

Elektromobilität: Macht der Wandel des Fahrzeugantriebs den Verkehr umweltfreundlich?

1. Jede Form der Energieerzeugung und -nutzung erfordert Aufwand

In der öffentlichen Diskussion wird die Technik des Antriebs von Pkw und Lkw in einen engen Zusammenhang mit den Veränderungen des Weltklimas und der Umwelt gebracht. Es ist ein weltweit anerkanntes Ziel, die Erderwärmung zu begrenzen. Dabei steht die Begrenzung der Emissionen von CO₂ nach dem Vertrag von Paris im öffentlichen Fokus. Ein weiterer zu lösender Schwerpunkt liegt derzeit auf den Stickoxyd-Immissionen durch Kraftfahrzeuge (Kfz) mit Dieselantrieb, woraus sich starke Handlungszwänge ergeben. Aus beiden Zielen resultieren Veränderungserfordernisse der Verkehrs- und Mobilitätskonzepte vor allem in Städten im Bereich der Antriebstechnologie.

Der Verkehr hat einen wesentlichen Anteil an den CO₂-Emissionen. Man hat in der vergangenen Zeit versucht, die CO₂-Emissionen durch effizientere Technik der Verbrennungsmotoren zu vermindern. Ein Weg in diese Richtung könnte u.a. der Einsatz von elektrisch angetriebenen Kfz in Verbindung mit moderner Batterietechnik, Brennstoffzellen oder Wasserstoffantrieben sein. Insbesondere diese Entwicklung wird von der öffentlichen Hand zunehmend gefördert, ist in der öffentlichen Diskussion positiv belegt und wird – daraus folgend - von der beteiligten Industrie weiter entwickelt. Es ist jedoch zu hinterfragen, inwieweit die E-Mobilität dem Gesamtziel einer umweltverträglichen Verkehrspolitik dient und mit welchen Nebenwirkungen sie verbunden ist.

Infolge der kaum mehr nachvollziehbaren Diskussionen über Abgaswerte von Dieselmotoren dreht sich die Debatte um die Zukunft des Verkehrs hauptsächlich um die Fahrzeugantriebstechniken, die entweder vorgeschrieben oder quotiert werden sollen. Das gilt insbesondere für den Elektroantrieb, dessen verpflichtende Einführung zu einem bestimmten Zeitpunkt (z.B. 2030) zu einem Schlagabtausch unter Politikern der verschiedenen Parteien führte. Es ist daher notwendig, die Bemühungen um einen effizienteren und umweltfreundlicheren Antrieb von Kfz und deren Begleitumstände wissenschaftlich umfassend zu bewerten sowie Defizite der bisherigen Debatte zu thematisieren und Perspektiven aufzuzeigen.

Es gibt immer nur spezifische und aufgrund komplexer Ketten bei der Produktion und der Nutzung von Energie schwer vergleichbare¹ Vorteile und Nachteile einzelner Energieträger gegenüber anderen. Je nach Standpunkt in der Debatte um künftige Energieträger werden von den verschiedenen Interessenten nur bestimmte Vorteile des einen oder anderen Energieträgers betont. Vielfach gewinnt man den Eindruck, dass bei dieser Diskussion die Gesetzmäßigkeiten der Physik außer Acht gelassen werden. So ist bei der Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Energie energetischer Aufwand notwendig, bei dem in der Regel direkt oder indirekt Schadstoffe emittiert oder nur beschränkt vorhandene Ressourcen verbraucht werden.

