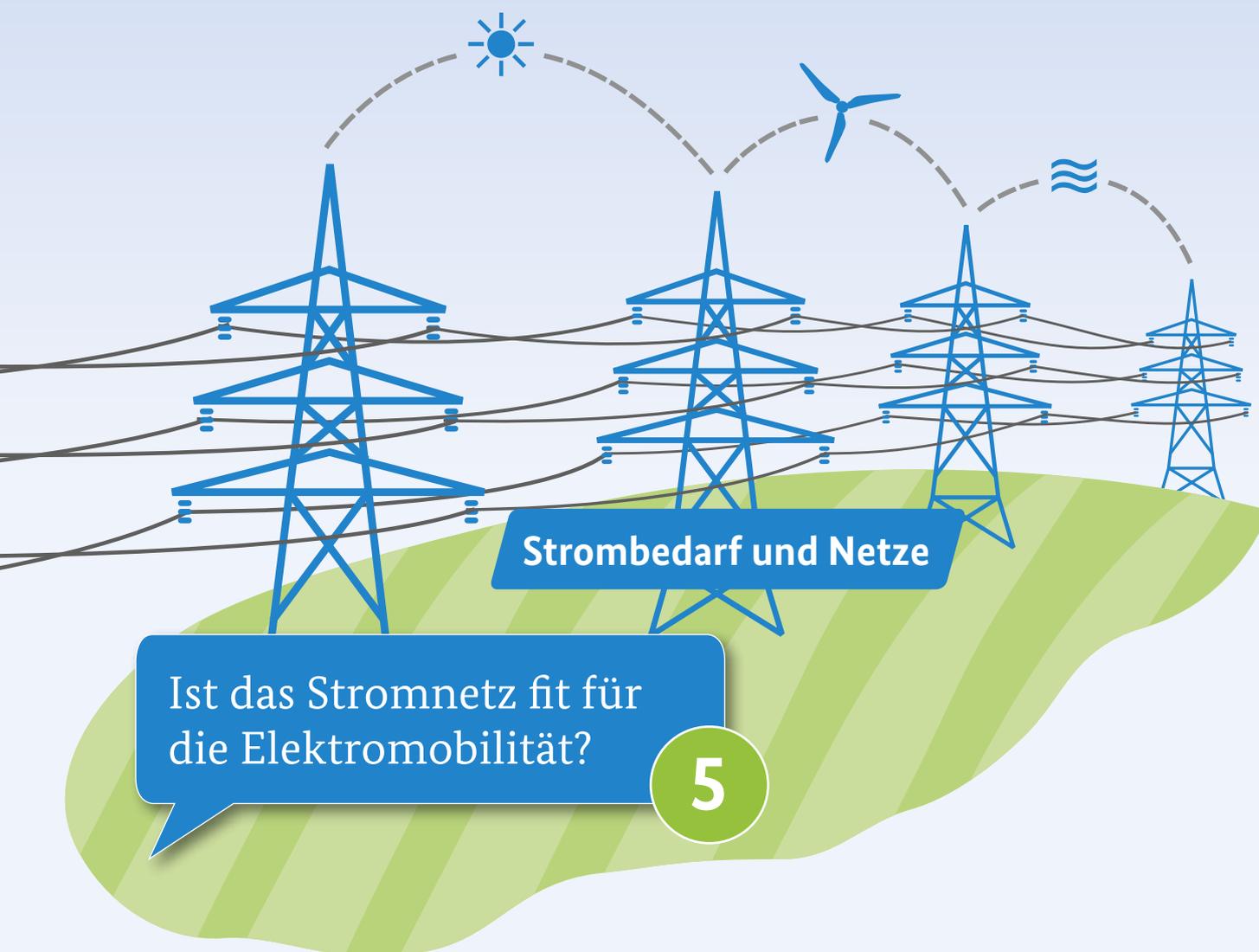
Abbildung 5: Lithium und Kobalt – Basis für viele Zukunftstechnologien



* Reserve: erfasst und technisch förderbar

** Ressource: bekannt, aber noch nicht vollständig förderbar

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten der Initiative Agora Verkehrswende 2018



