



Ladesäule für Elektro-Pkw mit verschiedenen Systemen.

FOTOS (2): MARTIN SCHWERTER



Bordeaux gehörte zu den Pionieren der Straßenbahnrenaissance in Frankreich. Dort fahren die Trams in der City ohne Oberleitung, aber nicht mit Batterie, sondern gespeist durch ein Stromschienensystem im Gleis.

ELEKTROMOBILITÄT UND EMISSIONEN

Schritte in die richtige Richtung

Elektroautos sind vor allem Autos. Doch können sie zu einer künftigen schadstoffarmen Mobilität beitragen? Und wie sieht es im Vergleich zu E-Bikes und dem elektrischen öffentlichen Verkehr aus? Sind E-Autos heute schon ökologisch sinnvoll? Versuch eines Vergleichs.

von Martin Schwerter

Die Elektromobilität ist, auch aufgrund des Dieselskandals, aktueller denn je. Auf Automobilmessen werden Zukunftskonzepte vorgestellt, und Carsharing-Anbieter integrieren Elektroautos in ihr Angebot, um sie auch so als alltäglichen Gebrauchsgegenstand zu etablieren. Doch was umfasst eigentlich die Elektromobilität?

Sie beschränkt sich keineswegs, wie oft suggeriert, nur auf den Automobilbereich, sondern schließt alle elektrisch betriebenen Verkehrsmittel mit ein. Somit ist sie auch nicht unbedingt eine neue Entwicklung der letzten Jahre, sondern besteht hier in Braunschweig in Form der elektrischen Straßenbahn schon seit 120 Jahren (s. S. 6).

Systemische Vorteile

Ihre politische Unterstützung hat die Elektromobilität einigen Vorteilen zu verdanken, die insbesondere im städtischen Umfeld spürbar sind. Die Verwendung von elektrischem Strom als Energieform reduziert lokale Emissionen. Der Strom selbst kann da-

bei außerhalb der Städte produziert werden und verbrennungsbedingte Feinstaubpartikel und Stickoxide werden nicht mehr lokal im Stadtbereich ausgestoßen. Unter Verwendung von erneuerbaren Energien wird gleichzeitig der Ausstoß von Treibhausgasen reduziert und so zum Klimaschutz beigetragen. Der Elektromotor ist zudem im Betrieb erheblich leiser und trägt so zu einer verbesserten Lebensqualität in der Stadt bei.

Beim Bremsen kann der Elektromotor als Generator betrieben werden, um dann die umgewandelte Energie in einer Batterie zwischenspeichern oder, bei elektrischen Bahnen, über die Oberleitung anderen Fahrzeugen zur Verfügung zu stellen. Batteriegespeiste Elektrofahrzeuge können auch als dezentrale Energiespeicher genutzt werden: Wenn Strom im Überschuss produziert wird (zum Beispiel über Nacht), werden sie geladen, um dann die Energie zu anderen (Tages-)Zeiten zur Fortbewegung zu nutzen. So können sie zur gleichmäßigeren Auslastung des elektrischen Netzes beitragen, zu-

Tabelle

Energiezuführung Verkehrsmittel	PKW		Batterie		Oberleitung			
	Beispiel		Bus	Fahrrad	Tram	Regionalzug	Fernzug	
Beispiel	VW E-Golf	Tesla S P90D	Emil	E-Bike* Pedelec*	Bombardier Flexity	KISS**	ICE 1	
Reichweite [km]	ca. 240	ca. 390	ca. 45	80 60	-	-	-	
Verbrauch [Wh/Pkm]	109	176	93	6 15	100	82	65	
CO ₂ -Emiss. [g/Pkm]	58	93	49	3 8	53	43	34	

Anmerkung:

*: E-Bike Modell Raleigh Dover Impulse 8 HS, Pedelec Model S-Pedelec Stromer ST1 X (45 km/h)

** : Beispiel Westfalenbahn (Braunschweig – Hannover - Bielefeld/Rheine)

Die Verbrauchswerte und äquivalenten CO₂-Emissionen gelten für den Strommix 2016 (Atom-, Braun- und Steinkohle, erneuerbare etc.)

mindest wenn der Nutzer seine Ladezeiten entsprechend anpassen kann.

