

01.03.2019

Der wahre Verbrauch von Elektrofahrzeugen

Im Editorial von **ams** Heft 3/2019 schreibt die Chefredakteurin:

„Wir wissen alle, dass der CO₂-Ausstoß von Elektroautos beim aktuellen Strommix in Deutschland gar nicht so viel besser ist als der von Verbrennungsmotoren. Wann erklärt das die Autoindustrie ihren Kunden?“

Das mit dem CO₂-Ausstoß wissen eben nicht alle. Die meisten glauben fest daran, mit Elektroautos wirklich einen Klimabeitrag zu leisten. In dieses Wunschdenken passen die Kohlekraftwerke mit ihrem CO₂-Ausstoß nicht hinein, deshalb müssen sie abgeschaltet werden. Wo anschließend der Strom herkommen soll, darüber schweigen Medien und Politik.

Im Gegensatz zu **ams** sehen wir nicht die Autohersteller, sondern die Medien in der Verantwortung. Es ergeben sich folgende Fragen an **ams** und andere:

- Wann erklären Sie das ihren Lesern, und zwar so eindringlich, dass es auch jeder versteht?
- Wann gehen Sie auf die Politik zu und fordern für Elektromobile einen praxisnahen CO₂-Test?
- Wann liefern Sie endlich praxisorientierte Verbrauchszahlen für Elektromobile?

Darauf können wir vermutlich lange warten. Bislang üben sich **ams** und **AutoBild** in Schuldzuweisungen. Entweder die Autoindustrie oder die Politik – einer von beiden ist immer schuld, nicht selten beide zusammen. Völlig egal, um welches Problem es sich handelt. Dieses unrühmliche Verhalten zeigten die Medien bereits bei der NO_x-Thematik. Sie haben anscheinend nichts daraus gelernt.

Wir wollen an dieser Stelle aber nicht (nur) kritisieren, sondern uns selbst ein Bild verschaffen, wie es um die Umweltfreundlichkeit von Elektromobilen bestellt ist.

Umrechnung kWh in CO₂:

BEV-Elektromobile stoßen kein CO₂ aus. Genau deswegen sind sie ja so umweltfreundlich. So zumindest lautet die öffentliche Lehrmeinung. Der Strom kommt zwar sauber aus der Steckdose, aber wie er hineinkommt, da geht es nicht so sauber zu. Es funktioniert nicht ohne CO₂ Emissionen – noch nicht, behaupten Umweltschützer und Traumtänzer. Die Erneuerbaren Energien werden es schon richten lautet das Mantra der Öko-Gemeinde. Unserer festen Überzeugung nach werden die EE grandios scheitern, trotz aller Subventionen.

Zum Vergleich mit Benzinern und Dieseln müssen die elektrischen Kilowatts der Stromer in Gramm CO₂ umgerechnet werden. Beim derzeitigen Strommix in Deutschland beträgt der Umrechnungsfaktor

559 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde.

Mit diesem Wert rechnet auch **ams**.

NEFZ und WLTP:

Die Verbrauchsmessung von elektrischer Energie im NEFZ und beim WLTP erfolgt auf die gleiche Art und Weise wie bei Verbrennungsmotoren. Da zukünftig nur noch im WLTP-Zyklus gemessen wird, sollte uns der Verbrauch beim NEFZ nicht länger interessieren. Leider basieren die meisten Verbrauchsangaben noch auf dem „alten“ NEFZ. Zum Vergleich von NEFZ mit WLTP stehen nur sehr wenige Daten zur Verfügung. Man kann als Näherung davon ausgehen, dass die WLTP-Werte mindestens 20 Prozent über den NEFZ-Werten liegen, und damit wesentlich näher an den Testwerten von **AutoBild** und **ams**.

Verbrauchsübersicht E-Mobile:

	Leistung	NEFZ	WLTP	Testverbrauch
	kW / PS	kWh/100 km	kWh/100 km	kWh/100 km
e.Go Life 40	40 / 54	12,1	14,5	
VW e-load Up	60 / 82	11,7	14,0	14,5
Ren. Zoe Z.E. 40	65 / 88	14,6	16,8	18,7
Hyundai Ioniq E	88 / 120	11,5	13,8	14,7
VW e-Golf	100 / 136	12,7	15,8	14,9
Nissan Leaf Tekna	110 / 150	14,6	17,5	17,5
BMW i3S	135 / 184	14,3	17,2	18,4
Hyundai Kona E	150 / 204	14,3	17,2	19,5
Tesla Model 3	192 / 261	15,0	18,0	20,0
Jaguar i-Pace	294 / 400		24,2	27,6
Tesla Model X	310 / 422	18,0	21,6	26,9
Tesla Model X	396 / 539			29,0