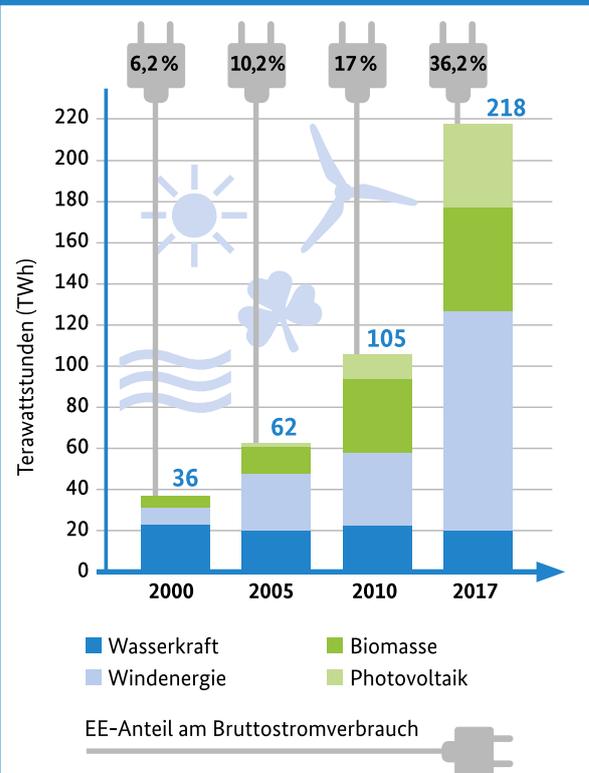
Je weiter die Verbreitung von Elektroautos fortschreitet, desto höher wird der Strombedarf im Verkehrssektor. Aber gibt es überhaupt genügend Strom aus erneuerbaren Quellen, um die Fahrzeuge klimafreundlich zu betreiben? Und ist das Stromnetz für eine große Zahl von Elektroautos gerüstet?

Die gute Botschaft vorab: Auch wenn sich die Elektromobilität schneller als geplant durchsetzt, sind genug erneuerbare Energien vorhanden, um die Fahrzeuge damit anzutreiben. Wenn alle derzeit 45 Millionen Pkw auf deutschen Straßen weitgehend elektrisch fahren würden, so wären dafür rund 100 Terawattstunden (TWh) im Jahr nötig. Das entspricht nur einem Sechstel dessen, was Deutschland pro Jahr insgesamt an Strom verbraucht. 2017 wurde aus Erneuerbaren eine Strommenge von 218 TWh erzeugt, also mehr als doppelt so viel wie der Bedarf einer komplett elektrischen Fahrzeugflotte. Und der Ausbau der erneuerbaren Energien schreitet rasch voran (siehe Abbildung 6).

Vom Stromnetz zum Smart Grid

Perspektivisch sind aber durchaus Anpassungen des Stromnetzes nötig, um das gleichzeitige Laden vieler Elektroautos zu ermöglichen. Das gilt besonders für die örtlichen Stromnetze, die sogenannten Verteilnetze. In erster Linie muss das Netz „smart“ werden. Das heißt, es werden intelligente Netzmanagement- und Speichertechnologien eingesetzt, um örtliche und zeitliche Netzbelastungen auszugleichen. Erst dann muss das Netz ausgebaut werden. Die Entwicklung unseres Stromnetzes zum Smart Grid ist aufgrund der Energiewende ohnehin bereits in vollem Gange. Denn die Einspeisung von Energie

Abbildung 6: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland in TWh



wird immer mehr von Sonne und Wind abhängig und erfolgt zunehmend dezentral, etwa aus Solar-Dachanlagen. Damit sind intelligente Netztechnologien schon jetzt unverzichtbar. Elektrofahrzeuge, die als „flexibler Stromabnehmer“ laden, können langfristig zum stabilisierenden Teil des Smart Grids werden.

Ist die Elektromobilität fit für das Stromnetz?

Das gesteuerte Laden von Elektroautos funktioniert. Das haben Demonstrationsvorhaben und Feldversuche bereits gezeigt. Und das kann zur Netzentlastung beitragen. Im Alltag muss zukünftig nur über das Handy der Befehl „Batterie morgen um 7:00 Uhr voll“ eingegeben werden. Den Rest erledigt die Software, abhängig vom aktuellen Stromdargebot und -preis.

Die Elektromobilität als Teil der Verkehrswende sorgt so für eine zunehmende Kopplung von Strom- und Verkehrssektor. Sie ist die energieeffizienteste Form, die Energiewende im Verkehr voranzutreiben – und damit den Weg hin zur klimafreundlichen und nachhaltigen Mobilität zu beschreiten. ■



Ist der Strombedarf gedeckt?

Nach einer Berechnung des Öko-Instituts benötigen eine Million Elektroautos nicht mehr als zwei Terawattstunden Strom jährlich. Das sind nicht einmal 0,5 Prozent des bundesweiten Bedarfs.

