

# IMPULSE

aus der internationalen Zusammenarbeit

## Elektromobilität aus erneuerbaren Energien

### Ein essentieller Baustein zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors

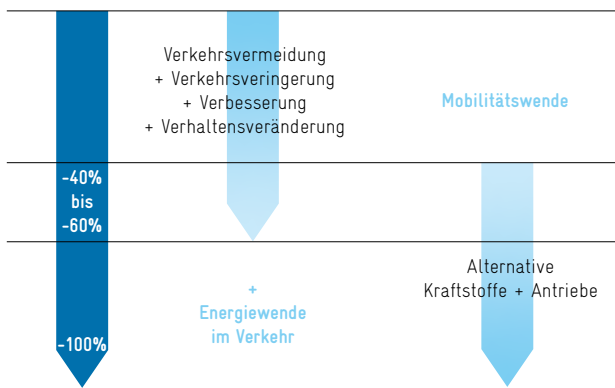
Vor dem Hintergrund des Pariser Abkommens und weltweit steigenden Emissionen steht der Verkehrssektor vor einer großen Herausforderung bei der Erreichung der Klimaziele. Während der Energiewendeprozess international erfolgreich vorangetrieben wird, hinkt die Verkehrstransformation hinterher. Um die Klimaerwärmung auf 1,5 bis 2°C zu beschränken, ist eine drastische Reduzierung der vom Verkehr verursachten Treibhausgasemissionen notwendig. Bis 2050 wird jedoch im *Business-as-usual*-Szenario ein Anstieg um 60% vorhergesagt (vgl. ITF 2017, S. 39ff), was u.a. den wachsenden Motorisierungsraten in Entwicklungs- und Schwellenländern zuzuschreiben ist. So verzeichneten bspw. China (+191%), Ghana (+140%) und Peru (+111%) zwischen 2001 und 2013 einen deutlichen Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehr (vgl. Dual Citizen 2016, S. 18).

In vielen Staaten, darunter auch zahlreiche Entwicklungs- und Schwellenländer, sind jedoch deutliche Transformationsbestrebungen erkennbar. 140 (von 163) Staaten bzw. Staatenverbünde haben in ihren nationalen Klimazielen (*Nationally Determined Contributions* – NDCs) den Verkehrssektor als Quelle für die Verursachung von Treibhausgasen und als wichtiges Handlungsfeld identifiziert (Ricardo Energy & Environment and GIZ 2017, S. 9). Hinzu kommen Anstrengungen zur Bekämpfung ge-

sundheitlicher Probleme aufgrund von steigenden Luftschadstoffen und Lärm, insbesondere in Ballungsräumen, wie Peking, Jakarta oder Mexiko-Stadt. Die *Sustainable Development Goals* (z.B. “SDG 3 – *good health and well-being*” und “SDG 11 – *sustainable cities and communities*”) erfordern hier eine Umstellung von Verkehrspolitik und Verkehrsplanung auf nationaler und lokaler Ebene.

Die Leitprinzipien für nachhaltigen und effizienten Verkehr lauten Verkehrsvermeidung, Verlagerung auf nicht-motorisierte, öffentliche und geteilte Verkehrsmittel sowie eine effizientere Abwicklung des Verkehrs (Avoid, Shift, Improve – ASI). Doch selbst wenn diese Prinzipien eingehalten werden, müssten zusätzlich verstärkt erneuerbare Energien für den Verkehrssektor eingesetzt werden. Der deutsche Think Tank Agora Verkehrswende schätzt, dass etwa die Hälfte aller notwendigen Emissionseinsparungen durch den ASI-Ansatz realisiert werden kann. Die andere Hälfte muss über alternative Antriebe und Kraftstoffe erreicht werden (siehe Abb. 1). Elektromobilität spielt dabei eine zentrale Rolle und umfasst grundsätzlich Elektrofahrzeuge aller Art (einspurig und zweispurig, straßen- und schienengebunden, Batterie und Brennstoffzelle), sowie die dazu erforderlichen Infrastrukturen, Verkehrsangebote und -dienstleistungen (Knese 2019, S. 30). Dies umfasst bspw. die Ladeinfrastruktur, elektrische Sharing-Angebote oder digitale Informations- und Bezahlssysteme.