Es ist natürlich grundsätzlich von Vorteil, wenn zumindest ein Teil der Kfz mit erneuerbarer Energie betrieben wird (Wind-, Solarenergie). In der einschlägigen Diskussion werden jedoch oft Probleme von alternativen Antrieben (Elektrofahrzeuge) nicht beachtet. Im Folgenden wird der in

¹ Durchaus wesentlich in der Produktionskette von Energie (inklusive Energiespeicher) sind auch soziale Faktoren wie Kinderarbeit, Ölförderung in Naturschutzgebieten etc. Diese werden hier, obwohl durchaus relevant nicht näher behandelt.

der aktuellen Debatte als Alternative zum Verbrennungsmotor vorrangig behandelte Elektroantrieb auf Batteriebasis hinsichtlich einiger, aber bisher wenig beachteter Nachteile analysiert. Andere E-Antriebsformen, wie z.B. der Brennstoffzellenantrieb, werden hier nicht betrachtet, wenn auch viele der Überlegungen dafür Gültigkeit haben. Dabei werden entsprechende Defizite in den Strategien aufgezeigt, die unbedingt behoben werden müssen.

2. Defizite beim Vergleich von Elektroantrieb und anderen Antriebsformen

2.1 Vernachlässigung von Größe und Gewicht der Fahrzeuge

Es ist bekannt, dass jeder technische Fortschritt so genannte „Rebound-Effekte“ auslösen kann (vgl. etwa Santarius, Tilman, 2012). So wird beispielsweise die Energieeinsparung durch effizientere Fahrzeugantriebe zumindest teilweise durch eine intensivere Fahrzeugnutzung sowie durch Kauf und Nutzung größerer sowie schwererer Fahrzeuge mit größerer Motorleistung bei annähernd gleich bleibenden Betriebskosten kompensiert. Genau dieser Rebound-Effekt war in den zurückliegenden Jahren an der immer exzessiveren Motorisierung der Pkw zu beobachten – mit steigenden Fahrzeuggrößen und Leistungskennziffern. Bezüglich der Einführung von Elektrofahrzeugen wird allerdings eine derartige Entwicklung bisher nicht berücksichtigt.

Obwohl heute schon absehbar ist, dass die Durchsetzungsstrategien der Autofirmen nach dem Vorbild des Tesla Modells S darauf abzielen, mit großen und schweren Wagen in den Markt für Elektrofahrzeuge einzusteigen und diese dann als „ökologisch“ zu kategorisieren, werden die entsprechenden Energieverluste durch schiere Größe² und Gewicht weder fachlich noch politisch thematisiert³. Vorschub für diese Strategie leistet die Gesetzgebung, die einerseits verlangt, vorgegebene Flottendurchschnittswerte beim Verbrauch bzw. CO₂-Ausstoß einzuhalten, andererseits aber die Emissionen aus E-Antrieb zu Null und aus Hybrid-Antrieb in verfälschender Weise herunter rechnet. Auch ohne die Elektrifizierung von Kfz, aber spätestens damit, besteht ein dringender Anlass, Größe und Gewichte von Personenfahrzeugen zu begrenzen oder wenigstens zu besteuern.

2.2 Vernachlässigung der Beschleunigung

Elektrofahrzeuge können aufgrund der Kennlinie ihrer Motoren bei allen Drehzahlen sehr stark beschleunigen. Das wird in allen einschlägigen Publikationen fast ausnahmslos als großer Vorteil gewertet („toller Fahrspaß“ etc.). Dass die mit diesen Fahrzeugen realisierte hohe Beschleunigung aber auch Energie kostet, wird ab und zu nur am Rande erwähnt. Dass diese erhöhte Beschleunigung etwa im urbanen Umfeld sehr gefährlich sein kann, da die Fahrzeuge sich schnell und geräuschlos nähern und somit Fußgängern und Radfahrern oft nicht ausreichend Zeit für Reaktionen zur Vermeidung von Unfällen bleibt, wird kaum angesprochen. Es wird auch nicht berücksichtigt, dass die höhere Beschleunigung zu einem höheren Verschleiß der Fahrbahn und der Reifen mit erhöhten Feinstaubemissionen führt. Eine – technisch problemlose – Begrenzung des

² Der Energieaufwand steigt überproportional mit der Größe der Frontfläche.