Quelle: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

BEST PRACTICE



Forschungsprojekt 3E-Mehrfamilienhaus

Im dem dreijährigen Projekt wurde ein innovatives System aus Energieerzeugung vor Ort und Elektromobilität erstmals in einem Mehrfamilienhaus erprobt. Kern war das Zusammenspiel von Mini-Blockheizkraftwerken, Solaranlagen, Elektrofahrzeugen und stationärem Speicher. Darüber hinaus erfolgte eine Kopplung an die Energiehandelsmärkte über eine IT-Plattform. Die Anforderungen an die Ladung der Fahrzeugbatterie im Rahmen des Quartiers-Carsharing waren ebenfalls Teil der Untersuchungen.

www.erneuerbar-mobil.de/projekte/3e-mfh

Mehr als Pkw

Der Pkw wird elektrisch –
genügt das?

6



Elektrische Antriebe sind nicht nur eine Alternative für den Individualverkehr. Im gewerblichen Verkehr und im ÖPNV fahren immer mehr Fahrzeuge elektrisch. Und auch beim Fahrrad eröffnet der E-Motor neue Möglichkeiten.

Sauberer Wirtschaftsverkehr

Wer an einer stark frequentierten Straße die vorbeifahrenden Fahrzeuge beobachtet, dem fällt der hohe Anteil des Wirtschaftsverkehrs auf – und die motorisierten Dienstleister werden immer mehr (siehe Abbildung 7). Pflegedienst, Paket- und Einkaufslieferanten oder Stadtreinigung können aus verschiedenen Gründen kaum auf das Auto verzichten. Würden sie aber alle elektrisch fahren, brächte das enorm viel Lebensqualität: Die Luft würde sauberer sein, die Stadt leiser und das Klima wäre weniger belastet. Dank des Elektroantriebs lohnt sich übrigens für manche Unternehmen auch der Umstieg auf Zweiräder. So werden mit Unterstützung des BMU zum Beispiel mehr und mehr Elektrolasteräder eingesetzt. Auch Roller fahren immer öfter elektrisch. Der Wirtschaftsverkehr stellt je nach Branche sehr unterschiedliche

Anforderungen an die Fahrzeuge. So braucht etwa der Handwerker einen E-Transporter mit einer bestimmten Mindestreichweite für seine tägliche Route, während der Möbelspediteur nicht auf ein bestimmtes Ladevolumen verzichten kann. Von Vorteil ist, dass Unternehmen die Anforderungen an ihre Autos genau kennen und ihre tägliche Fahrstrecke präzise abschätzen können. Dadurch können Elektronutzfahrzeuge passgenau ausgelegt werden. Wie das geht, zeigt zum Beispiel der Streetscooter der Deutschen Post (siehe auch Seite 11).

Sogar Schwergewichte können elektrisch fahren

Je größer und schwerer ein Fahrzeug ist, desto schwieriger wird seine Elektrifizierung. Denn mehr Masse braucht mehr Antriebsenergie. Und das braucht wiederum eine größere Batterie. Die Batterietechnologie entwickelt sich immer weiter und die



BEST PRACTICE

Hamburger Elektrobus Demonstration

2016 und 2017 nahm die Hamburger Hochbahn drei Plug-In-Hybrid-Busse und drei Elektrobusse auf ihrer Innovationslinie 109 in Betrieb. Das vom BMU geförderte Projekt lieferte wichtige Erkenntnisse zu Fahrzeug- und Ladetechnologie und zur Wirtschaftlichkeit. Hamburg ist zudem eine der Städte, die sich mit der Verknüpfung von ÖPNV und verschiedenen Sharing-Angeboten über ihre Plattform „switchh“ um eine multimodale Mobilitätsgestaltung bemühen.

www.erneuerbar-mobil.de/projekte/held

Reichweiten steigen. So können auch elektrische Nutzfahrzeuge, die schwerer und größer als Pkw sind, zur Umwelt- und Klimaentlastung beitragen.