Elektrisch, aber nicht emissionsfrei

Doch wie energieeffizient sind eigentlich die unterschiedlichen Verkehrsmittel? Immerhin wird uns Elektromobilität als eine der Lösungen zur Bekämpfung des Klimawandels verkauft. Zum Vergleich wird der Energieverbrauch (in Wattstunden pro Kilometer) auf die durchschnittliche Anzahl Reisender im Fahrzeug aufgeteilt. Bei Batterie-betriebenen Fahrzeugen wird ein 10 Prozent höherer Verbrauch als rein über die Batteriekapazität und Reichweite errechenbar angenommen, um auch die typischen Verluste beim Laden der Batterie zu berücksichtigen. Die durchschnittliche Auslastung ist dabei ein entscheidender Faktor: Ein Auto befördert

Elektromobilität bietet viele Vorteile: Die Nutzung erneuerbarer Energien reduziert den Ausstoß von Treibhausgasen, der Elektromotor ist zudem im Betrieb erheblich leiser und trägt so zu einer verbesserten Lebensqualität in der Stadt bei.

Sowohl der Energieverbrauch pro Person und Strecke (Wattstunden pro Personenkilometer) als auch der CO₂-Ausstoß (Gramm pro Personenkilometer) umgerechnet für den Strommix des Jahres 2016 werden in der Tabelle für unterschiedlichste Fahrzeuge der Elektromobilität aufgelistet. Da für den Tramino Braunschweig nur eine grobe Verbrauchsspanne vorlag, wurde auf exaktere Daten der Tram Bombardier Flexity (vergleichbar großes Fahrzeug) zurückgegriffen.

Besser als Verbrenner

Verglichen mit den durchschnittlich 127,4g/km CO₂ pro 2016 in Deutschland neu zugelassenem Pkw und damit rund 85 g/km CO₂ pro Fahrgast, liegen die Werte, die beispielsweise beim E-Golf erreicht werden können, bereits gut. Erstaunlicherweise können sich kompakte Pkw hier sogar mit dem öffentlichen Verkehr messen. Dennoch, wenn Leistung und Geschwindigkeit beim Auto im Vordergrund stehen – wie beim Tesla – dann wird die Effizienz und Umweltfreundlichkeit des elektrischen Bus- und Bahnverkehrs keineswegs erreicht. Dagegen kommt ein ICE, der im Beispiel von Frankfurt nach Berlin fährt, trotz der Hochgeschwindigkeitsabschnitte mit deutlich weniger Energie pro Personenkilometer aus und ermöglicht

gleichzeitig schnelles Reisen von A nach B. Bei Elektrofahrzeugen generell, aber insbesondere Pkw, muss man aber beachten, dass Nebenverbraucher wie Klimaanlage erhebliche Anteile am Energieverbrauch ausmachen können. Daher können Verbrauch und damit auch die Umweltbilanz bei großer Kälte oder Hitze deutlich voneinander abweichen.

Besonders effizient: E-Bike und Pedelec

Eine Sonderrolle spielt das Elektrofahrzeug: Diese Form der Elektromobilität bietet zwar nur eine recht begrenzte Reichweite und Mitnahmemöglichkeit von größeren Gegenständen (vom Lasten-E-Bike einmal abgesehen), kann aber bei äußerst geringem Energieverbrauch eine schnelle und praktische Alternative im Stadtverkehr darstellen. Die bis zu 45 km/h schnellen S-Pedelecs könnten sogar für nicht wenige Pendler auch auf längeren Wegen die erste Wahl werden.

Und die Herstellung?