Testverbrauch:

Die Angaben in der Rubrik Testverbrauch stammen aus unterschiedlichsten Quellen. Teilweise weichen die Angaben deutlich voneinander ab. Von **AutoBild** und **ams** ist bekannt, dass sie eine Testrunde mit Anteilen aus Stadt, Landstraße und Autobahn absolvieren, und daraus den Testverbrauch als Durchschnittswert ermitteln. Sie hoffen, mit dieser Methode dem Verbrauch des durchschnittlichen Autofahrers nahezukommen.

Bekanntermaßen gelingt das bei Benzin- und Dieselfahrzeugen relativ gut, bei den BEVs ist die Treffsicherheit noch mit einem großen Fragezeichen versehen. Vor allem der Kälteeinfluss wird hierbei nicht berücksichtigt.

Kälteeinfluss bei Fahrt:

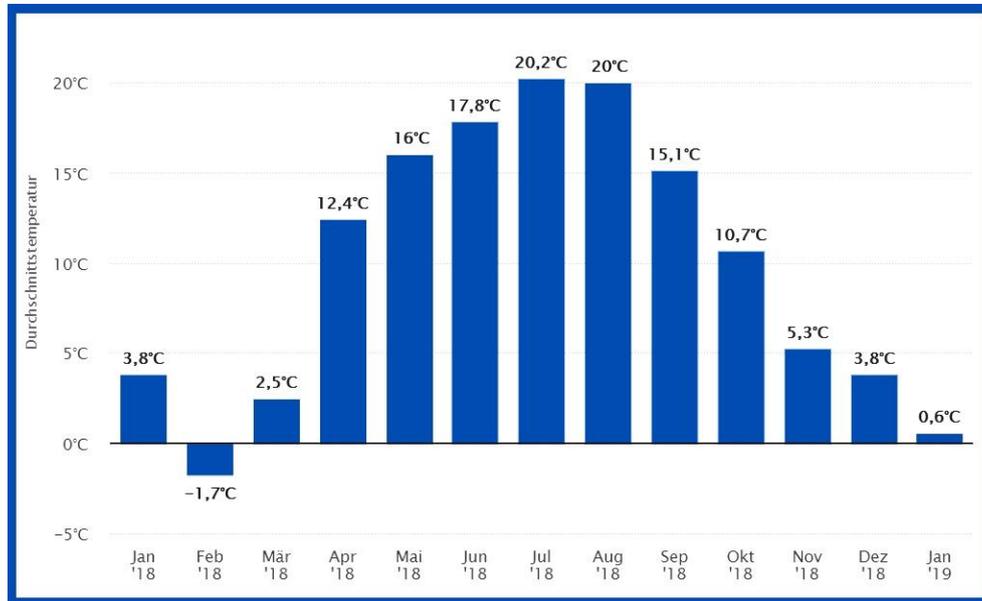
Dank an **ams**: Mit einem Tesla Model 3 führten sie einen Verbrauchstest bei winterlichen Temperaturen durch. Außentemperatur 0 bis -1°C, per Heizung eingestellte Innenraumtemperatur 20°C.

Verbrauch mit 20°C-Heizung bei AT = 0°C : 25,5 kWh/100 km

Verbrauch bei Normaltemperatur ohne Heizung: 20,0 kWh/100 km

Differenz: 5,5 kWh/100 km

Stellt sich natürlich sofort die Frage, wie oft und bei welchen Temperaturen wird in unseren Breitengraden geheizt? Vielleicht hilft die monatliche mittlere Temperatur weiter.