Selbst der schwere Sattelzug könnte in naher Zukunft mit Strom angetrieben werden. Denn eins ist klar: Die wachsende Zahl von Gütertransporten kann die Schiene nicht allein bewältigen. Auch weil die Güterarten und Zeitanforderungen sich geändert haben. Könnte sogar der schwere Lkw auf Langstrecken einen großen Sprung in puncto Umwelt und Klima machen? Zumindest dann, wenn er durch Batterie und eine Oberleitung an der Autobahn – zum streckenweisen schnellen Nachladen – unterstützt würde? In Deutschland wird dies jetzt getestet: In Hessen, Schleswig-Holstein und Baden-Württemberg werden derzeit drei Strecken mit einer Oberleitung ausgestattet. Ab 2020 werden dort die ersten Oberleitungs-Lkw im normalen Speditionsalltag eingesetzt. Die Oberleitung ist dabei nur auf kurzen Abschnitten nötig und funktioniert wie eine Art Schnellladestation, nur dass die Fahrzeuge zum Laden nicht extra anhalten müssen.

Städte stellen ihre Busflotten um

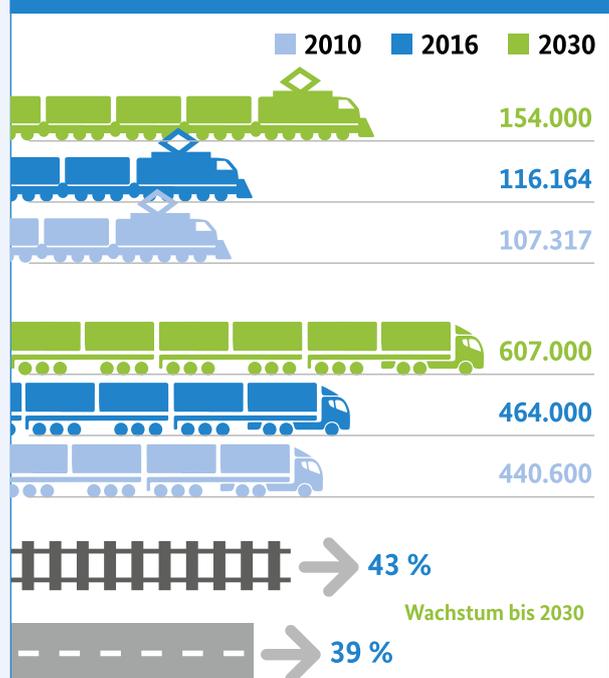
Elektrobusse sind in vielen Städten, wie etwa Köln, Berlin oder Hamburg, bereits heute Teil des Linienverkehrs. Ihren Strombedarf decken sie über High-Speed-Gelegenheitsladungen an der Haltestelle sowie über nächtliche Ladung im Depot. Viele deutsche Städte wollen ihren Busverkehr schon bald rein elektrisch abwickeln. ■

FILM ZUM PROJEKT EWAYBW

www.vm.baden-wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/lkw/ewaybw



Abbildung 7: Güterverkehrsleistung in Millionen Tonnenkilometer (tkm)



Quelle: 2010–2016: Statistisches Bundesamt
 2030: Verkehrsprognose des Bundesverkehrsministeriums (BMVI), 2014

Umkämpfter Markt

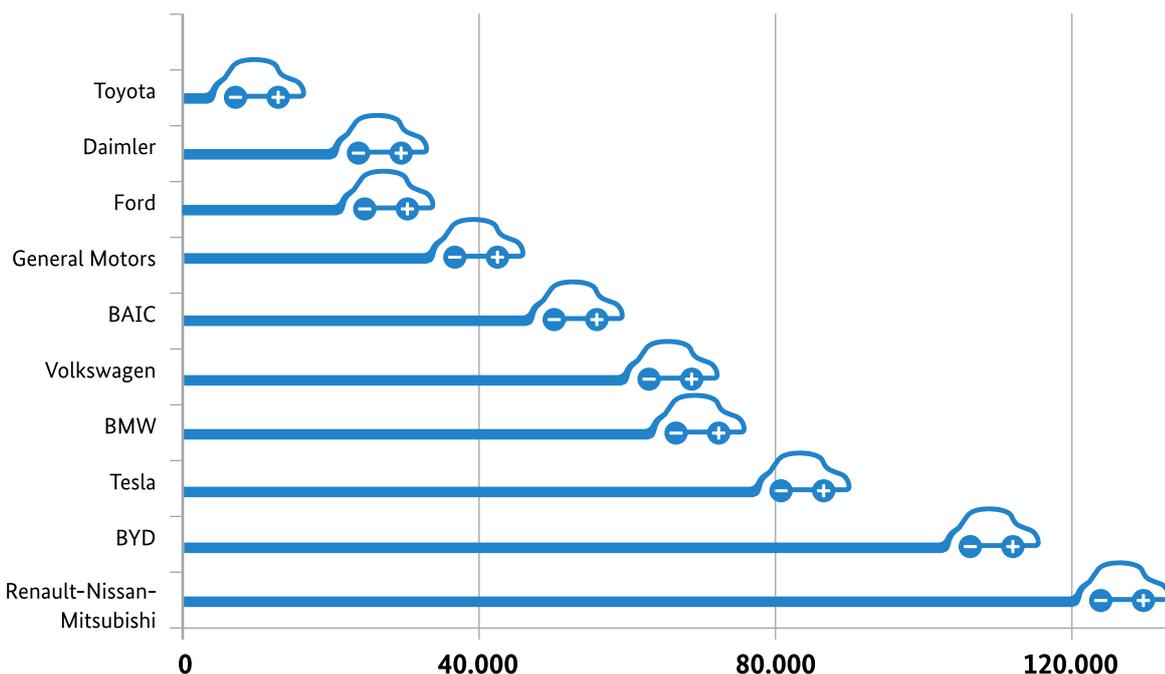
Was bedeutet Elektromobilität für unsere Wirtschaft?