**Abbildung 1:  
Zwei parallele Pfade zur Verkehrswende**



Quelle: Agora Verkehrswende 2017 (nach BMU Klimaschutzbericht 2015, Projektionsbericht der Bundesregierung 2015, UBA 2015).

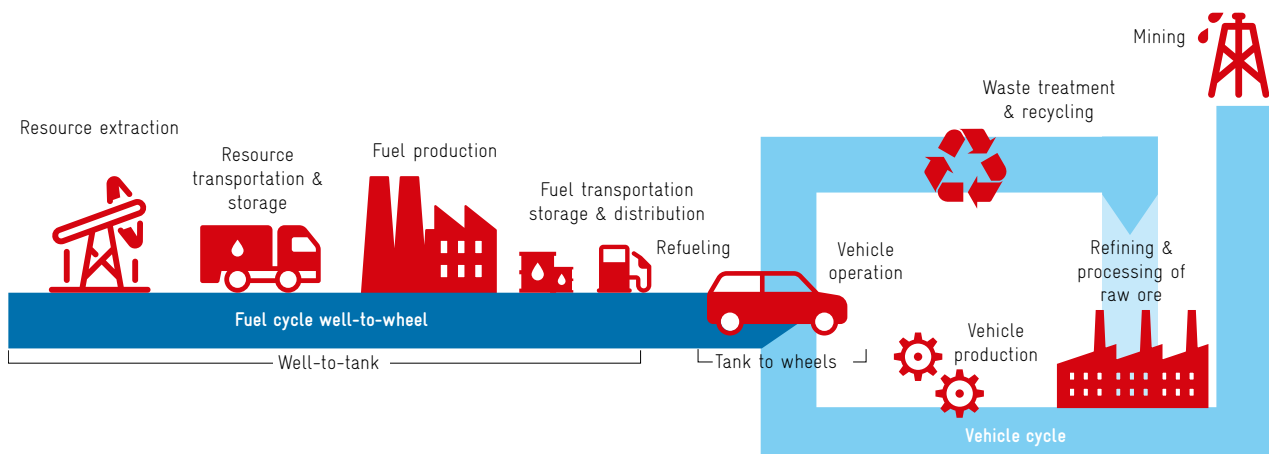
## Umwelt- und Klimafreundlichkeit der Elektromobilität variiert

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Elektrofahrzeuge in Regionen mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien deutlich geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen als vergleichbare Benzin- oder Dieselfahrzeuge. Sie sind aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads (73%) grundsätzlich energieeffizienter als Verbrennungs- (13%) und Brennstoffzellenfahrzeuge (22%) (vgl. Transport & Environment 2017). Hingegen verschiebt sich die Fahrleistungsschwelle für einen Klimavorteil („break even“) in Ländern mit einem hohen Kohlestromanteil auf höhere Werte. Insgesamt hängt die Ökobilanz eines Fahrzeugs allerdings von zahlreichen Variablen ab (z.B. Fahrzeugklasse, spezifischer

