

Elektromobilität – Faktencheck

Fragen und Antworten

Angesichts von weltweitem Klimawandel und Luftschadstoffproblemen in den Städten steigt der Handlungsdruck, im Verkehr die Emissionen zu verringern und unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden. Elektrofahrzeuge stellen in diesem Kontext eine viel diskutierte Option dar.

Aber sind Elektroautos geeignet, die verkehrsbedingten Umweltprobleme zu lösen? Sind sie wirklich klimaschonender als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor? Wieviel Strom wird für Elektromobilität in Zukunft benötigt? Welche Alternativen gibt es? Sind ausreichend Rohstoffe für die Batterieherstellung verfügbar? Finden Elektrofahrzeuge überhaupt Akzeptanz bei Nutzern? Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich und was bedeutet dies für die Zukunft der Automobilindustrie?

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Öko-Instituts arbeiten seit Jahren zu diesen und weiteren Fragen der Elektromobilität im Rahmen zahlreicher nationaler und internationaler Forschungs- und Beratungsprojekte. Nachfolgend gibt das Expertenteam Antworten auf wichtige und häufig gestellte Fragen zur Elektromobilität.

Die Fragen im Überblick

Warum Elektromobilität? Eine aktuelle Einschätzung des Öko-Instituts.....	2
1. Haben Elektrofahrzeuge über ihren gesamten Lebensweg überhaupt eine positive Klimabilanz im Vergleich zu konventionellen Pkw?	3
2. Wie beeinflusst die Energiewende im Stromsektor die Klimabilanz der Elektromobilität und welchen Beitrag können Nutzer und Hersteller leisten?	4
3. Wieviel Strom benötigt Elektromobilität in der Zukunft?	5
4. Welche technischen Alternativen zur Elektromobilität gibt es?	6
5. Kann Elektromobilität alleine die verkehrsbedingten Umweltprobleme lösen?	7
6. In der Herstellung von Elektroautos kommen zusätzliche Rohstoffe zum Einsatz – wie steht es dabei um Verfügbarkeit, Recycling und Substitution?	8
7. Welche ökologischen und sozialen Herausforderungen sind mit dem Rohstoffabbau für Elektroautos verbunden?	9
8. Werden Elektrofahrzeuge von den Nutzern überhaupt akzeptiert?	10
9. Wann rechnet sich ein Elektrofahrzeug im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor?	11
10. Ist die Elektromobilität auch eine Option für den Güterverkehr?	12
11. Welche Rolle spielt Elektromobilität im Busverkehr?	13
12. Ist Elektromobilität ein deutscher Sonderweg oder hat sie weltweit Zukunft?	14
13. Was bedeutet der Ausbau der Elektromobilität für die Zukunft der Automobilindustrie in Deutschland?	15

Warum Elektromobilität? Eine aktuelle Einschätzung des Öko-Instituts

In den letzten 20 Jahren hat der Verkehrssektor, im Gegensatz zu anderen Sektoren, keinen Beitrag geleistet, um die Treibhausgasemissionen zu vermindern. Er läuft Gefahr, auch in den kommenden Jahren die gesetzten Klimaschutzziele deutlich zu verfehlen. Vor diesem Hintergrund – und verschärft durch die weiterhin hohen Luftschadstoffemissionen konventioneller Fahrzeuge – stellen Elektrofahrzeuge eine der wichtigsten Optionen für eine Minderung der Emissionen und den dringend gebotenen Umstieg auf erneuerbare Energien im Verkehr dar.

Elektrofahrzeuge sind deutlich energieeffizienter als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und weisen auch beim heutigen Strommix bereits einen Klimavorteil auf. Dieser wird mit dem Fortschreiten der Energiewende weiter steigen. Dies ist allerdings kein Selbstläufer: Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss weiter vorangetrieben werden. Angesichts der zusätzlichen Stromnachfrage aus dem Verkehr muss die Steigerung der Energieeffizienz auch jenseits von Elektromobilität weiterverfolgt werden. Alternative Kraftstoffe in Kombination mit dem Verbrennungsmotor sind nur dort und langfristig eine Lösung, wo die direkte Stromnutzung nicht möglich ist – insbesondere im Luft- und Seeverkehr. Die Markteinführung von Elektrofahrzeugen an 100 Prozent erneuerbare Energien zu koppeln und daher auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben, ist keine sinnvolle Strategie. Die Einführung benötigt Zeit. Doch die Elektromobilität kann nur bei einem baldigen Markthochlauf den erforderlichen Beitrag zur Treibhausgasreduzierung in naher Zukunft leisten.

Elektrofahrzeuge werden energieaufwändig hergestellt und benötigen zusätzliche Rohstoffe. Diese werden global ausreichend zur Verfügung stehen, sodass der konventionelle Fahrzeugbestand durch Elektrofahrzeuge ausgetauscht werden kann. Aber auch hier gilt: Umwelt- und Sozialstandards müssen bei Abbau und Verarbeitung eingehalten werden. Auch muss ein effizienter Materialeinsatz und ein umfassendes Recyclingsystem frühzeitig aufgebaut werden.

Gerade in Deutschland besitzt die Elektromobilität für die Automobilindustrie und ihre Zulieferer eine große Bedeutung. Momentan zeigen sich jedoch andere Märkte und Regionen als Vorreiter. Sie sehen für ihre eigenen Unternehmen große Chance in der Elektromobilität und treiben die Transformation und Technologieführerschaft aktiv voran. Ein Festhalten am Status quo in Deutschland wäre für deutsche Akteure angesichts des Handlungsdrucks und der internationalen Dynamik eine riskante Strategie. Sie riskieren die eigene Gestaltungsmacht über den Transformationsprozess sowie ungesteuerte Strukturbrüche, also umfassende Systemänderungen ohne gestaltende Eingriffe. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, dass die Politik umgehend verlässliche und langfristige Rahmenbedingungen schafft, um den geordneten Ausstieg aus der alten und den Einstieg in die neue Technologie zu ermöglichen – und damit die oft geforderte Planungssicherheit für alle Beteiligten erzielt.

Dennoch: Der Umstieg auf Elektrofahrzeuge reicht nicht aus, um ökologisch nachhaltig mobil zu sein. Die langfristigen Klimaschutzziele können so zwar realisiert werden. Doch kann der Technologiewechsel alleine nicht Lärmemissionen, Flächenverbrauch und den Bedarf von energetischen und nicht-energetischen Ressourcen verringern. Es braucht daher den Einstieg in eine umfassende Verkehrswende, die es ermöglicht, zukünftig auf kürzeren Wegen zum Ziel zu kommen, nicht-motorisiert oder mit dem öffentlichen Verkehr einfach und sicher unterwegs zu sein und den öffentlichen Raum alternativ zu Straßen- und Parkflächen erlebbar zu machen.

Elektromobilität stellt einen wichtigen Einstieg in einen zukunftsfähigen Verkehr dar. Weitere Potenziale, wie „mobil sein“ attraktiver und gleichzeitig ökologisch verträglicher gestaltet werden kann, sollten dabei aber nicht aus dem Blickwinkel geraten.

1. Haben Elektrofahrzeuge über ihren gesamten Lebensweg überhaupt eine positive Klimabilanz im Vergleich zu konventionellen Pkw?

Elektrofahrzeuge haben bereits heute eine positive Klimabilanz – selbst wenn dazu die Stromproduktion und Fahrzeugherstellung berücksichtigt werden. Durch technologische Fortschritte und einem konsequenten Fortführen der Energiewende wird sich der Vorteil weiter vergrößern.