7

Mehr als 800.000 Beschäftigte zählt die deutsche Automobil- und Zuliefererindustrie heute. Stehen diese Arbeitsplätze vor dem Aus, wenn der Anteil der Elektroautos steigt? Ein Blick in die Zukunft zeigt: Für den Standort Deutschland bedeutet Elektromobilität Herausforderungen – und zugleich Chancen.



Abbildung 8: Neuzulassungen Elektrofahrzeuge nach Herstellern weltweit im Jahr 2016



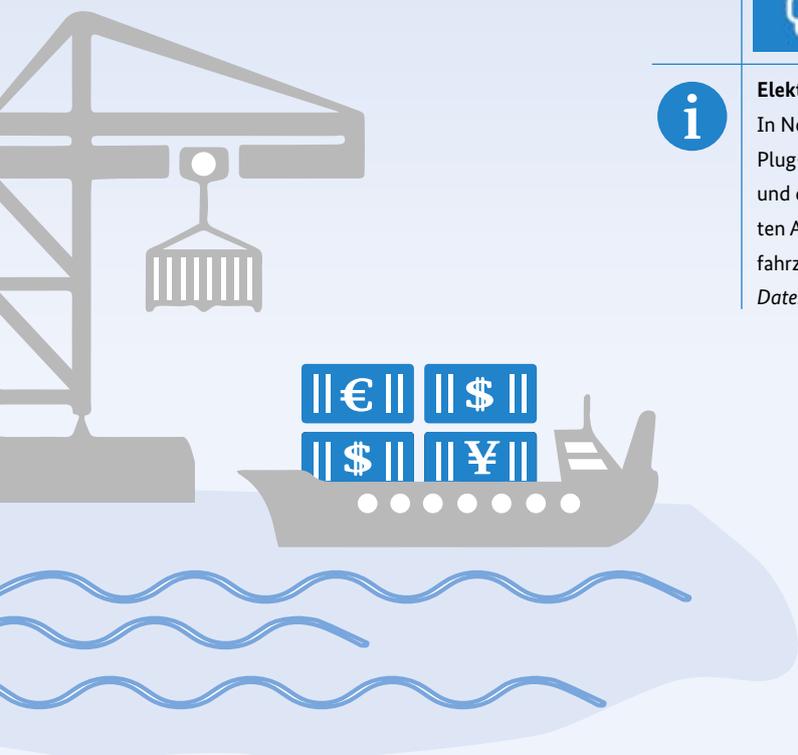
Quellen: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg und Manager Magazin 2016



Elektrofahrzeuge im Aufwind

In Norwegen waren 2017 schon 52 Prozent aller neuen Pkw Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeuge. Und auch unsere Nachbarn Frankreich, die Niederlande und das Vereinigte Königreich haben ambitionierte Ziele. In China, dem weltgrößten Absatzmarkt für (deutsche) Autos, wurden allein 2017 über 600.000 Elektrofahrzeuge neu zugelassen und die Zahlen sollen weiter rasch zulegen.

Datenquellen: European Automobile Manufacturers Association (ACEA), Handelsblatt



Immer wieder ist zu hören, dass ein Abschied vom Verbrennungsmotor viele Arbeitsplätze gefährdet. Warum eigentlich? Weil ein Elektroauto viel weniger Einzelteile besitzt? Weil es weniger Wartung und Instandhaltung braucht? Aber hat ein E-Auto nicht auch eine Karosserie, Reifen, Bremsen, Türen, Elektronik, eine Innenausstattung und so weiter?