³ Daneben sind Effekte wie der Straßenabrieb zu beachten. Die Straßenzerstörung steigt, grob kalkuliert („Cambridge Road Formula“), mit der 4. Potenz der Achslast, ein doppelt so schweres Fahrzeug verursacht danach um einen Faktor 16 mehr Schäden.

Beschleunigungsvermögens von Elektrofahrzeugen ist deshalb dringend erforderlich⁴, aber auch aus Sicherheitsgründen, da das Reaktionsvermögen der Autofahrer einer immer älter werdenden Gesellschaft zukünftig abnehmen wird.

2.3 Benutzung des Terminus „emissionsfrei“ oder „lokal emissionsfrei“ für Automobile

Bisher wurde häufig betont, dass Elektrofahrzeuge an Ihrem Einsatzort (z.B. in Innenstädten) keine Emissionen verursachen, also „emissionsfrei“ seien. Nach den Gesetzen der Physik ist ein emissionsfreies Bewegen großer Massen nicht möglich. Der Tatsache, dass der Strom an einem entfernten Ort produziert wird und dort ggf. „indirekte Emissionen“ entstehen, wird lediglich insofern Rechnung getragen, als von „lokal emissionsfreien“ Fahrzeugen gesprochen wird⁵.

Doch auch diese Bezeichnung ist unzutreffend. Tatsache ist, dass die besonders gefährlichen Emissionen, nämlich Feinstaub, auch beim Betrieb von Elektrofahrzeugen lokal entstehen. Der aufgrund der aktuellen Debatten um den Dieselmotor sehr gut untersuchte Straßenquerschnitt am Neckartor in Stuttgart, wo die Feinstäube bis zurück zur Quelle analysiert wurden, zeigt z.B., dass mindestens 85% der emittierten Feinstäube der Größe PM 10 nicht aus den Motoren kommen. Es handelt sich auch hier um eine sehr komplexe Problematik⁶. Entsprechende Ergebnisse der Messungen der Landesanstalt für Umwelt- und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) finden sich stets aktualisiert auf der Internetseite der Landesanstalt. Eine gute Zusammenfassung der Erkenntnisse liefert ein Artikel von Christof Vieweg⁷.

2.4 Vernachlässigung des Energieverbrauches von Elektrofahrzeugen oder entsprechend der elektrisch zurückgelegten Distanzen von Fahrzeugen mit „Plug in Hybrid“

„Auch für Elektroautos müssen Effizienzstandards eingeführt werden, um zu verhindern, dass kostbarer Ökostrom verschwendet wird“ fordert völlig zu Recht der für die Deutsche Umwelthilfe forschende ehemalige Abteilungsleiter des UBA, Axel Friedrich, in einem Interview⁸.

Ökostrom ist weder zeitlich, noch lokal grenzenlos vorhanden. Nachts bei Windstille ist jede Kilowattstunde besonders wertvoll (dazu später mehr). Dennoch so zu tun, als sei der Verbrauchswert letztlich irrelevant –wie es Ausdrücke wie „Null-Emission“ oder „Zero-Energy“ suggerieren – hat schwerwiegende Folgen. Da dies auch in den offiziellen Verbrauchswerten so übernommen wurde, lohnt es sich natürlich für Hersteller, gerade große und schwere „Verbrenner“ mit hohen CO₂-Emissionen durch entsprechend große und schwere (oder noch schwerere) Elektrofahrzeuge zu ersetzen, da sich dann der „Flottenverbrauch“ für die Marke effizient reduziert.

Besonders negativ wirkt sich die Regelung bei „Plug in Hybrid“-Fahrzeugen aus, die im praktischen Betrieb nur dann niedrige Verbrauchswerte von Verbrennungskraftstoff erreichen, wenn

⁴ Sicher wird auch außerorts das Reaktionsvermögen der immer älteren Personen am Steuer in vielen Fällen den möglichen Beschleunigungen nicht gewachsen sein.