Häufig wird der Standpunkt vertreten, dass die energieaufwändige Herstellung von Elektrofahrzeugen höhere Emissionen verursacht, als sie in der Nutzung einsparen. Richtig ist, dass der Vermeidung des Treibhausgasausstoßes während der Betriebsphase die Mehrmissionen während der Herstellung – insbesondere der Batterien – gegenübergestellt werden müssen. In der Summe ist die Klimabilanz eines Elektrofahrzeugs aber heute bereits gegenüber Pkw mit Verbrennungsmotor deutlich besser. Dies zeigen Berechnungen mit dem [Elektromobilitäts-Flottenrechner](#), den das Öko-Institut im Rahmen des Projekts „[ePowered Fleets Hamburg](#)“ entwickelt hat. Ersetzt man ein mittleres Dieselfahrzeug mit einer Lebenslaufleistung von 180.000 Kilometern durch ein vergleichbares Elektroauto, so spart man über die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs etwa ein Drittel der Treibhausgasemissionen ein. Das entspricht zwölf Tonnen CO₂-Äquivalenten.

Bei der Berechnung wurde der deutsche Strommix für den Nutzungszeitraum angesetzt und die Herstellung des Fahrzeugs einbezogen. Die Bilanz berücksichtigt herstellungsbedingte Mehrmissionen des Elektrofahrzeugs, die bei einer Batteriekapazität von etwa 35 Kilowattstunden in aktuellen Studien auf etwa fünf Tonnen geschätzt werden – allerdings unterliegt dieser Wert großen Unsicherheiten.

Rein batterieelektrische Fahrzeuge schneiden besser ab als Plug-In-Hybride oder Elektrofahrzeuge mit Range-Extender, einem kleinen benzinbetriebenen Zusatzmotor zur Überbrückung. Dennoch unterschreiten diese Varianten die Treibhausgasemissionen eines Dieselfahrzeugs. Bei diesen „Mischformen“ sollte im Sinne des Klimaschutzes ein möglichst hoher elektrischer Fahranteil gegeben sein. Die Reduktion der Klimawirkung von etwa einem Drittel gegenüber ihrem konventionellen Pendant weisen vor allem kleine und mittlere Elektrofahrzeuge auf, während es bei großen Fahrzeugen mit den üblicherweise angebotenen sehr großen Batteriekapazitäten und Reichweiten von 300 bis 400 Kilometern nur rund zehn Prozent sind.

In den kommenden Jahren wird sich die Klimabilanz von Elektrofahrzeugen weiter verbessern. Einerseits führt das Fortschreiten der Energiewende zu einem höheren Anteil von erneuerbaren Energien am Strommix und damit zu einem weiteren Rückgang der Emissionen aus der Nutzungsphase. Gleichzeitig ist auch im Herstellungsprozess mit einer Verringerung der CO₂-Emissionen zu rechnen, wenn die Fabrikation bei Übergang zur Massenproduktion effizienter und der dabei verwendete Strom durch den Ausbau von erneuerbaren Energien auch in den Herstellungsländern „sauber“ wird.

Dennoch sollten jetzt die Weichen richtig gestellt werden, um den Klimaschutzbeitrag weiter zu erhöhen. Etwa indem ein möglichst hoher Anteil sehr sparsamer, rein batterieelektrischer und bedarfsgerecht dimensionierter Elektrofahrzeuge in der Fahrzeugflotte angestrebt und erreicht wird. Darüber hinaus sollte der Pkw-Bestand insgesamt verringert werden – etwa durch Carsharing-Angebote, die Verlagerung auf den öffentlichen und den nicht-motorisierten Verkehr.

2. Wie beeinflusst die Energiewende im Stromsektor die Klimabilanz der Elektromobilität und welchen Beitrag können Nutzer und Hersteller leisten?

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) führt im Gesamtsystem zu höheren erneuerbaren Anteilen in der Stromerzeugung und sichert den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien – und damit den zunehmenden Klimavorteil von Elektrofahrzeugen. Fahrzeughersteller, Ladesäulenbetreiber und Elektrofahrzeugnutzer können über Investitionen in nicht EEG-geförderte Anlagen – aber auch über den Bezug von hochwertigem Ökostrom – einen individuellen Beitrag zum weiteren Ausbau von erneuerbaren Energien leisten.

Elektromobilität wird häufig verstanden als „Fahren ohne klimaschädliche Emissionen“. Faktisch hängt die Klimabilanz jedoch wesentlich von dem zum Fahren genutzten Strom, also dem „Strommix“ in Deutschland, ab. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung betrug 2016 32 Prozent. Elektrofahrzeuge haben unter diesen Bedingungen schon heute gegenüber Pkw mit Verbrennungsmotor eine vorteilhafte Klimabilanz. In der Zukunft, wenn es einen höheren Anteil an erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung gibt, wird der Vorteil weiter ansteigen. Die Modellanalysen des Öko-Instituts zeigen: Werden konventionelle Fahrzeuge durch elektrische ersetzt, stehen im Jahr 2030 jeder durch Elektromobilität im Stromsektor zusätzlich erzeugten Tonne CO₂ zwei vermiedene Tonnen CO₂ im Verkehrssektor gegenüber. Damit werden die CO₂-Emissionen in der Nutzungsphase eines Fahrzeugs halbiert.

Für den steigenden Anteil an erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung und für den Ausbau des Klimavorteils von Elektroautos sind die politischen Rahmenbedingungen entscheidend. Entsprechend dem EEG sollen die Stromerzeugungskapazitäten aus Sonne, Wind und Wasser im Jahr 2025 40 bis 45 Prozent und 55 bis 60 Prozent im Jahr 2035 betragen. Damit ist das EEG das entscheidende Instrument für das Ansteigen des Klimavorteils der Elektrofahrzeuge. Zu diesem Schluss kommt das [„Wissenschaftliche Analyse- und Dialogvorhaben zur Sicherstellung des Klimavorteils der Elektromobilität“](#).

Steigt die Stromnachfrage – etwa durch eine steigende Nachfrage durch Elektrofahrzeuge – muss mehr erneuerbarer Strom erzeugt werden, um die gesteckten Ziele zu erreichen. Dabei ist es zunächst unerheblich, wer den erneuerbaren Strom produziert. Wichtig für die Glaubwürdigkeit der Elektromobilität als Klimaschutzmaßnahmen ist aber, dass sich die Elektrofahrzeug-Nutzer wie bisher und wie alle anderen Stromnutzer über die EEG-Umlage an den Kosten der zusätzlichen EE-Anlagen beteiligen.

Die Fahrzeughersteller und Ladesäulenbetreiber können aber auch über das EEG hinaus zum Ausbau der erneuerbaren Energien beitragen, indem sie in zusätzliche Anlagen ohne EEG-Förderung investieren. Dadurch erhöht sich die erneuerbare Stromerzeugung in Deutschland, ohne auf Mittel des EEG zurückzugreifen. Nutzer von Elektrofahrzeugen können durch den Bezug von Ökostrom auch selbst zum Ausbau von erneuerbaren Energien beitragen, indem sie neue Anlagen initiieren wie etwa durch Investitionen in Solaranlagen auf dem Hausdach oder durch eine Beteiligung an Energiegenossenschaften. Bei Ökostromprodukten ist wichtig, dass durch anspruchsvolle Qualitätskriterien auch ein tatsächlicher Impuls für einen zusätzlichen Ausbau der erneuerbaren Energien entsteht. Viele Öko- und Fahrstromprodukte erfüllen diese Anforderung nicht und bewirken lediglich eine Umverteilung von erneuerbaren Energien zwischen Stromverbrauchern

Ein zusätzlicher Ausbau der Erneuerbaren außerhalb des EEG führt unter den heutigen Rahmenbedingungen in Deutschland dazu, dass weniger finanziell geförderter Zubau innerhalb des EEG erfolgen muss, um die politisch gesteckten Ziele zu erreichen. Das relative Ausbauziel für die erneuerbaren Energien erhöht sich nicht. Somit wirkt das EEG hier als Deckel für den Anteil der erneuerbaren Strommengen und die Treibhausgasmindierungen.