Stromverbrauch, Strommix, Verkehrsleistung, Witterung, Zellchemie der Batterien, Batteriekapazität, Energie-dichte, Energieeinsatz der Fertigung, Recycling) und ist regional und lokal sehr unterschiedlich (vgl. IFEU 2019, S. 25ff und Abb. 2). Dabei kommen zahlreiche Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen, die aufgrund der Dynamik des Marktes und der Entwicklung der Technologien auch immer nur eine Momentaufnahme darstellen. Mit dem Fortschreiten der Energiewende, einem steigenden Anteil erneuerbarer Energien und Verbesserung in der Batteriezellfertigung werden sich die Emissionen im Herstellungsprozess und in der Nutzungsphase zukünftig weiter verringern. Ohnehin ist es nicht ratsam mit der Flottenerneuerung zu warten, bis der Energiesektor dekarbonisiert ist. Hier gilt es einer weiteren Pfadabhängigkeit des Verkehrssektors vorzubeugen, um die Klimaziele einhalten zu können. Dennoch gilt: Wenn Elektromobilität als Klimaschutzmaßnahme gefördert werden soll, braucht es ambitionierte und realistische Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien.

In vielen Regionen ist jedoch nicht die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen Auslöser der Elektromobilitätsförderung, sondern die Verbesserung der Luftqualität in Städten. Elektrofahrzeuge stoßen lokal (am Fahrzeug) keine Schadstoffe aus und verursachen bei Fahrtgeschwindigkeiten bis 30-40 km/h weniger Lärm als konventionelle Fahrzeuge (vgl. BDI 2013). Ein erhöhter Anteil von E-Fahrzeugen führt somit zu geringeren Stickstoff- und Feinstaubemissionen, wenngleich letztere auch durch Reifenabrieb entstehen und nicht vollständig verschwinden. Insbesondere im elektrischen Zweiradverkehr kann Elektromobilität für eine Reduzierung des Flächenver-

**Abbildung 2: Umfassende Lebenszyklusanalysen bei Elektrofahrzeugen**



Quelle: GIZ China 2016

brauchs und eine Entlastung von Straßen sorgen, wenn dadurch Pkw-Fahrten eingespart und die Anzahl an Pkw reduziert werden.

In einigen vietnamesischen Städten bspw. haben motorisierte Zweiräder einen Verkehrsmittelanteil von über 70%. Die GIZ unterstützt im Rahmen eines durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) finanzierten Vorhabens die vietnamesische Regierung bei der Einführung von regulatorischen Rahmenbedingungen sowie Städte bei der Entwicklung von Elektromobilitäts-Roadmaps. Ein erster heimischer Hersteller hat sich entsprechend positioniert und produziert mittlerweile erfolgreich Elektroroller, was nicht nur der Luft und dem Lärm, sondern auch der lokalen Wertschöpfung zugutekommt. In anderen Regionen könnten Elektrotaxis oder der gewerbliche Verkehr der Ausgangspunkt für die Einführung von Elektromobilität sein, da deren Charakteristiken (hohe Laufleistungen, gut planbare Fahrten, Fahrzeug- und Batteriegröße nach Bedarf) wirtschaftliche Vorteile für die Betreiber bietet.

### **Hohe Investitionskosten erfordern neue Finanzierungs- und Geschäftsmodelle**

Um Elektromobilität in erkennbarem Maße einzuführen, müssen entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden. Dies umfasst steuerliche, regulatorische und rechtliche Fragen. Eine nationale Roadmap kann hilfreich sein, um einen strategischen konzeptionellen Rahmen zu schaffen, der im Idealfall mit den NDCs des Landes übereinstimmt. Costa Rica z.B. hat einen Nationalen Elektromobilitätsplan 2018-2030 mit klaren Zielen und Maßnahmen für einen emissionsfreien Verkehr verabschiedet, der auch im Einklang mit dem Nationalen Dekarbonisierungsplan 2018-2050 steht. Die GIZ unterstützt Costa Rica mit Mitteln des BMU bei der Umsetzung beider Pläne. Je nach Kontext eignen sich unterschiedliche Unterstützungsmaßnahmen. Neben der Senkung der Anschaffungskosten durch finanzielle Zuschüsse und der Einführung von Kraftstoffeffizienzstandards haben sich auch Anreize wie Parkprivilegien oder die Unterstützung beim Aufbau einer Ladeinfrastruktur als entscheidende Erfolgskriterien für den Anstieg der Elektromobilität erwiesen – z.B. in Norwegen, einem Land, in dem Elektrofahrzeuge im Jahr 2019 einen Marktanteil von fast 50% hatten. In Deutschland lag dieser Anteil im vergangenen Jahr bei 2,6% aller zugelassenen Neuwagen.