⁵ Ein Vergleich der Emissionen bei der Produktion von Strom mit denen bei der motorischen Verbrennung wird hier nicht vorgenommen, die Literatur dazu ist so vielschichtig wie die auch hier unterschiedlichen Sichtweisen.

⁶ Je nach Partikelgröße können wieder Unterschiede auftreten, die etwa auch aufgeladene Benzinmotoren als Verursacher in den Fokus bringen.

⁷ Vieweg, Christof: Feinstaub – Die Motoren sind nicht das Problem, in ZEIT-online (2017).

⁸ vgl. Friedrich, Axel (2017).

oft genug „elektrisch“ nachgeladen wird. Selbst der angegebene und im Flottenverbrauch so gerechnete Benzin-/Dieselverbrauch ist durch Überschätzung der elektrisch gefahrenen Strecken, die ebenfalls mit „Zero“ einbezogen werden, hoch unrealistisch. Dabei bleibt die Frage der Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Elektrizität und der spezifischen Verluste ungeklärt. Auch die Verfügbarkeit ausreichender Kapazitäten der Stromnetze für Ladeinfrastrukturen ist nicht automatisch gegeben.

Dringend erforderlich ist die Einführung einer genormten Menge für die CO₂-Gesamtemissionen. Ein Effizienzstandard für Elektrofahrzeuge könnte etwa der CO₂-Äquivalenzwert⁹ der im RDE-Test verbrauchten Elektroenergie sein. Er wäre auch für „Plug in Hybrid“-Fahrzeuge ein ausreichender Orientierungswert, weil er damit generell den ungünstigen zusätzlichen Benzinverbrauch aufgrund ihres höheren Gewichtes annähernd wiedergibt. Auch die in der EU-Gesetzgebung festgesetzten Höchstwerte müssen in dieser Einheit mit realistischer – und nicht in unerreichbar niedriger - Größenordnung angegeben werden.

3. Irrtümer und Fehleinschätzungen bezüglich der Energiebereitstellung

3.1 Energiebereitstellung für Elektrofahrzeuge kein Problem

Schon oben wurde erwähnt, dass Ökostrom eine wertvolle Energie ist. Die räumlich und zeitlich unbegrenzte Verfügbarkeit ökologisch erzeugter Elektrizität in jeder gewünschten Menge wird auf absehbare Zeit nicht möglich sein. Zudem gibt es andere Nachfrager nach dieser Energie, etwa im Sektor Raumheizung, wenn das Ziel, CO₂-Emissionen bis 2050 völlig zu vermeiden, eingehalten werden soll. Vor allem der Heizenergiebedarf wird auch direkt, insbesondere in Winternächten – trotz Nachtabsenkung – mit dem Energiebedarf für die Aufladung von Fahrzeugen konkurrieren. Das Szenario einer Winternacht ohne Wind im Jahr 2050 zeigt z.B., dass erhebliche Investitionen in Speichereinrichtungen erforderlich sein werden, wenn durchgehend ökologisch erzeugte Elektrizität verfügbar sein soll - und das auch schon ohne die Berücksichtigung des Energiebedarfs von Elektroautos. Neben den Speichereinrichtungen ist allein aufgrund der räumlich vom Verbrauchsort entfernten Produktionsmöglichkeiten von Ökoenergie ein umfassender Netzausbau notwendig, um die Versorgung zu sichern. Viele Ortschaften sind aktuell mit zu niedrigen Anschlusswerten ausgestattet. Es fehlen integrierte Konzepte der Erzeugung, der großräumigen und dezentralen Verteilung, der Speicherung und der speicher-orientierten Umwandlung (to-liquid / to-gas ...).