3. Wieviel Strom benötigt Elektromobilität in der Zukunft?

Heute spielt Elektromobilität bei der Stromnachfrage eine untergeordnete Rolle. Zukünftig führt die angestrebte starke Elektrifizierung des Verkehrs jedoch zu einer hohen zusätzlichen Stromnachfrage, die durch erhöhte Kapazitäten von erneuerbaren Energien gedeckt werden muss. Ein hoher Anteil an batterieelektrischen Pkw würde zu einer jährlichen Nachfrage von bis zu 100 Terawattstunden führen, was 20 Prozent des heutigen Stromverbrauchs in Deutschland ausmacht.

Die Elektromobilität besitzt eine höhere Energieeffizienz als konventionelle Fahrzeuge mit Diesel- und Ottomotoren. Dementsprechend sinkt bei einer Umstellung des Verkehrssektors auf elektrisches Fahren der Energiebedarf des Verkehrssystems. Während fossile Kraftstoffe überproportional reduziert werden, nimmt aber der Strombedarf zu.

Kurzfristig sind die Auswirkungen auf den Stromsektor gering. Selbst bei sechs Millionen Elektrofahrzeugen, die die Bundesregierung als Ziel für das Jahr 2030 genannt hat, liegt der zusätzliche Strombedarf bei weniger als 20 Terawattstunden pro Jahr. Dies entspricht in etwa vier Prozent des gesamten Stromverbrauchs des Jahres 2014 in Deutschland. Dies zeigt die [Studie „eMobil 2050 – Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz“ des Öko-Instituts](#).

Ambitionierte Langfristszenarien mit Elektrofahrzeuganteilen über 75 Prozent am Gesamtbestand der Pkw zeigen, dass die Stromnachfrage durch die Pkw-Elektromobilität auf 85 bis 100 Terawattstunden pro Jahr ansteigen kann. Diese Strommenge entspricht in etwa der Stromerzeugung durch Windenergie des Jahres 2015 – von 26.000 bestehenden oder rund 10.000 modernen Onshore-Windkraftanlagen.

Diese Zahlen zeigen, dass die Elektromobilität langfristig erhebliche Auswirkungen auf die Stromerzeugung in Deutschland haben wird. Sie sollte deshalb an den Kosten des Ausbaus erneuerbarer Stromerzeugung beteiligt werden, wenn sie dem Anspruch an eine emissionsfreie Mobilität gerecht werden will. Zu den oben genannten 85-100 Terawattstunden pro Jahr kommt ein Strombedarf von knapp 50 Terawattstunden pro Jahr für den Straßengüterverkehr, wenn dieser in erheblichem Maß durch batteriebetriebene und oberleitungsgebundene Lkw und Lieferfahrzeuge auf die direkte Stromnutzung umgestellt würde (siehe dazu auch Frage [10](#)).

Die zusätzliche Stromnachfrage von Elektromobilität wirkt sich ebenfalls auf die Netzinfrastruktur der Stromverteilung aus. Im Vorhaben [„Wissenschaftliches Analyse- und Dialogvorhaben zur Sicherstellung des Klimavorteils der Elektromobilität“](#) zeigt sich, dass die zusätzliche Stromnachfrage bei einem Ansteigen der Elektrofahrzeug-Zahlen zu einer Überlastung lokaler Verteilnetze führen kann, wenn die Ladevorgänge der Elektrofahrzeuge unkontrolliert stattfinden. Intelligente Ladestrategien hinsichtlich der zeitlichen Staffelung von Ladevorgängen müssen ein Bestandteil der Elektromobilität der Zukunft sein. Auch werden sich neue Geschäftsmodelle entwickeln, die Anreize für das Verschieben von Ladevorgängen bieten.

4. Welche technischen Alternativen zur Elektromobilität gibt es?

Nachhaltige, synthetische Kraftstoffe ermöglichen einen CO₂-armen Betrieb konventioneller Fahrzeuge. Sie erfordern aber im Vergleich zur Elektromobilität einen sehr viel stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien. Ihr Einsatz ist erst in Zukunft bei einem sehr hohen Anteil erneuerbarer Energien energiewirtschaftlich sinnvoll, und auch nur deswegen, weil insbesondere im Luft- und Seeverkehr keine Alternativen sichtbar sind. Das globale Mengenpotenzial nachhaltiger synthetischer Kraftstoffe ist bisher nicht abzuschätzen.

Neben der Elektromobilität existieren weitere Optionen für eine treibhausgasarme Energieversorgung des Verkehrs, etwa Erdgas und Biokraftstoffe. Sie weisen zwar jeweils niedrigere Treibhausgas-Emissionen als fossile Kraftstoffe auf, verringern die klimaschädlichen Emissionen dennoch nur um wenige Prozent (Erdgas) oder es besteht – global betrachtet – eine geringe und nicht ausreichende Menge sowie eine Konkurrenz zur Ernährungssicherung (Biokraftstoffe).

Als weitere Klimaschutzoption werden synthetische Kraftstoffe auf Basis von erneuerbarem Strom (Power-to-X-Kraftstoffe) diskutiert: Für diese wird Strom aus erneuerbaren Energien in flüssige oder gasförmige Kraftstoffe umgewandelt. Dazu gehören etwa Wasserstoff aus der Elektrolyse sowie synthetisches Methan und synthetische Flüssigkraftstoffe, für die Wasserstoff zusammen mit Kohlenstoffdioxid in einem Syntheseprozess weiterverarbeitet wird.

Die batterieelektrische Elektromobilität besitzt im Vergleich zum Einsatz der synthetischen Kraftstoffe den Vorteil, Strom mit geringen Verlusten bei der Ladung und mit hoher Effizienz im Fahrzeug zu nutzen. Der Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellen-Pkw ist mit mindestens dem doppelten Strombedarf verbunden. Zu diesem Ergebnis kommt das Working-Paper „[Strombasierte Kraftstoffe im Vergleich – Stand heute und die Langfristperspektive](#)“ des Öko-Instituts. Auch sind Brennstoffzellenfahrzeuge heute mit höheren Kosten als batterieelektrische Elektrofahrzeuge verbunden und werden nur in sehr geringen Umfang von den Automobilherstellern angeboten. Eine Verteil- und Tankinfrastruktur für Wasserstoff müsste ebenfalls vollständig aufgebaut werden.

Beim Einsatz von synthetischem Methan und synthetischen Flüssigkraftstoffen besteht zwar der Vorteil, dass auf bestehende Fahrzeugkonzepte und eine gut ausgebaute Infrastruktur zurückgegriffen werden kann. Jedoch liegt der Strombedarf bei heute verfügbaren Technologien, bezogen auf die gleiche Fahrleistung, mindestens fünf Mal so hoch wie bei batterieelektrischen Fahrzeugen. Die Energieversorgung des Straßenverkehrs würde mehr Strom benötigen als heute alle Stromnachfrager in Deutschland zusammen verbrauchen, wie das Projekt „[Renewability III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors](#)“ zeigt. Aus diesem Grund ist die direkte Stromnutzung für diese Verkehrsmittel zu bevorzugen. Der Grund für den deutlich höheren Strombedarf sind erstens Verluste bei den chemischen Herstellungsprozessen der Kraftstoffe aus Strom und Kohlendioxid und zweitens der deutlich geringere Wirkungsgrad bei den Verbrennungsfahrzeugen im Vergleich zu Elektrofahrzeugen.