Oftmals wird in der Betrachtung der Umweltfreundlichkeit von Verkehrsmitteln der Fehler gemacht, der Berechnung nur die eigentliche Fahrt zugrunde zu legen. Jedoch muss das Fahrzeug auch hergestellt und entsorgt werden. Insbesondere die Herstellung Batte-

im Schnitt nur etwa 1,5 Personen (im reinen Stadtverkehr sogar nur 1,2). Für die Auslastung des städtischen ÖPNVs werden knapp 19 Prozent angesetzt (bezogen auf Sitz- und Stehplätze zusammen). In der Praxis bedient die Straßenbahn allerdings primär die am stärksten nachgefragten Abschnitte, sodass im direkten Vergleich zum Bus eine größere Auslastung und damit höhere Effizienz als in der Tabelle ausgeführt zu erwarten ist. Für den Bahnverkehr lässt sich eine Auslastung (bezogen nur auf die Sitzplätze) von 33 (Nahverkehr) und 50 Prozent (Fernverkehr) recherchieren.



Grünes Licht für Elektromobilität gibt es bei der Bahn seit rund einem Jahrhundert, nur die Oberleitung stört manchmal das Bild.

FOTO: STEFAN VOCKRODT

rie-versorgter Elektrofahrzeuge ist noch mit Problemen verknüpft, die im Rahmen einer Analyse von elektrischen Pkw-Konzepten des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg umfassend ermittelt wurden. Neben der kritischen Beschaffbarkeit einiger der benötigten Materialien wie Kobalt (Batterie) oder seltene Erden (Elektromotor) spielen die Umweltbelastungen beim Abbau und der Herstellung eine sehr große Rolle.

Der Ausstoß von Treibhausgasen (CO₂-Äquivalent) für die Herstellung eines rein Batterie-betriebenen Elektro-Pkw liegt je nach Reichweite beim Zwei- bis Dreifachen eines gewöhnlichen Benzin- oder Dieselfahrzeuges. Wird der Strommix von 2012 mit seinem noch hohen Anteil fossiler Energie zugrunde gelegt, wird über den gesamten Lebens- und Betriebszyklus des Elektroautos sogar mehr Treibhausgas produziert, als durch ein klassisches Dieselfahrzeug.

Die Herstellung des E-Pkw verursacht bereits etwa 1/3 der Treibhausgas-Emissionen. Dagegen kann der Treibhausgas-Ausstoß über den gesamten Lebenszyklus um den Faktor 2 bis 3 reduziert werden, wenn zum Betrieb des Elektroautos 100 Prozent regenerativ erzeugter Strom verwendet wird. In diesem Fall können auch mittels kombinierten Verbrennungs- und Elektroautos wie Plug-In Hybriden deutliche Reduzierungen des CO₂-Ausstoßes erreicht werden. Die Entwicklung des Elektroautos muss also einhergehen mit der Erhöhung des Anteils regenerativer Energien im Strommix.

Allemaal besser: die „Öffis“

Im Gegensatz zum Pkw erbringt ein Fahrzeug des öffentlichen Verkehrs deutlich mehr Verkehrsleistung. Die Anbieter können es sich schlichtweg nicht leisten, das Fahrzeug 23 Stunden am Tag herumstehen zu lassen (und dabei noch wertvolle Fläche in der Stadt zu verbrauchen). Somit spielt hier

der Aufwand zur Herstellung eine geringere Rolle. Schienenfahrzeuge punkten hier besonders: Zum einen kann auf die Herstellung der Batterie verzichtet werden, wenn eine Oberleitung genutzt wird, und zum anderen erreichen die Fahrzeuge in der Regel ein Alter von 30 Jahren und mehr. So ist es auch nicht verwunderlich, dass beispielsweise für den Nahverkehrszug „Talent 2“ vom Hersteller Bombardier angegeben wird,

Eine Sonderrolle spielt das Elektrofahrzeug: Es bietet zwar nur eine recht begrenzte Reichweite und Mitnahmemöglichkeit für größere Gegenstände, stellt aber bei geringem Energieverbrauch eine schnelle und praktische Alternative im Stadtverkehr dar.

dass die Materialgewinnung und Fahrzeugherstellung nur circa 4,3 Prozent sämtlicher Treibhausgase (in CO₂-Äquivalent) über die gesamte Lebens- und Betriebszeit verursacht.

