

E-Autos: Fakten gegen Illusionen

von Ferruccio Ferroni
(Stand 21. April 2017)

Einführung

Im Bericht «The Emission Gap Report 2017» des United Nations Environment Programme, Nairobi [UNEP (2017)] wird unter anderem postuliert, dass bis 2020 weltweit mindestens 15 % der neu zugelassenen Personenwagen elektrisch angetrieben sein sollen. Im Moment liegt diese Quote unter 1 %. Dieser Bericht wurde von Hunderten Experten der ganzen Welt ausgearbeitet oder zumindest begutachtet und die darin vorgeschlagene Massnahmen wurden von den Staaten, die das Abkommen von Paris ratifiziert haben, als geeignet befunden, um ihre Klimaschutzziele einzuhalten. Allerdings sucht man in UNEP (2017) vergeblich den dazu notwendigen Nachweis, dass E-Autos insgesamt weniger Treibhausgase verursachen als Verbrennungsmotoren.

Befasst man sich eingehender mit dieser Schlüsselfrage, stellt man fest, dass die Treibhausgas-Emissionen bei Fahrzeugen mit Elektroantrieb von Anfang bis Ende ihrer gesamten Lebensspanne grösser sind als die entsprechenden Emissionswerte von vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. In früheren Beiträgen haben wir die Mehrmissionen untersucht für:

- (1) die Herstellung und Entsorgung (toxische Werkstoffe) der Batterie, den Mehrverbrauch an Kupfer, die graphischen Prozessoren und
- (2) die Energiebeiträge betreffend die Finanzierung der Mobilitätsinfrastruktur, soweit sie dem E-Auto zuzuordnen sind.

Die Summe der betreffenden Mehrmissionen haben wir mit 28 kg Kohlendioxid pro 100 km Fahrleistung errechnet. Und wieviel mehr Betriebsenergie verbraucht ein E-Auto ganzheitlich betrachtet im Vergleich zum Auto mit Verbrennungsmotor?

Energieverbrauch im Autobetrieb

Konkreter: Wie viel elektrische Energie, gemessen in kWh, verbraucht ein E-Auto im realen Betrieb? Viele einschlägige Studien verweisen dazu auf Messungen nach den Regeln betreffend den Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ), die auch für die Ermittlung der CO₂-Emissionen immer noch massgebend sind. Diese Messungen erfolgen allerdings nicht im



realen Betrieb, sondern im Labor bei niedriger mittlerer Geschwindigkeit (33.6 km/h), sehr moderaten Beschleunigungen und bescheidener Gesamtdauer der «Fahrt». In der Literatur werden nicht weniger als 10 Tricks aufgezeigt, um bei diesen Messungen einen niedrigen Verbrauch zu erzielen. Solche Labortests sind nur dazu geeignet, um den Verbrauch verschiedener Fabrikate zu vergleichen – zu mehr nicht.

Beispielsweise wurden für den meistverkauften E-Mittelklassewagen, den Nissan Leaf, im NEFZ-Messzyklus rund 15 kWh/100 km gemessen. Umfangreiche Testfahrten durch den deutschen TÜV Süd sowie solche im Rahmen des VLOTTE-Projekts in Österreich haben demgegenüber für den Leaf folgende reale Werte ergeben (mit praktisch identischen Resultaten der beiden Testreihen): Bei Messungen mit 50 % der Fahrten ausserorts und 50 % auf Autobahn, einer Strassenneigung von +/- 2 % und 20 °C Umgebungstemperatur wurde ein Stromverbrauch von 27 kWh/100 km (ohne Heizung und ohne Klimaanlage) gemessen. Der Mehrverbrauch für Heizung, Kühlung und weiteren Verbrauchern wird im Mittel mit 3 kWh/100 km angegeben. Ladeverluste lassen den realen Stromverbrauch um rund 25% ansteigen – bei der Schnellladung oder in Laternengaragen mit kalten Batterien sind solche Ladeverluste nicht zu unterschätzen. Ausserdem sind auch Netzverluste von rund 8 % zu berücksichtigen. Im realen Endresultat ist insgesamt mit einem Betriebsverbrauch von 40.5 kWh pro 100 km zu rechnen – Elektrizität, die im Kraftwerk durch Kohle, Gas, Nuklear, Wasser, Wind oder Solar zu produzieren sein wird.