Gerade in stark verschmutzten Städten können Elektrobusse eine Schlüsselrolle bei der Verbesserung der Luftqualität spielen. Eine klimafreundliche Verkehrspolitik, Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien, ein (teil-)formalisiertes Bussystem und eine Kooperationsvereinbarung zwischen Hersteller, Betreiber, Energieversorger und anderen relevanten Interessengruppen sollten dabei Voraussetzung sein, um ein klimafreundliches und funktionierendes Geschäftsmodell entwickeln zu können. In Santiago de Chile z. B. wurden im vergangenen Jahr 400 Elektrobusse mit einem Leasingmodell eingeführt, um das Risiko der hohen Vorlaufkosten der Fahrzeuge zu minimieren. Die Busse wurden von zwei Energieversorgern gekauft und an die Busbetreiber geleast. Dabei wurden die Kosten teilweise durch Nutzerentgelte und teilweise durch bestehende Subventionen des öffentlichen Sektors gedeckt. Ähnliche Geschäftsmodellansätze werden durch die Unterstützung der GIZ in verschiedenen Ländern umgesetzt, wie z. B. in einem BMZ-finanzierten Vorhaben in Brasilien.

### **Keine Elektromobilität ohne Sektorkopplung**

„Sektorkopplung bezeichnet den fortschreitenden Prozess der Substitution fossiler Energieträger durch weit überwiegend erneuerbar erzeugten Strom [...] in neuen sektorenübergreifenden Anwendungen“ (Fraunhofer ISI 2018, S. 13). Bei der Elektromobilität erfolgt dies durch die direkte Nutzung von Strom und erfordert ein Zusammenspiel von Akteuren aus dem Energie- und Verkehrssektor. So stellt bspw. die wachsende Anzahl von Elektrofahrzeugen aufgrund eines höheren Strombedarfs Herausforderungen an die Stromnetze. Eine Studie des Öko-Instituts (2017, S. 4) zeigt, dass ein ambitioniertes Langzeitszenario mit einem Elektroautoanteil von 75% des Pkw-Gesamtbestands einen zusätzlichen Strombedarf von 80 bis 100 TWh pro Jahr bedeuten würde – was in etwa der gesamten Stromerzeugung aus Windenergie in Deutschland im Jahr 2015 entsprechen würde. Die Windenergie (oder andere Erneuerbare) müsste jedoch auch passgenau für die Versorgung der E-Fahrzeuge eingesetzt werden. Gleichzeitig wirken sich der Ausbau der Elektromobilität und damit einhergehende Ladevorgänge auf die Netzinfrastruktur aus und können in bestimmten Regionen vorübergehend zu einer Überlastung der Verteilnetze führen. Daher ist es wichtig, dass die entsprechenden infrastrukturellen Voraussetzungen und bestenfalls ein intelligentes Lademanagement zur zeitlichen und

räumlichen Steuerung der Ladevorgänge existieren. Dies ist insbesondere bei Flotten gut umsetzbar. Dabei können neue Geschäftsmodelle zur zeitlichen Verschiebung der Ladevorgänge entstehen. Gerade in vielen ESL stellt sich jedoch die Frage, ob das Laden technisch kontrollierbar und über entsprechende Anreize (z. B. flexible Tarife) steuerbar ist. Digitale Technologien und regulatorische Rahmenbedingungen sollten hier unterstützend wirken.