Nach einer im Auftrag der Industriegewerkschaft Metall (IG Metall) erstellten Studie des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation arbeiten etwa 210.000 der 840.000 Beschäftigten in der deutschen Automobilindustrie an der Herstellung von Antriebssträngen (also Motor, Getriebe, Tank, Auspuff und so weiter). Von diesen 210.000 würden in einem wahrscheinlichen Szenario der Studie bis zum Jahr 2030 rund 75.000 Arbeitsplätze wegfallen. Allerdings wäre nur der Verlust von rund 20.000 Stellen tatsächlich der Elektromobilität zuzuschreiben. Die sonstigen Veränderungen sind auf Produktivitätssteigerungen zurückzuführen.

Elektromobilität schafft auch neue Jobs

Das Auto der Zukunft gleicht zunehmend einem Computer auf Rädern. Das bietet neue Möglichkeiten,

etwa für Elektronik- und IT-Experten. Viele rechnen damit, dass künftig sehr viele Plug-in-Hybridfahrzeuge, also Autos mit Verbrennungs- und E-Motor, verkauft werden. Die deutschen Autohersteller zählen zu den stärksten Anbietern dieser Technologie. Laut Fraunhofer-Studie könnte sich aber sogar ein Plus ergeben. Wie viele Arbeitsplätze es also in Zukunft in der Automobilbranche in Deutschland gibt, ist heute schwer einzuschätzen. Hier hilft ein Blick auf den Weltmarkt.

Deutsche Hersteller positionieren sich

Über drei Viertel der in Deutschland hergestellten Pkw gehen ins Ausland – viele Arbeitsplätze hängen also am Außenhandel. Werden die Marktanteile deutscher Hersteller zurückgehen, wenn der Verbrennungsmotor verschwindet? Das muss nicht sein. Denn für die elektrisch betriebene Zukunft ist Deutschland schon heute gut aufgestellt (siehe Abbildung 8).

Schneller Umstieg verbessert Chancen

Wenn die gute Wettbewerbssituation Deutschlands auch bei den Zukunftstechnologien, auf die globale Märkte setzen, sichergestellt wird, dann können durch Elektromobilität unterm Strich sogar mehr Jobs entstehen. Grund zur Sorge sieht deshalb auch die IG Metall nicht. „Die Herausforderung ist groß, aber zu bewältigen, wenn jetzt die richtigen Rahmenbedingungen geschaffen werden“, so ihr Vorsitzender Hofmann zu den Ergebnissen der Fraunhofer-Studie. Und der Blick auf den Weltmarkt zeigt: Geht der globale Trend weiter in Richtung Elektromobilität, dann werden heimische Arbeitsplätze nicht durch eine Abwehrhaltung, sondern durch das aktive Mitgestalten der Entwicklung gesichert. ■

Die Stadt von morgen

Mehr Miteinander der Verkehrsmittel –
weniger Emissionen – mehr Lebensqualität





Weitere Informationen im Internet

Unter folgenden Links finden Sie weitere Informationen zur nachhaltigen Mobilität, Elektromobilität sowie zur Förderung der Elektromobilität durch das Bundesumweltministerium:

Das Thema Verkehr beim BMU

www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr

Die Kampagne „Zeit für #mobilwandel“ des BMU

www.mobil-wandel.de

Förderung der Elektromobilität des BMU

www.erneuerbar-mobil.de

Das Thema Verkehr beim Umweltbundesamt

www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm

Die Initiative Agora Verkehrswende

www.agora-verkehrswende.de

Abkürzungsverzeichnis

ACEA	European Automobile Manufacturers Association
AG	Aktiengesellschaft
AVAS	Acoustic Vehicle Alerting Systems
BAIC	Beijing Automotive Industry Holding Company Limited
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMW	Bayerische Motoren Werke
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BYD	Build your dreams Company Limited
CO ₂	Kohlendioxid
EE	Erneuerbare Energien
E-	Elektro-
E-Fuels	Electronic-Fuels
EU	Europäische Union
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GmbH & Co. KG	Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft
IG Metall	Industriegewerkschaft Metall
IT	Informationstechnik
km/h	Kilometer pro Stunde
Lkw	Lastkraftwagen
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
NO _x	Stickoxid
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PM	Feinstaub (Particulate Matter)
PtG	Power to Gas
PtL	Power to Liquid
t	Tonnen
tkm	Tonnenkilometer
TWh	Terawattstunden