In einem Artikel zur Energieverschwendung der Elektroautos hat die TESLA-Lobby unsere Vergleichszahlen zum Verbrauch stark kritisiert. Tatsache ist: Ein Tesla S 70D-Fahrer, der nach eigenen Angaben zügig fährt, verbraucht mit Heizung und Kühlung 22 kWh/100km. Der Energieverbrauch beim Auto verhält sich proportional zum Strömungswiderstandskoeffizienten, multipliziert mit der Auto-Stirnfläche. Rechnet man die entsprechenden Grössen für besagten Tesla und den Nissan Leaf, dann ergibt sich daraus ein Unterschied im Energieverbrauch von 34 %. Dieser Unterschied zeigt, dass auch der reale Verbrauch des Teslas absolut kohärent ist mit den Messungen von TÜV Süd und VLOTTE. Die Kritik ist somit unberechtigt. Der Autokunde kann sicher entscheiden, ob für seine persönlichen Bedürfnisse betreffend Platzverhältnisse und Gepäckvolumen eher der Nissan oder der Tesla in Frage kommt.

Der Vergleich zwischen verschiedenen Energieträgern

Eine Schwierigkeit besteht beim Vergleich zwischen verschiedenen Energieträgern, so von Strom, dessen Energie in kWh angegeben wird, und Benzin in MJ pro Liter. Bei solchen Vergleichen ist das Konzept des Energy Return on Energy Invested (ERoEI) massgebend. Es beschreibt das Verhältnis der genutzten Energie zur investierten Energie.

Für die Herstellung von Benzin wird etwa Energie aufgewendet (investiert) für die Extraktion des Erdöls, den Transport mit einem Tanker zur Raffinerie, die Raffinierung des Benzins und den Transport zur Tankstelle. Hierfür wird der ERoEI in der Literatur konservativ



mit 5 angegeben. Wenn wir für ein Auto mit Verbrennungsmotor einen mittleren Benzinverbrauch von 8 l pro 100 km annehmen wollen, dann sind dafür an der Quelle 9.6 l Erdöl notwendig, der Verbrauch erhöht sich um 20 %.

Strom (kWh) wird aus verschiedenen Energieträgern hergestellt bzw. umgewandelt, von denen jeder seinen spezifischen EROEI hat. Für Kohle, Wasserkraft, Nuklear und Gas aus Biomasse ist der EROEI sehr hoch (≥ 50). Dagegen liegt der EROEI in der relativ sonnen- und windarmen Schweiz bei der Photovoltaik unter 1 und beim Wind um 3. Da aber – sei es in der Schweiz oder in Deutschland – die Gesamtstromproduktion aus Photovoltaik und Wind nach wie vor bescheiden ist, dürfte der EROEI des aktuell produzierten Strom-Mixes immer noch über 40 liegen und damit einen vernachlässigbaren Einfluss auf unsere Rechnungen haben. Diese berücksichtigen aber den relativ niedrigen EROEI des Benzins.

In der Schweiz wird der CO₂-Ausstoss in der Literatur mit 29 g CO₂/kWh (Strommix aus Wasserkraft und Nuklear), in Deutschland (Mix aus Kohle, Gas und Nuklear) mit 520 g CO₂eq/kWh angegeben. Mit der gesetzlich geplanten Abschaltung der Kernkraftwerke werden die CO₂-Emissionen in beiden Ländern zunehmen, besonders stark in der Schweiz.

Unter diesen Voraussetzungen sollten man den Vergleich eines E-Autos mit einem Auto mit Benzinmotor besonders in zwei Kriterien durchführen: betreffend CO₂-Emissionen und betreffend Energieverbrauch.

(A) CO₂-Emissionen

Messgrössen (1 Liter Benzin verbrennt zu 2.33 kg CO ₂)		Benziner	E-Auto	
			CH	DE
CO ₂ -Ausstoss Strommix	kg CO ₂ /kWh		0.029	0.52
CO ₂ -Ausstoss während Betrieb	kg CO ₂ /100 km		1.2	21
CO ₂ -Ausstoss beim Benziner (mit EROEI-Anpassung)		22.36		
Beitrag Batterie und Werkstoffe (im Vergl. z. Benziner)	kg CO ₂ /100 km	0	12	12
Beitrag Mobilitätsinfrastruktur (im Vergl. z. Benziner)	kg CO ₂ /100 km	0	16	16
Total	kg CO₂/100 km	22.36	29.2	49

Resultat: Ein Auto mit Benzin-Motor emittiert rund 30 % weniger CO₂ als ein E-Auto mit «Schweiz-Strommix» und halb so viel wie ein E-Auto mit «Deutschland-Strommix».

Das relativ weniger schlechte Ergebnis des E-Autos in der Schweiz im Vergleich zu demselben in Deutschland gilt allerdings nur zu denjenigen Zeiten, zu denen die Schweiz nicht auf Stromimporte aus Deutschland angewiesen ist. Bekanntlich haben aber die



Stromimporte der Schweiz in den letzten Jahren und vor allem im Winter ständig zugenommen. Also muss man den CO₂-Ausstoss der E-Autos in der Schweiz praktisch in Richtung des deutschen Werts erhöht sehen. Zudem ist zu bedenken, dass aus Opportunitätsgründen diesen Berechnungen in jedem Land, dass dem europäischen Netzverbund angehört, der aktuelle Strommix dieses Netzverbunds zugrunde gelegt werden müsste. Denn wenn etwa wir in der Schweiz unsere Wasserkraft für E-Autos verwenden, müssen wir umso mehr Strom importieren bzw. müssen andere Verbraucher auf weniger «sauberen» Strom ausweichen (Opportunitätsprinzip aus der Ökonomie, das auch für ökologische Kosten gilt).