Synthetische, strombasierte Kraftstoffe werden häufig auch als Klimaschutzoption im Rahmen der Sektorenkopplung von Strom- und Verkehrssektor ins Spiel gebracht. Studien zeigen jedoch, dass die langfristige Stromspeicherung in Wasserstoff erst bei hohen erneuerbaren Anteilen energiewirtschaftlich sinnvoll ist. Auch übertrifft der Energiebedarf des Verkehrssektors die aus Speichergründen notwendige Menge an synthetischen Energieträgern um ein Vielfaches. Die Nutzung nachhaltiger, synthetischer Kraftstoffe wäre also mit einem enormen Ausbau erneuerbarer Stromkapazitäten verbunden.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass die Produktion dieser Kraftstoffe außerhalb Deutschlands an kostengünstigeren Standorten stattfinden wird. Erste techno-ökonomische Analysen zum

globalen Potenzial an synthetischen Kraftstoffen existieren zwar. Nachhaltigkeitsaspekte hinsichtlich der Flächen- und Wasserverfügbarkeit sowie sozialer Effekte und der politischen Stabilität an möglichen Produktionsstandorten sind – ähnlich wie bei der Diskussion um Biokraftstoffe vor einigen Jahren – bisher wenig betrachtet worden. Eine Potenzialabschätzung für nachhaltig produzierte synthetische Kraftstoffe und ihren möglichen Beitrag zum Klimaschutz ist im globalen Maßstab aus diesen Gründen bisher nicht möglich, wie die Präsentation [„Power-to-X – Strombasierte Kraftstoffe als Klimaschutzoption im Güterverkehr?“](#) des Öko-Instituts zeigt.

5. Kann Elektromobilität alleine die verkehrsbedingten Umweltprobleme lösen?

Elektromobilität ist eine zentrale Maßnahme zur Minderung der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen. Andere negative Folgen des Verkehrs, wie etwa der nicht-energetische Rohstoffbedarf, Lärmemissionen, Flächeninanspruchnahme und Verkehrstote, erfordern ein weitergehendes Umdenken im Verkehrssektor. Elektromobilität ist zudem im bedeutsamen Luft- und Seeverkehr auch perspektivisch keine technische Option.

Nach aktuellen Analysen der Agora Energiewende wird Deutschland ohne zusätzliche politische Maßnahmen sein Klimaziel für 2020 verfehlen: Anstatt der angestrebten 40 Prozent werden demnach nur 30 bis 31 Prozent Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Jahr 1990 erreicht. Bis 2050 ist sogar eine fast vollständige „Dekarbonisierung“ nötig, um die globale Erwärmung auf zwei beziehungsweise 1,5 Grad zu beschränken. Das größte „Sorgenkind“ ist dabei der Verkehrssektor, der bis heute gegenüber 1990 sogar einen Anstieg der Treibhausgasemissionen zu verzeichnen hat.

Elektromobilität ist ein zentraler Baustein für Klimaschutz im Verkehr und stellt gleichzeitig eine Lösung für die Luftschadstoffbelastung in innerstädtischen Bereichen dar. Aber: Nicht überall können batterieelektrische Fahrzeuge eingesetzt werden und selbst wenn diese besonders energieeffizient sind, erneuerbare Energien verbrauchen sie dennoch. Zudem braucht es auch weitere Lösungen für den Klimaschutz, etwa im internationalen Luft- und Seeverkehr. Eine direkte Stromnutzung über Elektromobilität ist nach derzeitigem Stand der Technik für diese Verkehrsträger jedoch nicht absehbar.

Der Umstieg auf effizientere, elektrisch betriebene Fahrzeuge allein stellt deshalb noch nicht die Nachhaltigkeit des Verkehrs sicher. Denn durch reine Elektromobilität würde sich nicht die zunehmende Flächenkonkurrenz in Städten zwischen Parkflächen und frei nutzbaren Flächen verringern. Die Lärmemissionen sinken nur im niedrigen Geschwindigkeitsbereich und der Bedarf an nicht-energetischen Rohstoffen bleibt unverändert hoch. Auch der Sicherheitsstrategie, dass im Straßenverkehr keine Menschen mehr sterben („Vision Zero“), kommt man dadurch nicht näher.

Es braucht also parallel zum Vorantreiben der Elektromobilität weitere Ansätze: Die „Stadt der kurzen Wege“ etwa mit verbesserten Einkaufs-, Versorgungs- und Freizeitmöglichkeiten sowie einem attraktiven öffentlichen Verkehr, einer umfassenden und sicheren Rad- und Fußverkehrsinfrastruktur und guten Carsharing-Angeboten. Dann könnte auf mehr Autos verzichtet und weniger Parkfläche benötigt werden. Dafür gäbe es mehr Platz für Fahrradwege, Grün- oder Freizeitflächen.

Dass eine Entwicklung zu mehr Lebensqualität in Innenstädten auch insgesamt mit positiven volkswirtschaftlichen Effekten einhergehen kann, zeigen die Ergebnisse des Projekts [„Renewability III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors“](#). Die Fahrleistung der Pkw geht im ambitioniertesten Szenario bis zum Jahr 2050 deutlich zurück, ohne dass dabei grundlegende Mobilitätseinschränkungen in Kauf genommen werden müssen. Denn durch die veränderte Siedlungsstruktur werden die Wege kürzer. Außerdem stehen viele attraktive Alternativen zum Pkw zur Ver-

fügung – vom öffentlichen Verkehr über Fahrräder, E-Bikes bis hin zu Sharing-Angeboten. Mit welchen zukunftsweisenden Maßnahmen Städte den Verkehr nachhaltig ausrichten können, zeigt das Spendenprojekt [„Stadt der Zukunft. Lebenswerte Innenstädte durch emissionsfreien Verkehr“](#) des Öko-Instituts auf. Dabei gehören der Ausbau des öffentlichen Verkehrs und des Fuß- und Radverkehrs, Verkehrserziehung und -überwachung, Parkraumbewirtschaftung zu den Maßnahmen, um die Städte lebenswerter für alle machen. Und auch in anderen Umweltbereichen – wie etwa bei der Rohstoffversorgung – können durch eine neue Mobilitätskultur positive Effekte erzielt werden.

6. In der Herstellung von Elektroautos kommen zusätzliche Rohstoffe zum Einsatz – wie steht es dabei um Verfügbarkeit, Recycling und Substitution?

Zwar sind bei einem schnellen Anstieg der Nachfrage vorübergehend Förderengpässe und höhere Kosten bei den Technologiemetallen möglich, perspektivisch besteht aber keine Ressourcenknappheit. Materialeffizienz, Recycling und der Austausch von Rohstoffen sind zentrale Strategien bei der Ressourcennutzung.

Im Gegensatz zum konventionellen Fahrzeug beinhalten Elektrofahrzeuge mehr Technologiemetalle im Antrieb, vor allem Lithium und Kobalt für Batterien und Seltene Erden für die Motoren. Insbesondere für Lithium, aber auch für Kobalt wird eine große Nachfrage erwartet. Zusätzlich kommen Leichtbaumaterialien im Fahrzeugbau zum Einsatz, darunter Aluminium und mit Kohlefasern verstärkte Kunststoffe.

Temporäre Engpässe sind möglich, wenn die Rohstoffe – etwa Lithium – nicht in dem Maße gefördert werden wie die Nachfrage steigt. Dies zeigt [die Studie des Öko-Instituts zum Bedarf an Rohstoffen für Lithium-Ionen-Batterien](#), die für die Agora Verkehrswende erstellt wurde. Dennoch stehen der wachsenden Rohstoffnachfrage nach Technologiemetallen mittel- und langfristig genügend Ressourcen gegenüber. Innovative Technologien, die die spezifische und absolute Rohstoffnachfrage verringern, sind strategisch ebenso bedeutsam wie Sekundärrohstoffe aus Recyclingkreisläufen.