Allein die Erzeugung der Gesamtmenge an Energie für Elektrofahrzeuge ist nicht unproblematisch¹⁰, wenn man unterstellt, dass der bisher verbrauchte fossile Treibstoff vollständig durch Elektroenergie substituiert werden soll. Dennoch sollte es hier mit entsprechenden Anstrengungen – die allerdings sofort beginnen müssten – Möglichkeiten geben, zumal das Szenario „Alle haben ein Elektroauto“ so schnell nicht Realität werden wird.

⁹ Nach dem jeweils aktuellen Energiemix, damit generell auch ein Impuls für den Ausbau ökologischer Energieproduktion entsteht.

¹⁰ Vgl. die sicher durchaus in den Einzelheiten diskutierbare, aber in der Schilderung der Problematik völlig korrekte Darlegung des Physikers Vince Ebert (2017) in „Spektrum der Wissenschaft“, der auch auf die zu erwartenden Spitzenbelastungen hinweist.

3.2 Vernachlässigung lokaler und zeitlicher Spitzen der Energienachfrage für E-Mobile

Die gegenwärtige Diskussion um E-Mobile und E-Mobilität wird vorwiegend von Betriebswirten und Autotechnikern geführt und kaum von Verkehrsplanern, die seit Jahrzehnten die Zusammenhänge zwischen Siedlungsstruktur und der Verkehrsnachfrage mit ihren Veränderungen im tages-, wochen- und jahreszeitlichen Ablauf mit ihren besonders problematischen räumlichen und zeitlichen Spitzen zum Forschungsgegenstand haben. Gäbe es diese Spitzen im Verkehrsaufkommen nicht, kämen wir mit viel weniger Straßen- und Verkehrsraum aus. Die Bewältigung der räumlichen und zeitlichen Spitzen in der Verkehrsnachfrage stellt ein besonderes Problem dar, und das schon ohne geplante Abschaltung aller Kohle-, Gas und Atomkraftwerke. Dazu fehlen tragfähige Konzepte mit umfassenden Betriebs- wie auch Entwicklungsstrategien.

Den Bemühungen, die Spitzenstunden zu nivellieren, sind - der Alltag zeigt es - enge Grenzen gesetzt. Maßnahmen, wie zeitabhängige Gebühren für die Nutzung von Straßenraum oder Ladeelektrostrom haben immer auch soziale Folgen: Vermögende Menschen können fahren oder laden, wann immer sie wollen, während das für Haushalte mit geringem Einkommen nicht gilt. Ein gleichberechtigter Zugang zur Infrastruktur ist jedoch Teil der Daseinsvorsorge und der sozialen Teilhabe. Daher sind preisliche Maßnahmen nur unter Beachtung sowie Kompensation ihrer sozialen Auswirkungen vertretbar.

Nicht nur saisonal an bestimmten Tagen im Urlaubsreiseverkehr und im Freizeitverkehr an bestimmten Wochenenden, sondern auch zu bestimmten Stunden im täglichen Berufsverkehr treten räumlich und zeitlich extreme Spitzen im Verkehrsaufkommen und somit auch in der Nachfrage nach Elektroenergie für Automobile auf, die in Zukunft nicht einfach abgedeckt werden kann. Ansätze, die vor allem die nächtlichen Ladevorgänge entlasten („Charge at Work“) und im Stromnetz bereits gut versorgte Standorte nutzen, sind in Entwicklung. Für diese Maßnahmen und die Infrastrukturentwicklung sind jedoch hohe Kosten zu erwarten.

Da der Ladestrom also keineswegs originär „aus der Steckdose“ kommt, werden alle Maßnahmen, die das Verkehrsverhalten betreffen, Automobile in der Nutzung sparsamer oder ihre Nutzung sogar entbehrlich zu machen, durch den Prozess der Elektrifizierung in ihrer Bedeutung noch wichtiger als heute schon. Nicht außer Acht zu lassen ist die europäische und international zu erwartende Entwicklung und Nachfrage nach motorisierten Verkehrsmitteln, die noch weit von einer Sättigung entfernt ist.