(B) Energie

Auf diesem Gebiet herrscht grosse Konfusion, da in fast allen Auto-Fachzeitschriften behauptet wird, 1 Liter Benzin (8.67 kWh Brennwert als chemische Energie) sei identisch mit 8.67 kWh elektrisch. Dies ist falsch, da es chemisch und physikalisch unmöglich ist, 1 Liter Benzin in 8,67 kWh elektrische Energie bzw. elektrische Arbeit umzuwandeln. Deswegen es ist korrekt, um die Bedeutung der verschiedenen Energieträger vergleichend beurteilen zu können, statt der angesetzten Primärenergie die real erzeugte Endenergie zu berücksichtigen. Im Strombereich müssen also die von den verschiedenen Energiearten (fossil, nuklear, erneuerbar) erzeugten Strommengen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund soll für die Umwandlung von Primärenergie in Endenergie der Faktor 0.38 verwendet werden, der gemäss BP Energiestatistiken international verwendet wird.

Energiebedarf in kWh pro 100 km als Endenergie	Benziner	E-Auto
Betrieb (mit ERoEI)	31.6	40.5
Herstellung Batterie	0	15.0
Entsorgung des Lithiums	0	3.5
Beitrag der Mobilitäts-Infrastruktur (im Vergl. z. Benziner)		10.0
Total	31.6	69.0

Das Resultat ist auch hier eindeutig: Ein E-Auto verbraucht gesamthaft mehr als doppelt so viel Energie wie ein Benzin-Auto mit vergleichbarer Leistung.

Resümee

Wie sich hiermit zeigt, ist die Empfehlung des UN Environment Programme (UNEP) irreführend. Offenbar sind die Berechnungsgrundlagen der UNEP-Experten falsch und/oder unvollständig. Diese rechnen offenbar nicht mit dem Energie- bzw. Stromverbrauch der E-Autos im realen Betrieb. Bei den material- und energieintensiven Batterien vernachlässigen zumindest deren Entsorgung. Ferner bildet die Mobilitätsinfrastruktur einen integrierenden Teil der Mobilität, weshalb der Benziner dazu ja auch seinen



energetischen Beitrag in Form eines Preiszuschlags auf das Benzin entrichtet. Einen entsprechenden Beitrag müsste auch das E-Auto leisten, den ein solcher ist nicht im Preis des Stromes eingeschlossen.

Ergo können Elektrofahrzeuge unter den heutigen technischen Gegebenheiten gesamthaft weder einen Beitrag zur Minderung der CO₂-Emissionen noch einen solchen zur Reduzierung des Energieverbrauchs leisten. Sie verschlechtern das Weltklima (vorausgesetzt, dass die IPCC-Hypothese richtig sei) und die Weltenergielage für unsere Nachkommen, indem sie zur beschleunigten Erschöpfung der fossilen Reserven beitragen, die 85% des Gesamtenergieverbrauches decken.

Persönlich bin ich nicht gegen das E-Auto. Für viele Anwendungen - insbesondere für die Stadt-Mobilität - könnte der Einsatz von E-Autos durchaus von Vorteil sein (örtliche Luftverschmutzung). Als liberal denkender Bürger bin ich zudem der Meinung, dass diejenigen, die sich den teuren Luxus eines E-Autos heute leisten können, dies auch tun sollen, wenn sie es wollen. Aus klimapolitischen und energiepolitischen Gründen müssen aber E-Autos unter den aktuellen technischen Bedingungen ein Nischenprodukt bleiben. Andernfalls würden sie sich spürbar kontraproduktiv auswirken.

Auf jeden Fall bin ich aber nicht bereit, E-Autos bzw. ihre relativ begüterten Besitzer und Käufer zu subventionieren - wie es aber leider im Moment der real existierende Zustand ist. Würde die Staaten per Gesetz die Verbrennungsmotoren verbieten (was in der direkt-demokratischen Schweiz auf absehbare Zeit kaum möglich sein dürfte) und das E-Auto vom Nischenprodukt zum Massenprodukt befördern wollen, dann könnte man eine jährliche Weltautoproduktion von 100 Millionen E-Autos mit Lithium-Batterien nur noch für etwa 10 Jahre mit Lithium beliefern. Auch die Ressourcen von Lithium in der Natur sind begrenzt und dann für immer erschöpft. Und dazu würden - dies nur scheinbar paradoxer Weise - die fossilen Ressourcen viel schneller zur Neige gehen.