So ist das Recycling von Seltenen Erden aus den Elektromotoren möglich, wie das Projekt [„Recycling von Komponenten und strategischen Metallen aus elektrischen Fahrtrieben \(MORE\)“](#) gezeigt hat. Dabei wurden drei mögliche Recyclingoptionen untersucht: Die Wiederverwendung von gereinigten Magneten, die werkstoffliche Rückführung der Magnete in die Magnetproduktion und die rohstoffliche Rückgewinnung der Seltenen Erden aus gebrauchten Magneten. Die Routen wiesen über alle betrachteten Kategorien, wie etwa Treibhauspotential, Versauerungspotential oder elementarer Ressourcenverbrauch, ökologische Vorteile auf.

Doch nicht nur die Seltenen Erden in den Elektromotoren, sondern auch die Schlüsselrohstoffe in den Lithium-Ionen-Batterien müssen durch ein effizientes Recycling zurückgewonnen werden. Hier stehen die Rohstoffe Lithium, Kobalt und Nickel im Fokus. Ökobilanzen der Forschungsprojekte „Demonstrationsanlage für ein kostenneutrales, ressourceneffizientes Processing ausgedienter Lithium-Ionen-Batterien der Elektromobilität – [EcoBatRec](#)“ und „Recycling von Lithium-Ionen-Batterien (LithoRec und [LithoRec II](#))“ zeigen, dass diese Verfahren ökologisch vielversprechend sind.

Beim Recycling von Elektrofahrzeugen muss das Augenmerk neben Batterien und Elektromotoren auch auf der Leistungselektronik liegen – sie enthält wertvolle Metalle. Diese sollten in spezialisierten Elektronikrecyclinganlagen zurückgewonnen werden, wie das Forschungsprojekt [„Elektrofahrzeugrecycling 2020 – Schlüsselkomponente Leistungselektronik \(ElmoReL\)“](#) ergeben hat. So könnten insbesondere Edelmetalle wie Gold, Silber und Palladium mit über 90 Prozent zurückgewonnen werden, wenn die entsprechenden Komponenten zuvor sorgfältig separiert würden. Das zeigt der

Vergleich mit dem herkömmlichen Recycling im Autoschredder, wo bislang ein Großteil der Edelmetalle (75 Prozent und mehr) verloren geht.

Auch Substitution kann den Druck auf knappe Ressourcen reduzieren. Substitution bedeutet, dass Rohstoffe bei gleichem Nutzen durch andere Rohstoffe ersetzt werden können. So sind etwa Neodym-Eisen-Bor-Permanentmagnet-Motoren schon heute durch Seltene-Erden-freie Asynchronmotoren ersetzbar. Das Öko-Institut hat dies im Rahmen der Studie [„Substitution als Strategie zur Minderung der Kritikalität von Rohstoffen für Umwelttechnologien \(SubSKrit\)“](#) untersucht. Während das Ersetzen von Seltenen Erden in Elektromotoren für die Elektromobilität möglich ist, ist bisher auf absehbare Zeit kein Batterietyp ohne Lithium für die Elektromobilität in Sicht. Daher steht Lithium besonders im Fokus der aktuellen öffentlichen Diskussion zur Elektromobilität.

7. Welche ökologischen und sozialen Herausforderungen sind mit dem Rohstoffabbau für Elektroautos verbunden?

Ökologische und soziale Standards werden beim Ressourcenabbau für Elektroautos sowie in weiteren Anwendungsbereichen in vielen Ländern nicht eingehalten. Internationale Standards und deren Überprüfung sind daher dringend erforderlich – dies gilt im Übrigen ebenso für die Förderung fossiler Energieträger wie Kohle oder Erdöl.

Optimale Recyclingkreisläufe und eine hohe Materialeffizienz werden nicht verhindern, dass ein relevanter Anteil an Rohstoffen für die Elektromobilität durch eine erhöhte Primärproduktion gedeckt werden muss.

Umweltschäden können bei der Primärgewinnung dieser benötigten Rohstoffe vor allem an den Minenstandorten entstehen, sofern die Förderung mit niedrigen Umweltstandards praktiziert wird. Dazu zählen Wasserbedarf, Gewässerverunreinigungen, Dammbürche von Schlammteichen, Luftverschmutzung, Bodenverunreinigung und Schwermetallbelastung. Im [Policy Paper](#) des internationalen Projekts „Strategic Dialogue on Sustainable Raw Materials for Europe (STRADE)“ zu den ökologischen Auswirkungen der Primärförderung werden diese Risiken detailliert beschrieben. Rohstoffe für die Elektromobilität werden nicht nur im Festgesteinsbergbau gewonnen. Fast die Hälfte der primären Lithiumförderung stammt aus Salzseen. Umweltrisiken beim Lithiumabbau aus Salzseen in Südamerika liegen insbesondere im Eingriff in den Wasserhaushalt der ohnehin sehr trockenen Gebiete.

Der Bergbau von Seltenen Erden führt zu gravierenden Umweltauswirkungen, wenn nicht ausreichende Vorkehrungen für einen hohen Umweltstandard getroffen werden. So enthalten fast alle Lagerstätten radioaktive Stoffe, die bei der weiteren Aufbereitung als Reststoffe anfallen. Der Bergbau der Seltenen Erden hat in China – neben hohen Umweltschäden – bereits zu Erkrankungen von Arbeitern und Anwohnern geführt. Zu diesem Ergebnis kommt die Studie [„Risiken der Seltenen Erden-Förderung“](#) des Öko-Instituts. Kinderarbeit und die Finanzierung von Konflikten gehören zu den weiteren negativen sozio-ökonomischen Auswirkungen, die mit dem Bergbau metallischer Rohstoffe verbunden sein können, ob sie nun für Elektroautos oder andere Anwendungen eingesetzt werden, wie in einem weiteren [Policy Paper](#) des STRADE-Projekts dargestellt wird.

Am Beispiel von Kobalt kann aufgezeigt werden, dass die Förderung der Rohstoffe, die nicht per se zu den Konfliktmaterialien zählen, ebenfalls mit Umwelt- und Sozialrisiken verbunden sind. Über die Hälfte der globalen Primärkobaltförderung stammt aus der Demokratischen Republik Kongo. Die politische Situation und die schwachen staatlichen Strukturen im Kongo erschweren notwendige Standards im Bergbau. Ein Teil des Kobalts wird mit einfachen, nicht-industriellen Methoden im

Kleinbergbau gewonnen. Durch diesen informellen Charakter wird der Rohstoffabbau oft durch Kinderarbeit und mit schlechten Arbeitsbedingungen durchgeführt.

Der Großteil des Kobalts wird zumeist als Nebenprodukt der industriellen Kupferförderung gewonnen. In diesen Kupfer-Kobalt Lagerstätten kommen häufig Mineralien vor, die durch Luftkontakt Schwefelsäure bilden. Dadurch können Schwermetalle aus den Mineralien gelöst werden und in umliegende Gewässer gelangen.

Wie der „Rohstoffabdruck“ Deutschlands – mit maßgeblichem Anteil des Verkehrs – verringert werden kann, zeigt das Öko-Institut in seinem Eigenprojekt [„Rohstoffwende Deutschland 2049“](#). Im Abschlussbericht hat das Öko-Institut eine Agenda für die Umsetzung der Rohstoffwende bis zum Jahr 2049 aufgestellt. Das Ziel ist: negative ökologische und soziale Auswirkungen der primären Rohstoffnachfrage in Deutschland – aber auch weltweit – zu minimieren.

8. Werden Elektrofahrzeuge von den Nutzern überhaupt akzeptiert?

Die meisten Nutzer sind zufrieden mit ihrem Elektrofahrzeug. Bemängelt werden die fehlende öffentliche Ladeinfrastruktur, die hohen Kosten und die geringe Modellauswahl. Generell verringern sich die Vorbehalte deutlich mit zunehmender Praxiserfahrung.