3.3 Elektroautos benötigen keine zusätzlichen Energiespeicher im Netz, da sie selber Energiespeicher sind und als solche genutzt werden können

Eindrucksvoll wird immer wieder dargelegt, die Batterien der Elektroautos seien in einem intelligent gesteuerten Elektronetz („smart grid“) doch selbst als Speicher nutzbar. Daher seien große Fahrzeuge mit großen Batterien eher die Lösung als das Problem. Dabei wird übersehen, dass der zeitliche Verlauf des Energiebedarfs für Kraftfahrzeuge mit hoher Wahrscheinlichkeit dies nicht erlaubt: Morgens soll das Elektroauto vollgeladen sein, daher kann es nachts nicht Energie für Licht und - vor allem im Winter - für Heizung und Warmwasser abgeben. Wenn morgens nicht die volle Reichweite zur Verfügung steht, kann möglicherweise das gesamte Tagesprogramm nicht umgesetzt werden.

Die Spitzen der Elektroenergieerzeugung in bestimmten Räumen, etwa die Überschüsse der Windenergie in Norddeutschland, können heute bei weitem noch nicht im Netz in andere Räume, beispielsweise nach Süddeutschland, weitergeleitet werden. Alle Computer eines „smart-grid“ können die Energie einer vollen Batterie eines Fahrzeuges in Kiel nicht nach München schicken, wenn das die Kapazitätsgrenzen des Stromnetzes nicht erlauben. Deshalb muss ein umfassendes Optimierungskonzept, das die zeitliche und räumliche Verteilung der Energieerzeugung, des Energietransportes über Netze und der Energiespeicherung mit der Nachfrage nach Energieverbrauch für Verkehr, Raumheizung, Industrie etc. systemwirksam erstellt, finanziert und umsetzt.

4. Konsequenzen

Jede Form von Kraftfahrzeugantrieb verursacht Probleme, das gilt auch für den Elektronantrieb. Erhebliche Anstrengungen müssen national, europäisch und international so bald wie möglich eingeleitet werden, wenn der E-Antrieb eine konkurrenzfähige sowie ökologisch und sozial verträgliche Mobilität gewährleisten und die Zukunft des E-Antriebes gesichert werden soll. Diese Probleme resultieren insbesondere aus den Ansprüchen hinsichtlich Gewicht, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Fahrzeuge einerseits und dem tatsächlichen Energieverbrauch sowie Verkehrsverhalten andererseits.

Einen weiteren Problembereich stellen fraglos die Aufwendungen für Herstellung und Erhalt der Infrastruktur sowie der Energieverbrauch bei der Produktion und Entsorgung von Fahrzeugen und Batterien dar.

Eine Zukunft ohne CO₂-Emissionen des Kfz-Verkehrs lässt sich definitiv nicht erreichen, wenn von einem Motorisierungsgrad und einer Kilometerleistung in der heute in westlichen Industrieländern bestehenden Größenordnung ausgegangen wird, möglicherweise sogar noch mit Fahrzeugen mit höherem Gewicht und höherer Beschleunigung. Wenn wir den heutigen Motorisierungsgrad in Deutschland oder anderen westlichen Industrieländern nur zur Hälfte auf die ganze Welt übertragen, würde die Anzahl der Fahrzeuge auf dem Planeten schon bald von der eben erst erreichten einen Milliarde auf zwei Milliarden Fahrzeuge steigen. Bei Übertragung des vollen Motorisierungsgrades wären es bereits heute mehr als vier Milliarden Autos, eine Anzahl, die alle Vorstellungen einer ökologischen Verträglichkeit sprengt.