Elektrofahrzeuge können auch als Stromspeicher dienen und, insbesondere vor dem Hintergrund des wachsenden Anteils fluktuierender erneuerbarer Energien, zur Netzstabilisierung beitragen. Mittels bidirektionalem Laden kann Energie im Fahrzeug zwischengespeichert werden, um Leistungsspitzen abzufangen. Umgekehrt kann die Energie wieder vom Fahrzeug an der Ladestation ins Netz gespeist werden, wenn die Stromnachfrage hoch ist. Ein Konzept, welches im Rahmen eines derzeit in Planung befindlichen GIZ-Vorhabens, finanziert durch das BMU, in der Karibik erprobt werden soll. Hier soll durch einen steigenden Elektromobilitätsanteil zudem die Abhängigkeit von Erdölimporten verringert und eine Verbesserung der Handelsbilanz erwirkt werden. Auch *Second Life*-Anwendungen spielen in diesem Zusammenhang eine Rolle und erfordern integrierte, systemische Beratungsansätze. Gleichzeitig müssen ggf. Verteilnetze ausgebaut werden, um die zusätzliche Stromnachfrage abfangen zu können. Der Planungsansatz sollte so ausgelegt sein, dass sich über eine Komplementarität der Stromnachfrage von E-Fahrzeugen und des Angebots an variablen erneuerbaren Energien die Vorteilhaftigkeit der Sektorkopplung widerspiegelt. Dann kann der Ausbau der Elektromobilität die Energiewende unterstützen.

### **Es bedarf Standards und Innovationen im gesamten Lebenszyklus einer Batterie**

Auf internationaler Ebene spielen zudem neue Importabhängigkeiten sowie soziale und ökologische Auswirkungen einer verstärkten Rohstoffgewinnung (z.B. Lithium, Kobalt) eine entscheidende Rolle. Die GIZ ist Teil der Global Battery Alliance, einer öffentlich-privaten Koalition, die Maßnahmen zur Förderung, Beschleunigung und Ausweitung einer umfassenden, innovativen und nachhaltigen Batterie-Wertschöpfungskette katalysiert. Dazu gehören sowohl die Förderung von sozial und ökologisch nachhal-

tigen Abbaubedingungen, Konzepte zur Wiedernutzung der Batterien nach dem Einsatz im Elektrofahrzeug (Second Life), wo diese immer noch über ca. 70% der ursprünglichen Kapazität verfügen, als auch das Recycling am Ende der Lebensdauer. So können nationale Recyclingstandards die unsachgemäße Entsorgung von Batterien und damit negative Umweltauswirkungen verhindern, da etwa 95% der Batteriematerialien recycelbar sind. China z. B. hat 2018 ein Batterierecyclingprogramm für Elektrofahrzeuge eingeführt, das Branchenrichtlinien und Steueranreize umfasst. Die GIZ unterstützt chinesische Partner mit Machbarkeitsstudien und strategischem Industriedialog, finanziert durch das BMU und das BMWi.

Insgesamt ist das Thema Elektromobilität geprägt von dynamischen Entwicklungen technologischer und organisatorischer Art. So wird vermutet, dass die Energiedichte der Batterien weiter steigt, die Preise fallen und das Laden von Fahrzeugen einfacher und schneller wird. Die Anzahl von Elektrozeigern und Tretrollern steigt in vielen Teilen der Welt bereits drastisch und bringt neue Herausforderungen an die Infrastruktur und Straßenaufteilung. Zugleich bieten sie in Ländern mit geringem Einkommen hohe Potenziale für einen verbesserten und umweltgerechten Zugang zu Mobilität. Weitere Entwicklungen, wie eine steigende Vernetzung und Automatisierung, könnten die Mobilität der Zukunft disruptiv verändern und sollten als Chance begriffen werden, wenn gleich einige Themen in Entwicklungsländern erst in Jahrzehnten relevant werden. In jedem Fall sollten diese Überlegungen in die EZ-Beratung einbezogen werden, um die strategisch richtigen Pfade einzuschlagen und Konzepte nachhaltig umsetzen zu können. Dabei spielen Kooperationen mit der Wirtschaft und Wissenschaft eine besondere Rolle. Die Verkehrswende gelingt, wenn alternative Antriebe auf breite Akzeptanz stoßen und technologieoffen weiterentwickelt werden. Internationale Zusammenarbeit ist ein Schlüssel zur Nachhaltigkeit der Technologien und Konzepte. Dabei sollte auch auf Erfahrungen aus Ländern zurückgegriffen werden, in denen der Markt zum Teil bereits entwickelter ist als in Deutschland (z.B. China, Norwegen, Niederlande). Dies ermöglicht ggf. auch den Transfer von Innovationen aus einem Schwellen- oder Entwicklungsland nach Deutschland (Reverse Innovation).