Umfassende Befragungen im Rahmen des Projekts „ePowered Fleets Hamburg“ zeigen: Die große Mehrheit der Nutzer und Fuhrparkmanager beurteilt die gewerblich eingesetzten Elektrofahrzeuge positiv. Besonders überzeugen konnten die Fahrzeuge hinsichtlich Fahrgefühl und Komfort sowie in den wichtigen Kriterien Sicherheit und Zuverlässigkeit. Die Befragten bescheinigten, dass der Umstieg auf Elektrofahrzeuge nur eine kurze Eingewöhnungszeit erfordert. Einen großen Vorteil gegenüber konventionellen Pkws sehen die Fuhrparkmanager in der geringen Wartungsintensität der Elektrofahrzeuge. Private Nutzer von Elektroautos sind laut einer Umfrage des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) sogar zu 97 Prozent zufrieden bis sehr zufrieden.

Bemängelt werden dagegen die höheren Kosten. Zudem wird die Auswahl an verfügbaren elektrischen Fahrzeugmodellen als nicht ausreichend eingestuft – so fehlen Transporter für den gewerblichen Einsatz sowie eine größere Auswahl an batterieelektrischen Modellen in der Mittel- und Oberklasse. Private Nutzer suchen meist weiterhin ein „allroundfähiges“ Fahrzeug und vermissen daher Kombis und Vans. Das wichtigste Hindernis wird darüber hinaus in der öffentlichen Ladeinfrastruktur gesehen – selbst wenn die meisten Fahrer diese nicht alltäglich benötigen. Dennoch wird sie als wichtige Ergänzung betrachtet. Bemerkenswert ist aber, dass im Projekt „ePowered Fleets Hamburg“ verschiedene mögliche Hemmnisse durch Fahrer von Elektroautos durchgehend geringer eingeschätzt werden als von Personen ohne Erfahrung mit Elektromobilität.

Bei bestimmten innovations- und umweltaffinen Käufergruppen werden die noch bestehenden Nachteile hinsichtlich der Kosten, Reichweite und Ladezeit durch das Bedürfnis ersetzt, durch die Fahrzeugwahl an einem Wandel im Mobilitätssektor teilzuhaben. Laut der aktuellen Modellankündigung eines US-amerikanischen Elektrofahrzeugherstellers sind weltweit hunderttausende Menschen bereit, sogar Monate auf ihr Fahrzeug zu warten und in Vorleistung zu gehen

Im Projekt [„ePowered Fleets Hamburg“](#) wurde festgestellt, dass ein Drittel der befragten Fuhrparkmanager über die Lebensdauer des Fahrzeugs einen Aufpreis von bis zu zehn Prozent auf die Gesamtkosten gegenüber einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor akzeptiert, weitere 26 Prozent der Fuhrparkmanager sind sogar bereit einen noch höheren Aufpreis zu zahlen.

Übrigens: Während der Bestand an Elektrofahrzeugen in Deutschland trotz Kaufförderung in Höhe von 3.000 bis 4.000 Euro noch immer deutlich unter 100.000 liegt, gibt es parallel eine echte Erfolgsgeschichte: Der Bestand an Pedelecs (E-Bikes) ist ohne staatliche Förderung auf drei Millionen gewachsen, der Anteil an den Fahrradverkäufen liegt bei 15 Prozent. Die E-Bikes werden bei weitem nicht nur anstelle eines konventionellen Fahrrads angeschafft, sondern können auf Pendelwegen und im städtischen Güterverkehr auch durchaus das Auto ersetzen.

9. Wann rechnet sich ein Elektrofahrzeug im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor?

Elektrofahrzeuge sind zwar heute in der Anschaffung noch teurer, jedoch im Betrieb günstiger als vergleichbare konventionelle Fahrzeuge. Die Gesamtkostenbilanz der Nutzung fällt daher bereits heute in vielen Fällen positiv aus – insbesondere dann, wenn das Fahrzeug viel gefahren wird.

Wie bei vielen neuen Technologien wird zunächst in geringen Stückzahlen gefertigt, was zu deutlichen Mehrkosten gegenüber dem Massenmarkt der konventionellen Fahrzeuge führt. Schon heute lohnt es sich aber, nicht nur die Fahrzeuganschaffung, sondern die Gesamtkosten zu betrachten. Ein elektrischer Kleinwagen kann beispielsweise bereits beim heutigen Fahrzeugangebot ab einer Nutzungsdauer von acht Jahren zu einem Kostenvorteil von 2.500 Euro führen. Hauptgründe sind die geringere Wartungsintensität und die um 65 Prozent geringeren Verbrauchskosten pro Kilometer. Dies zeigt der [„Onlinerechner des Öko-Instituts für privat genutzte Elektrofahrzeuge“](#).

Um das besondere Potenzial von Elektromobilität im gewerblichen Einsatz zu verdeutlichen, hat das Öko-Institut weitere Online-Tools veröffentlicht, mit denen Vergleichsrechnungen zwischen [einzelnen Fahrzeugen](#) unter individuellen Rahmenbedingungen durchgeführt und die [Potenziale von Elektromobilität in einer Flotte](#), einschließlich der Optimierung eines Fuhrparks, analysiert werden können.

Die heute existierenden Mehrkosten gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor werden in erster Linie durch die Batteriekosten verursacht. Diese sind jedoch in den letzten Jahren bereits deutlich gesunken und haben viele Prognosen übertroffen. Für die nächsten Jahre ist davon auszugehen, dass sich die Mehrkosten des Elektrofahrzeugs noch deutlich weiter reduzieren.

Die Studie ["Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen"](#) illustriert anhand verschiedener Fahrzeugtypen – vom Linienbus bis zum Lieferwagen – mögliche Einsatzfelder und analysiert weitere Unsicherheiten und Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit. So hat die schwer prognostizierbare Entwicklung der Wiederverkaufswerte einen großen Einfluss. Politische Entscheidungen wie die Besteuerung fossiler Energieträger und die Finanzierung des Ausbaus der erneuerbaren Energien beeinflussen die Verbrauchskosten.

Generell gilt: Wie bei den CO₂-Emissionen (siehe dazu auch Frage [1](#)), ist es auch hinsichtlich der Kosten umso besser, je mehr „fossile“ Kilometer durch die Nutzung eines Elektrofahrzeugs ersetzt werden. Eine hohe Auslastung – aber auch die mögliche Einsparung von Fahrzeugen durch Car-sharing oder intelligentes Flottenmanagement – helfen, Kosten zu sparen. In der Hinsicht bestehen noch große Potenziale, wie das Öko-Institut in der Begleitforschung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in gewerblichen Flotten im Rahmen des Projekts [„ePowered Fleets Hamburg“](#) gezeigt hat.

10. Ist die Elektromobilität auch eine Option für den Güterverkehr?

Der wachsende Straßengüterverkehr braucht dringend Alternativen zum Dieselantrieb. Im Regionalverkehr haben batterieelektrische Lkw und Lieferfahrzeuge eine vielversprechende Perspektive. Im Fernverkehr sind angesichts des hohen Energiebedarfs Alternativen gefragt. Oberleitungs-Lkw stellen eine realistische Antriebsoption für die Zukunft dar. Die Verlagerung von Gütern auf die Schiene darf dabei aber nicht aus dem Blickfeld geraten.

Der Straßengüterverkehr weist kontinuierliche Wachstumsraten auf und wird vom Dieselmotor dominiert. Eine Entwicklung von klimafreundlichen Alternativen ist dringend notwendig, da selbst bei einer – in jedem Fall erstrebenswerten – starken Verlagerung auf die Schiene, ein hoher Anteil der Güter weiter auf der Straße transportiert werden wird.

Im Güterverkehr ist der Einsatz von Elektrofahrzeugen durch die hohe Fahrleistung besonders vielversprechend – aber gleichzeitig auch eine große Herausforderung. Gerade Zustell- und Lieferdienste, die in besonderer Weise von den derzeit diskutierten Fahrverboten für Dieselfahrzeuge in innerstädtischen Umweltzonen betroffen sind, haben sich in letzter Zeit zu maßgeblichen Treibern der Elektromobilität entwickelt. Jedoch fehlen oftmals noch Serienfahrzeuge der großen Hersteller. Dies führte unter anderem dazu, dass ein durch ein Startup entwickeltes Elektro-Lieferfahrzeug Furore macht und 2017 bereits in den Top Ten der mit der Kaufprämie geförderten Elektrofahrzeuge aufgeführt wird.