Das Ziel der Umstellung des Kfz-Verkehrs auf Antriebe ohne CO₂-Emissionen ist mittel- und langfristig für den Schutz des Weltklimas und der Umwelt notwendig. Dabei sollten aber die bisherigen Fehleinschätzungen bezüglich des Elektroantriebes vermieden werden. Ohne eine verkehrsreduzierende Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturplanung ist jede zukünftige denkbare automobiler Fortbewegung - auch die elektrische¹¹ - mit einer global untragbaren Belastung verbunden. Eine Debatte über eine andere Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturplanung, insbesondere auch mit verbesserten Konzepten für den nicht-motorisierten und den öffentlichen Verkehr,

¹¹ Einige Publikationen, die die Abschaffung des Verbrennungsmotors stattdessen in den Mittelpunkt der Argumentation stellen, sind daher hoch zweifelhaft. Ein genaues Lesen, etwa der Studie des Wuppertal-Institutes für Greenpeace (Rudolph. F. et al, 2017), in der die Abschaffung der Verbrennungsmotoren gefordert wird, offenbart, dass als Voraussetzung für diese Abschaffung für 2035 weniger als die Hälfte der heutigen Motorisierung, leichtere Autos, ein gewaltiger Zuwachs des ÖV und eine Verkürzung der Wege angenommen werden. Das genau sind aber die schwierigen Punkte, die in der Studie höchst unzureichend problematisiert werden.

aber auch das Problem der nicht vorhandenen Kostenwahrheit für den Verkehrsnutzer, ist daher unbedingt im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung notwendig, genauso wie eine Debatte über Antriebstechniken der Fahrzeuge. Dies ist unpopulär und daher ein verkehrspolitisches Tabu-Thema.

Insgesamt gesehen bedarf es einer Einbindung der Entwicklung von Antriebstechnologien in integrierte Verkehrskonzepte, die nicht nur auf technologischen Innovationen beruhen dürfen, sondern auch Nachfrage- und Verhaltensänderungen sowie eine verkehrspolitische Steuerung zur Erreichung der definierten Ziele (z. B. CO₂- und NO_x-Reduktion) berücksichtigen muss. Dabei müssen Handlungsansätze zur Reduktion des Verkehrsaufwandes („Suffizienz“) die Handlungsstrategien der Verbesserung der „Effizienz“ und der modalen Verlagerung („Konsistenz“) ergänzen. Auch eine Elektrifizierung von Zweirädern, Lieferfahrzeugen/Lastkraftwagen sowie von derzeit fossil angetriebenen öffentlichen Verkehrsmitteln ist zu integrieren.

Quellen

Ebert, Vince Was wäre, wenn wir alle elektrisch fahren würden? Spektrum der Wissenschaft, 19.03.2017, im Internet: <http://www.spektrum.de/kolumne/was-waere-wenn-wir-alle-elektrisch-fahren-wuerden/1441400> am 05.09.2017 um 12:05.

Friedrich, Axel „Das ist nicht machbar“ Interview mit Joachim Wille in der Frankfurter Rundschau 17.08.2015, im Internet: <http://www.fr.de/wirtschaft/dieselskandal-das-ist-nicht-machbar-a-1332659> am 05.09.2017 um 13:30.

Rudolph, Frederic et al. Verkehrswende für Deutschland - Der Weg zu CO₂-freier Mobilität bis 2035. Studie des Wuppertal-Institut für Greenpeace, Wuppertal, 2017, im Internet: <https://www.greenpeace.de/presse/publikationen/verkehrswende-fuer-deutschland> am 07.09. 13:13.

Santarius, Tilman Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz; Impulse (Hrsg. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH) Nr. 5, Wuppertal, 2012, im Internet: <http://www.santarius.de/967/wachstum-energieeffizienz-rebound-effekt/> am 05.09. 2017 um 14:05.

Vieweg, Christof Feinstaub - Die Motoren sind nicht das Problem, in ZEIT-online, 17.02.2017, im Internet: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-02/feinstaub-motoren-luftverschmutzung-reifen-abrieb-bremsen> am 05.09. 2017 um 13:05.