Die öffentlichen Verkehrsmittel sind also trotz Elektroauto-Konkurrenz weiterhin als umweltfreundliche Alternative anzusehen. Sie werden insbesondere in Städten auch in

Öffentliche Verkehrsmittel bleiben trotz Elektroauto-Konkurrenz die umweltfreundliche Alternative. Sie werden insbesondere in Städten mehr denn je gebraucht, vor allem wegen des hohen Flächenverbrauchs für den Pkw-Verkehr.

Zukunft mehr denn je gebraucht, insbesondere weil der hohe Flächenverbrauch für den ruhenden und fließenden Pkw-Verkehr und die damit einhergehende Staubbildung bei Elektroautos nach wie vor bestehen wird.

Damit die Elektromobilität, und insbesondere das Elektroauto, ihr Umweltpotenzial entfalten können, ist ein weiterer Ausbau der erneuerbaren Energien sowie der Netze und Energiespeicher notwendig.

Da die Batterieherstellung einen großen Einfluss auf die Umweltbilanz eines Batterie-betriebenen Elektrofahrzeuges hat, sind die regen Forschungen zur Erhöhung der Kapazität der Batterien sowie zur Verwendung alternativer Materialien voranzutreiben. Erfreulicherweise werden diese Forschungen auch hier in der Region vorangetrieben, so in der „Battery LabFactory“ (TU Braunschweig, div. andere Unis und PTB, s. S. 12).

Weg vom Auto, hin zu umfassender Mobilität

Für den Nutzer sind letztendlich meist der Preis und das Angebot entscheidend. In und zwischen städtischen Räumen müssen der Fußverkehr, der Fahrradverkehr (sowohl elektrisch als auch klassisch per Muskel-

kraft) und der (elektrische) öffentliche Nahverkehr als besonders umweltfreundliche Verkehrsmittel gefördert und weiter ausgebaut werden. Der Trend zeigt (mittlerweile) auch in dieser Region in die richtige Richtung (Radwegausbau, Regionalbahnkonzept, Stadtbahnausbau, Emil), darf aber auf keinen Fall in der Zukunft wieder vernachlässigt werden.

Auf dem Land klappt es dagegen leider oftmals ohne Auto nicht. Dennoch muss es kein SUV sein. Der Trend zu immer stärkeren und sportlicheren Pkw sollte ohnehin – auch unabhängig von der Energieform – gebrochen werden und stattdessen Effizienz und Praktikabilität in den Vordergrund rücken. In diesem Segment können sich preislich erschwingliche Elektrofahrzeuge mit ausreichend Reichweite am besten etablieren und für die breite Bevölkerung zugänglich werden. ◀

www

„Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen“ heißt eine Studie des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2016, herunterladbar unter: www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-vertiefte-analyse-der

Mittlerweile setzt sich die Erkenntnis durch, dass nur mit Strom aus erneuerbaren Energien das Elektroauto ökologisch vorteilhaft ist: www.ingenieur.de/Themen/Elektromobilitaet/Kritik-am-oekologischen-Nutzen-Elektromobilitaet

Wer tiefer einsteigen will, kann dies mit einem durch das BMU geförderten Bericht des Fraunhofer Institutes über die zu erwartende Entwicklung der Effektivität von E-Mobilität tun: www.energieversorgung-elektromobilitaet.de/includes/reports/Endbericht_Stromversorgungsszenarien_EMobilitaet_IWES.pdf