Laut Statistik wird mit Sicherheit bei allen Fahrten in den Monaten von November bis März die Heizung eingeschaltet. Als Temperatur am Morgen setzen wir 0°C, am Nachmittag 5°C. Im April und im Oktober nehmen wir für die morgendliche Fahrt 5°C an, bei den Fahrten am Nachmittag verzichten wir auf Heizung. Als Heizleistung bei 5°C legen wir $\frac{3}{4}$ der Heizleistung bei 0°C zugrunde, das sind 4,1 kWh/100 km. Daraus ergibt sich folgende Statistik:

Außentemperatur	0°C	5°C	Monat	Jahr		
Anteil in Prozent	50 %	50%	100 %	1/12		
Januar	5,5	2,75	4,1	2,1	4,85	0,4
Februar	5,5	2,75	4,1	2,1	4,85	0,4
März	5,5	2,75	4,1	2,1	4,85	0,4
April	-	-	4,1	2,1	2,1	0,2
Oktober	-	-	4,1	2,1	2,1	0,2
November	5,5	2,75	4,1	2,1	4,85	0,4
Dezember	5,5	2,75	4,1	2,1	4,85	0,4
Gesamt						2,4

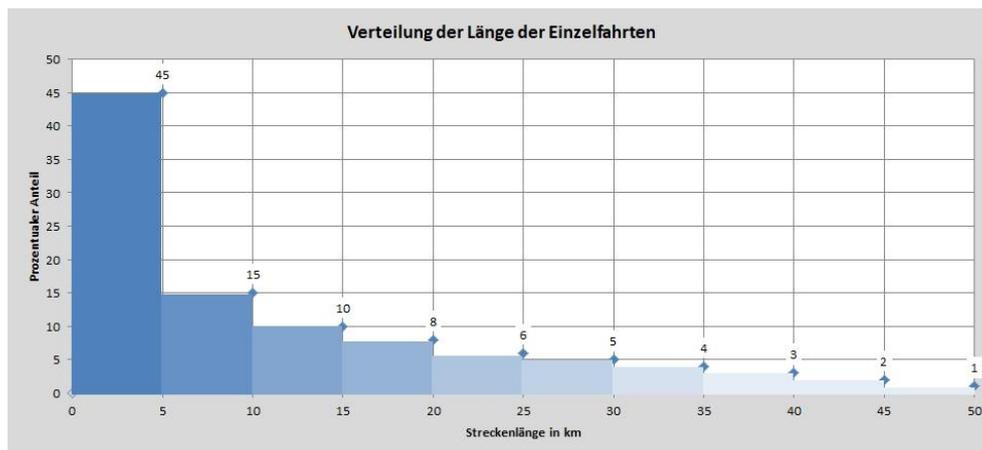
Alle Angaben in kWh/100 km

Wir rechnen also mit einer Heizleistung von 2,4 kWh/100 km.

Vorheizen des Innenraums aus der Steckdose:

Das ist aber noch nicht alles, denn es beschreibt nur die Heizleistung bei Fahrt. Dazu addiert sich noch die Heizleistung beim Vorheizen in der Garage über den

Ladestecker. Dazu muss man wissen, wie oft das Fahrzeug bewegt wird, also gestartet wird. Aufschluss gibt die Statistik der gefahrenen Strecken.



45 Prozent der Fahrten sind kürzer als 5 Kilometer, 15 Prozent bewegen sich zwischen 5 und 10 Kilometer, usw. Von hundert Kilometer entfallen also 45 Kilometer auf die Klasse 1, das sind 9 Fahrten. 15 Kilometer entfallen auf Klasse 2, das sind 1,5 Fahrten. Die Fahrten mit mehr als 10 Kilometern fallen nicht mehr ins Gewicht.

Wir nehmen an, die Hälfte der Fahrten in den 7 kalten Monaten findet mit Vorheizung statt. Der Einfachheit halber rechnen wir mit 10 Fahrten auf 100 Kilometer, davon 7/12 in den Wintermonaten, davon wiederum 50 Prozent mit Vorheizung. Das ergibt auf das Jahr verteilt eine Vorheizung bei 3 Fahrten pro 100 Kilometer.

Die Standheizung eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor frisst etwa einen halben Liter Kraftstoff pro Stunde. Zum Vorheizen reichen etwa 20 Minuten Betriebszeit, das wären $0,5 \times 0,3 = 0,15$ Liter pro Vorheizen. Das entspricht etwa 1,5 kWh. Bei einem Elektrofahrzeug muss lediglich der Innenraum erwärmt werden, nicht der Motorblock. Wir nehmen an, dass das nur die Hälfte an Energie erfordert, also 0,75 kWh. Über ein Jahr gesehen mit drei Vorwärmungen pro 100 Kilometer ergeben sich abgerundet **2 kWh/100 km**.