Im Fernverkehr bestehen allerdings hinsichtlich Reichweite und Nutzlast besondere Anforderungen, die wohl auch künftig nicht mit rein batterieelektrischen Fahrzeugen erfüllt werden können. Eine vielversprechende Technologie für den Straßengüterfernverkehr stellen Oberleitungs-Lkw dar, die während der Fahrt und über lange Streckenabschnitte über Oberleitungen entlang der Autobahnen mit Strom versorgt werden. Die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten für den Umstieg auf einen CO₂-neutralen Straßenfernverkehr fallen am geringsten aus, wenn Teile des Autobahnnetzes mit Oberleitungen elektrifiziert werden und eine direkte Stromnutzung somit auch für Lkw möglich wird, so die Studie [„Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050“](#). Alternative Szenarien, die den Einsatz von regenerativ erzeugtem Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen (Power-to-Gas, Power-to-Liquid) vorsehen, verursachen dagegen bis zum Jahr 2050 doppelt so hohe Gesamtkosten. Der Grund: Im Vergleich zu den Kraftstoff- und Stromkosten spielen die Kosten für den Aufbau der Oberleitungsinfrastruktur von bis zu 1,5 Millionen Euro pro Kilometer in der Gesamtbetrachtung bis 2050 eine eher untergeordnete Rolle.

Auch die Bundesregierung hat das Potenzial der Oberleitungstechnologie erkannt: Im Auftrag des Bundesumweltministeriums (BMUB) werden zwei Autobahnabschnitte in Hessen und Schleswig-Holstein elektrifiziert, um die Technologie ab Ende 2018 unter Praxisbedingungen zu erproben. Eine Ausbaustrategie für das Oberleitungssystem in Deutschland und denkbare Markteinführungsstrategien, Geschäftsmodelle und mögliche Hemmnisse werden im aktuellen Projekt [„Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge \(StratON\)“](#) unter Leitung des Öko-Instituts untersucht. In einem umfassenden Technologievergleich werden Oberleitungs-Lkw und ihre zugehörige Infrastruktur mit anderen alternativen Antriebstechnologien sowie mit Diesel-Lkw in Bezug auf Kosten, Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen und Ressourcenbedarf verglichen. Die Ergebnisse liegen voraussichtlich Anfang 2019 vor.

Bei aller Euphorie über die Elektrifizierung von Autobahnen darf nicht vergessen werden, dass der Transport von Gütern auf der Schiene die einfachste und effizienteste Form der Elektromobilität im Güterverkehr darstellt. Doch auch bei der Schiene sind weitere Anstrengungen zur Elektrifizierung nötig, verfügen doch in Deutschland nur 60 Prozent der Schienenstrecken über Oberleitungen. Beim Spitzenreiter Schweiz ist hingegen bereits das komplette Schienennetz elektrifiziert.

11. Welche Rolle spielt Elektromobilität im Busverkehr?

Elektrische Linienbusse spielen in Deutschland noch eine untergeordnete Rolle, haben aber große Potenziale, wie das Beispiel China eindrücklich zeigt. Bisher scheitert die Umsetzung in Deutschland an betrieblichen Hindernissen und dem fehlenden Fahrzeugangebot.

Unter den knapp 80.000 Bussen in Deutschland finden sich heute nur etwas mehr als 100 elektrische Fahrzeuge. Elektromobilität im Linienbusverkehr – vor allem in städtischen Gebieten – bekommt durch die Überschreitung der Grenzwerte für Luftschadstoffe wie Stickoxide eine ganz besondere Bedeutung. Für Fernbusse bestehen hingegen aufgrund der hohen benötigten Reichweiten ähnliche Herausforderungen wie im Lkw-Verkehr. Die Charakteristika des Linienbusbetriebs im öffentlichen Personennahverkehr kommen dem batterieelektrischen Antrieb entgegen: Grundsätzlich kann auf festen Linien die benötigte Strommenge anhand des gut vorhersehbaren Geschwindigkeitsprofils, zusätzlicher Verbrauchsquellen wie der Klimaanlage sowie der vorgesehenen Ladinfrastruktur gut abgeschätzt und das Fahrzeug entsprechend individuell konfiguriert werden.

Allerdings sind die Anforderungen, die das Öko-Institut im Rahmen des Projekts [„Innovative und systematische Ansätze für mehr Energieeffizienz im kommunalen ÖPNV“](#) untersucht, hoch: Jeden Tag müssen Busse zuverlässig teils über 300 Kilometer zurücklegen – auch im Winter, wenn die Heizung die Hälfte des Verbrauchs ausmachen kann. In den Großstädten sind es nachts oft nur wenige Stunden, in denen die Fahrzeuge auf dem Betriebshof aufgeladen werden können. Zudem sind die angebotenen Fahrzeuge noch größtenteils Prototypen und die namhaftesten Hersteller bieten noch gar keine elektrischen Busse an. Daher liegen die Gesamtkosten eines batterieelektrischen Busses noch etwa ein Fünftel über denen eines Dieselmotors, auch weil die Anschaffung mehr als doppelt so teuer sein kann, wie das Öko-Institut in der Studie ["Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums"](#) darstellt.

Der Spielraum für die Verkehrsunternehmen, ihre Flotte zu elektrifizieren, ist ohne großzügige Förderung sehr eng, will man nicht gleichzeitig die Erhöhung von Fahrpreisen riskieren. Auch bestehen Unsicherheiten hinsichtlich der Frage, welche technischen Lösungen sich durchsetzen werden: Laden mit oder ohne Kabel, nur auf dem Betriebshof oder auch unterwegs? Kehrt teilweise der klassische Oberleitungsbus zurück oder sind Investitionen nicht besser bei der Straßenbahn aufgehoben?

Momentan ist jedoch auch in Deutschland zu beobachten, wie der Elektrobus eindeutig Fahrt aufnimmt: Dies zeigt sich an der von großen Verkehrsunternehmen getragenen Initiative zur Beschaffung emissionsfreier Fahrzeuge und zur Vereinbarung gemeinsamer technischer Standards. Verkehrsunternehmen investieren in neue, „elektromobilitätstaugliche“ Betriebshöfe und Batteriehersteller bauen Kapazitäten zur Produktion von Akkus für Elektrobusse im großen Maßstab auf.

Und am Beispiel Chinas zeigt sich, dass es Elektrobusse bei einem hohen Bewusstsein für das Luftqualitätsproblem mit konsequenter Strategie und kräftiger Förderung sehr schnell aus der Nische schaffen können. Zahlen der International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) sprechen für das Jahr 2016 schon von über 300.000 elektrischen Bussen auf chinesischen Straßen.

12. Ist Elektromobilität ein deutscher Sonderweg oder hat sie weltweit Zukunft?

Der deutsche Markt ist beim Absatz von Elektrofahrzeug keinesfalls Spitzenreiter. Andere Länder fördern Elektromobilität mehr, schränken Fahrer konventionelle Pkws verstärkt ein, setzen langfristige Ziele fest und haben dadurch bereits höhere Marktanteile erreicht.

Selbst unter den europäischen Ländern ist Deutschland kein Vorreiter. Sowohl beim Anteil von Elektrofahrzeugen am Bestand, aber auch an den Neuzulassungen als auch hinsichtlich der Förderung liegen Länder wie Norwegen, die Niederlande und Österreich vorne. Das zeigt ein [Bericht der Europäischen Umweltagentur auf Basis von Arbeiten des Öko-Instituts](#). Aber auch Frankreich und Großbritannien, die über eine relevante eigene Autoindustrie verfügen, haben im Verhältnis höhere Förderungs- und Zulassungszahlen vorzuweisen und ließen noch dazu in letzter Zeit mit dem Ziel aufhorchen, jeweils bis 2040 die Zulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor komplett zu beenden.