**Dr.-Ing. Dennis Knese** war bis Ende 2019 Fachplaner des Kompetenzcenters Energie & Verkehr in der Abteilung Klima, Ländliche Entwicklung, Infrastruktur des Fach- und Methodenbereichs der GIZ. Seit Beginn des Jahres arbeitet er als GIZ-Berater im Vorhaben „NDC Transport Initiative for Asia“, welches das BMU im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative IKI finanziert. Er promovierte zur Integration der Elektromobilität in die Stadtplanung und Straßenraumgestaltung.

## LITERATUR:

BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie (2013): *Mobilitätsagenda der Deutschen Industrie. Ziel: Leise Mobilität – Gemeinsame Lösungen für lärmarmen Verkehr.* URL: <https://e.issuu.com/embed.html#2902526/58536913>

Dual Citizen (2016): *The Global Green Economy Index.* URL: <http://dualcitizeninc.com/GGEI-2016.pdf>

Fraunhofer ISI (2018): *Sektorkopplung – Definition, Chancen und Herausforderungen.* URL: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2018/WP01-2018\\_Sektorkopplung\\_Wietschel.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2018/WP01-2018_Sektorkopplung_Wietschel.pdf)

IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung & Agora Verkehrswende (2019): *Klimabilanz von Elektroautos – Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial.* URL: [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)

ITF – International Transport Forum (2017): *ITF Transport Outlook.* URL: <https://www.itf-oecd.org/transport-outlook-2017>

Knese, Dennis (2019): *Integration der Elektromobilität in die Stadtplanung und Straßenraumgestaltung – Lösungsansätze für Strategien, Konzepte und Maßnahmen.* Dissertation, Universität Kassel. URL: <https://www.upress.uni-kassel.de/katalog/abstract.php?978-3-7376-0692-9>

Öko-Institut (2017): *Elektromobilität – Faktencheck.* URL: [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/FAQ\\_Elektromobilitaet\\_Oeko-Institut\\_2017.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/FAQ_Elektromobilitaet_Oeko-Institut_2017.pdf)

Ricardo Energy & Environment and GIZ (2017): *Transport in Nationally Determined Contributions (NDCs) – Lessons learnt from case studies of rapidly motorising countries.*

Transport & Environment (2017): *Well-to-tank efficiencies.* URL: <https://www.transportenvironment.org/>

**Hinweis:** Dieses Papier gibt die Meinung des Autors wieder und repräsentiert nicht notwendigerweise die Position der GIZ.

## Impressum

**Herausgeber:**  
Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit  
(GIZ) GmbH

Sitz der Gesellschaft  
Bonn und Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40  
53113 Bonn, Deutschland  
T +49 228 44 60-0  
F +49 228 44 60-17 66  
E [impulse@giz.de](mailto:impulse@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Deutschland  
T +49 61 96 79-0  
F +49 61 96 79-11 15

**Verantwortlich:**  
GIZ, Stabsstelle Unternehmensentwicklung, Eschborn  
Dr. David Nguyen-Thanh

**Autor\*innen:**  
Dr.-Ing. Dennis Knese

**Design/Layout:**  
SCHUMACHER – Brand + Interaction Design, Darmstadt

Eschborn, Februar 2020