Sitzheizung, Lenkradheizung, Heckscheibenheizung:

Durch die Vorwärmung des Innenraums werden diese weitgehend überflüssig. Wir können sie vernachlässigen. Auch deshalb, weil sie vergleichsweise wenig elektrische Energie benötigen. Allgemein nimmt man an, dass sie den Kraftstoffverbrauch um etwa 0,1 L/100 km erhöhen, was unter Berücksichtigung des Wirkungsgrads des Verbrennungsmotors einer elektrischen Energie von lediglich ca. 0,3 kWh/100 km entspricht. Hochgerechnet auf ein Jahr würde sich die Werte auf die zweite Stelle hinter dem Komma reduzieren.

Wirkungsgrad Akku bei Kälte:

Wer eine beheizte Garage sein eigen nennt, hat's gut. Er kann sich das Vorwärmen sparen. Ein weiterer Vorteil zeigt sich beim Laden der Batterie. Der Ladewirkungsgrad bei Kälte ist etwa 10 Prozent schlechter als bei Raumtemperatur. (Wie viel Energie beim Heizen der Garage vernichtet wird steht auf einem anderen

Blatt.) Die Frage lautet deshalb: Wie oft wird bei Temperaturen unter 5° C geladen?

Annahmen:

- Einmal am Tag wird geladen.
- Temperaturen < 5° C treten nur in den fünf Monaten November bis März auf => 40 %
- Wirkungsgradverschlechterung insgesamt 10 % x 0,4 = 4 %

Klimatisierung:

Für einen niedrigen Verbrauch brauchen Autos einen niedrigen Luftwiderstand. Dieser bedingt flache Scheiben, diese wiederum erhöhen die Sonneneinstrahlung. Deshalb sind aus heutigen Fahrzeugen Klimaanlage nicht mehr wegzudenken. Natürlich brauchen auch Elektromobile diese Segnung der Technik, denn bei ihnen spielt der Luftwiderstand eine noch größere Rolle als bei Verbrennermobilen.

Über den Spritverbrauch von Klimaanlage geistern wahre Schreckenszahlen durchs Internet. Tatsache ist, dass in den ersten Minuten der Abkühlung eines auf 50° C aufgeheizten Innenraums der Spritverbrauch am größten ist. Die Temperatur konstant zu halten erfordert bei Weitem weniger Energie. Bei der Abschätzung gehen wir von folgenden Voraussetzungen aus:

- Klimatisierung nur in den Sommermonaten: 25 %
- Benutzung nur in 1/3 der Fahrten: 30 %
- Verbrauch 0,4 L/100 km entspricht 4 kWh/100 km
- Jahresdurchschnitt: 4 x 0,3 x 0,25 = 0,3 kWh/100 km

Zusammenfassung der Mehrverbräuche am Beispiel Model 3:

- Heizung bei Fahrt 2,4 kWh/100 km
- Standvorheizung 2,0 kWh/100 km
- Wirkungsgradverluste bei Kälte 0,8 kWh/100 km
- Klimatisierung 0,3 kWh/100 km
- Summe 5,5 kWh/100 km

Realistischer Gesamtverbrauch Tesla Model 3:

- Testverbrauch 20,0 kWh/100 km
- Zusatzverbrauch 5,5 kWh/100 km
- Summe 25,5 kWh/100 km

Umrechnung in CO₂ mit Faktor 559 g CO₂ pro kWh:

25,5 x 559 = 14,3 kg/100 km oder 143 g/km

Vergleich mit 320d:

Als Vergleichsfahrzeug für den Tesla Model 3 bieten sich diverse Mittelklasse-Modelle an. Wir wählen den BMW 320d.

Testverbrauch 6,5 L/100 km

CO₂ im Test 171 g/km

Erfahrungsgemäß stimmen die Testverbräuche der Automobilzeitschriften recht gut mit den Praxisverbräuchen überein. Für ein vergleichbares Ergebnis muss man allerdings noch den Wirkungsgrad zwischen Erdölquelle und Tank von etwa 10 Prozent dazurechnen.

CO₂ 320d Well to Wheel 188 g/km

Korrigierte Testverbräuche:

Der Mehrverbrauch unter Berücksichtigung von Winter- und Sommereinfluss beträgt beim Tesla Model 3 27,5 Prozent. Mit diesem Wert korrigieren wir obige Tabelle der Elektromobile und ihrer Verbräuche.