Ein Erfolgsfaktor scheint neben der finanziellen Förderung zu sein, dass Nutzer von Elektrofahrzeugen konkrete Vorteile gegenüber anderen Fahrzeughalterinnen und -haltern erhalten. Dies können Zonen mit Beschränkungen oder Gebühren für die Einfahrt von Verbrennungsmotofahrzeugen sein wie in London, die Nutzung von Busspuren wie in Oslo, freies Parken wie in einigen deutschen Städten oder Vorteile bei der Fahrzeugzulassung wie in Peking.

Außerdem setzt sich die Erkenntnis durch, dass feste Rahmenbedingungen letztendlich auch den Fahrzeugherstellern zugutekommen. Etwa durch ein Quotensystem, wie es in vielen Bundesstaaten der USA existiert, in China geplant ist und in der EU diskutiert wird. Ohnehin sind die Motive hinter den Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität bei Weitem nicht nur umweltpolitischer Art. Es ist kein Geheimnis, dass China durch Regulierung im einheimischen Markt die ansässigen Hersteller auch für den Weltmarkt stärken will.

Die Ausgangsbedingungen sind jedoch nicht immer vergleichbar: Anders als in Deutschland müssen in Ländern wie Norwegen beim Fahrzeugkauf massive Import- und Zulassungssteuern gezahlt werden, deren Erlass also nur dort eine mögliche Fördermaßnahme ist. Auch treten bei hoher Förderung ungewollte Effekte auf – so gab es in den Niederlanden eine Schwemme an Plug-in-Hybridfahrzeugen, die kaum elektrisch fuhren, Skandale um Fördermittelbetrug wurden aus China berichtet.

Dennoch kann durch klare Rahmenbedingungen und deutliche Förderanreize ein Massenmarkt geschaffen werden. So etwa in Norwegen, wo im Juni 2017 die Elektrofahrzeuge (inklusive Hybride ohne externe Lademöglichkeit) erstmals die Mehrheit der neu zugelassenen Fahrzeuge darstellten – oder aber auch im Bussektor in China (siehe dazu auch Frage [11](#)).

Perspektivisch besteht die Gefahr, dass sich die Fahrzeugentwicklung und -produktion an die Orte der größten Nachfrage verlagert. Dies könnte insbesondere für die deutsche Automobilindustrie eine Gefahr darstellen, sollte nicht auch in Deutschland bald eine Trendwende beim Fahrzeugabsatz erreicht werden.

13. Was bedeutet der Ausbau der Elektromobilität für die Zukunft der Automobilindustrie in Deutschland?

Die deutsche Automobilindustrie ist maßgeblich vom Fahrzeugabsatz im Ausland abhängig. Für die Zukunft der Branche ist daher besonders wichtig, dass sie Technologietrends nicht verpasst. Eine Vorgabe ambitionierter, langfristiger Rahmenbedingungen kann wichtige Innovationsimpulse geben.

Mögliche Auswirkungen der Elektromobilität auf die Automobilindustrie werden in Wissenschaft und Öffentlichkeit kontrovers diskutiert. Teilweise sind die Darstellungen dabei aber verkürzt – etwa dann, wenn die Anzahl der im Elektromotor und Verbrennungsmotor verbauten Teile verglichen und als Indikator für Beschäftigungsverluste herangezogen wird.

Denn ein Pkw besteht nicht nur aus dem Antrieb, dem laut Bundesvorsitzenden der IG Metall Jörg Hofmann, rund 30 Prozent der Beschäftigten in der Automobilindustrie zugeordnet werden können. Auf den Rest – wie Interieur, Infotainment, Karosserie, Verkabelung oder Sicherheitssysteme – hat die Veränderung im Antriebsstrang keine oder nur eine nebensächliche Auswirkung. Einen Effekt auf Arbeitsplätze könnte aber der geringere Wartungs- und Instandhaltungsbedarf haben sowie der geringere Ersatzteilebedarf von Elektrofahrzeugen, was zu einem Beschäftigungsrückgang in Werkstätten führen könnte.

Der Einfluss der Marktverschiebung in Richtung elektrischer Antriebe auf die Beschäftigung in Deutschland ist letztlich stark abhängig davon, zu welchem Anteil die Fahrzeuge in Deutschland entwickelt und hergestellt werden. Dabei steht die Automobilwirtschaft derzeit vor einer Phase großer Unsicherheit und Umbrüche. Disruptive Technologien – also Innovationen, die bestehende Technologien verdrängen könnten – und Geschäftsmodelle, darunter neue Sharing-Konzepte, neue Akteure und Wettbewerber, verschärfter Standortwettbewerb sowie mögliche Produktivitätssprünge spielen hier eine Rolle. Die heutige Automobilindustrie ist derzeit noch nicht auf globale Nachhaltigkeit ausgelegt. Dies ist als Herausforderung und Chance zu begreifen. Denn Nicht-Handeln und Festhalten am Status quo ist keine Option: Je länger gewartet wird, desto größer wird der Technologierückstand und desto größer ist insgesamt das Risiko für einen späteren Strukturbruch mit entsprechenden negativen Folgen. Denn bereits heute zeichnet sich auf einigen globalen Absatzmärkten wie etwa in China ab, dass zunehmend auf Elektrofahrzeuge gesetzt wird. Wenn die Automobilindustrie hier einen Trend „verschläft“, so stellt das ein Risiko für die Arbeitsplätze dar.

Notwendig ist daher eine industriepolitische Strategie, die den Strukturwandel frühzeitig aktiv gestaltet. Forschung, Entwicklung und (Hochschul-)Bildung zu neuen Technologien müssen gestärkt werden, um zukunftsfähige Kompetenzen aufzubauen. Für Planungs- und Investitionssicherheit der Industrie, aber auch für eindeutige Investitionssignale in neue Infrastrukturen – darunter besonders in die Ladeinfrastruktur – empfiehlt es sich, frühzeitige zu kommunizieren und Maßnahmen mit klaren Anforderungen für die Zukunft rechtlich festzulegen. So wird bereits auf der EU-Ebene diskutiert, für die Zeit ab 2020 die CO₂-Standards für Neufahrzeuge mit einer Quote für Elektrofahrzeuge zu verbinden.

Die Studie [„Mobiles Baden-Württemberg“](#) unter Leitung des Öko-Instituts zeigt: Auch unabhängig von der Elektromobilität steht die Automobilindustrie vor einer Phase großer Unsicherheit und Umbrüche. Etwa durch disruptive Technologien und Geschäftsmodelle, neue Akteure und Wettbewerber, verschärften Standortwettbewerb sowie mögliche Produktivitätssprünge. Die Beschäftigungseffekte werden vor allem davon abhängen, wie sich die Markt- und Standortanteile entwickeln. Somit muss ein Umstieg auf Elektromobilität nicht notwendigerweise zu einem Beschäftigungsrückgang führen.

Kontakt zum Öko-Institut

Florian Hacker

Stellv. Leiter im Institutsbereich
Ressourcen & Mobilität
Öko-Institut e.V., Büro Berlin
Tel.: +49 30 405085-373
E-Mail: f.hacker@oeko.de

Mandy Schoßig

Leiterin Öffentlichkeit & Kommunikation
Pressestelle
Öko-Institut e.V., Büro Berlin
Tel.: +49 30 405085-334
E-Mail: m.schoessig@oeko.de

Das Öko-Institut ist eines der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungsinstitute für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. Das Institut ist an den Standorten Freiburg, Darmstadt und Berlin vertreten.