	Leistung	WLTP	Testverbrauch gemessen	Testverbrauch korrigiert
	kW / PS	kWh/100 km	kWh/100 km	kWh/100 km
e.Go Life 40	40 / 54	12,0	13,4	17,1
VW e-load Up	60 / 82	14,0	14,5	18,5
Ren. Zoe Z.E. 40	65 / 88	16,8	18,7	23,8
Hyundai Ioniq E	88 / 120	13,8	14,7	18,7
VW e-Golf	100 / 136	15,8	14,9	20,1
Nissan Leaf Tekna	110 / 150	17,5	17,5	22,3
BMW i3S	135 / 184	17,2	18,4	23,5
Hyundai Kona E	150 / 204	17,2	19,5	24,9
Tesla Model 3	192 / 261	18,0	20,0	25,5
Jaguar i-Pace	294 / 400	24,2	27,6	35,2
Tesla Model X	310 / 422	21,6	26,9	34,3
Tesla Model X	396 / 539		29,0	37,0

Genauigkeitsbetrachtung:

Keine Schätzungen ohne Genauigkeits-Überlegungen. Ebenso wie die Testwerte je nach Durchführung und Randbedingungen sehr stark streuen, wird auch obige Abschätzung großen Schwankungen unterliegen. Abweichungen können sich ergeben durch eine andere Zusammensetzung der Fahrstrecken, z.B. überwiegend Stadtverkehr. Oder durch Unterschiede in Wirkungsgrad und Leistung von Heizung und Klimatisierung usw. Die Mehrverbräuche werden vermutlich zwischen 15 und 35 Prozent liegen.

Nicht berücksichtigt ist dabei der persönliche Einfluss des Fahrers, der jederzeit auf die Annehmlichkeiten von Heizung und Kühlung verzichten kann – zugunsten der Reichweite natürlich.

Langzeitverhalten:

Schließlich noch eine Bemerkung zum Langzeitverhalten. Verbrennerfahrzeuge zeigen auch nach 10 Jahren und weit über 100.000 Kilometern keinen Abfall der Leistung oder eine Zunahme des Verbrauchs. Die kritischsten Elemente bei modernen Fahrzeugen sind nicht die mechanischen Bauteile sondern die vielen Elektroniken. Ein winziger Defekt in einem vernetzten Baustein, und schon kann der Schaden in die Tausende gehen, und eine Reparatur ist schnell obsolet.

Ein modernes Elektromobil ist ein mit Elektronik vollgestopftes Wunderwerk. Allen voran die Fahrzeuge des High-Tech-Apostels Elon Musk, aber auch die anderen Hersteller überbieten sich mit elektronischem Firlefanz. Wehe, wenn da der Fehlerteufel zuschlägt. Der Besitzer wird des Lebens nicht mehr froh.

Gefahr droht aber auch von anderer Seite, beim Herzstück des Elektroantriebs, der Batterie. Sie altert und verliert dabei an Kapazität. Offen ist, ob Alterung den Lade- und Entladewirkungsgrad beeinträchtigt. Einige Hersteller nehmen die Batterien nach einigen Jahren zurück und setzen sie als stationäre Puffer für Solaranlagen ein. Wieviel der Austausch gegen ein neues Exemplar kostet wird sich zeigen.

Fazit:

Ein Elektromobil bietet beim CO₂-Ausstoß im Betrieb deutliche Vorteile gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Hoffentlich ist dieser Vorteil auch von Dauer. Wie man aus der Tabelle unschwer erkennen kann, sind auch bei den Elektromobilen die Verbrauchsgrenzen nach oben offen. Dies verstößt vehement gegen die ursprünglichen Interessen der Elektrifizierung.

Ganz besonders kritisch zu sehen ist die Einstufung im Flottenverbrauch mit Null-CO₂-Ausstoß. Warum der Gesetzgeber das zulässt ist mehr als fragwürdig. An dieser Stelle drängt sich der nächste Ansatzpunkt für die Deutsche Umwelthilfe förmlich auf. Hoffentlich bleibt den Elektromobilbesitzern eine ähnlich peinliche Erfahrung wie den Dieselfahrern erspart, die praktisch über Nacht von Saubermännern zu Umweltverpestern erklärt wurden.

Begeistert steigen die Journalisten in jedes Elektromobil mit 300, 400 und 500 PS. Wie die Schneekönige freuen sie sich über die Performance, die Reichweite, das sportliche Fahrverhalten. Kritik an diesen dekadenten Auswüchsen einer pervertierten Automobilentwicklung? Fehlanzeige.

Elektromobile waren einmal Hoffnungsträger für das Klima. Hoffentlich erweisen sie sich nicht als Sargnagel.

Jacob Jacobson