

Veröffentlicht in der Wirtschaftswoche

Sonderdruck

zum Thema >>Elektromobilität<<

 **bridging IT**
Menschen Methoden Lösungen

Stromer im Stresstest

ELEKTROAUTOS

■ Sie sind teuer und in Wahrheit gar nicht umweltfreundlicher als ein moderner Diesel oder kleiner Benziner. Sagen die Kritiker. Stimmt das?

Zuerst war es nur ab und zu da, jetzt dauernd: das nervige Rattern in Linkskurven. Dazu quietschen die Bremsen, und im Heck blüht ein Rostloch. Markus Muckenschnabls neun Jahre alter VW Sharan müsste ersetzt werden; zumal er mit Diesel fährt. „Der Wagen hat nur eine gelbe Feinstaubplakette“, sagt der 49-jährige Designer, „damit komme ich in vielen Städten nicht mehr in die Innenstadt.“ So geht es vielen: Das Auto – oft angeschafft zur Zeit der Abwrackprämie – ist in die Jahre gekommen. Ein neues soll her. Aber welches?

„Damals war das klar“, sagt Nadine Böhmer, die mit ihrem Audi täglich 120 Kilometer pendelt, „als Vielfahrerin kaufte man 2009 Diesel.“ Heute ist es schwieriger: Benziner verursachen pro Kilometer rund 20 Prozent Mehrkosten als Diesel. Seit dem VW-Abgasskandal aber ist klar, dass Diesel – trotz Rußfilter und Kat – viel Giftiges absondern: Stickoxide, Benzole, Feinstaub. China will sie bald verbieten, nun wird es selbst im Land der Dieselfans eng: Am 21. Februar beschloss das feinstaubgeplagte Stuttgart Fahrverbote für fast alle vor 2015 zugelassenen Diesel. Ausgerechnet Stuttgart, das dank Daimler, Mahle, Bosch ökonomisch am Verbrenner hängt wie keine andere Metropole. Weitere Städte werden folgen.

Die Zeit ist reif fürs elektrische Fahren. Peter Terium, Chef des Stromversorgers Innoogy, ist sich „sicher, dass das E-Auto kurz vor dem Durchbruch steht“. Der Ansicht schließen sich inzwischen fast alle Autochefs an, von VW-Markenboss Herbert Diess über GM-Chefin Mary Barra bis Daimlers Dieter Zetsche. Alle setzen auf den raschen Durchbruch der Stromer, auch wenn die Zahlen noch ernüchternd sind: 26 000 reine E-Autos fahren in Deutschland; die Kaufprämie von 4000 Euro ist ein Flop: Nur 11 000 Mal wurde sie seit Juli 2016 abgerufen.

Doch das dürfte sich bald ändern. „Die Leute sind im Prinzip bereit fürs E-Auto“, glaubt Stefan Bratzel, Leiter des Center of Automotive Management. Zumal in den kommenden 24 Monaten viele neue Modelle auf den Markt kommen, die bessere Reichweiten mit günstigen Preise verbinden (siehe Seite 12). Ob die Nachfrage dann anzieht, hängt entscheidend vom Vertrauen der Verbraucher ab. „Noch sind sie verunsichert“, sagt Bratzel, „was kostet es? Droht man noch liegen zu bleiben, weil die Reichweite fehlt und es an Ladesäulen mangelt?“

Am heftigsten tobt die Diskussion bei der Umweltfreundlichkeit: Ein E-Auto sei am Ende nicht ökologischer als etwa ein moderner Diesel, schreiben immer wieder auch die einschlägigen Fachorgane. Immerhin werde der Strom aus Kohle erzeugt.

Von der „Ökologische E-Auto“ ist die Rede, vom „Umweltkiller“. Um ideologiefrei Licht ins Dunkel zu bringen, hat die WirtschaftsWoche mit Experten gesprochen und Dut-

zende Studien gewälzt. Die Ergebnisse sind eindeutig.

1| Die Produktion

Bei der Berechnung ihres gesetzlich limitierten Flottenverbrauchs dürfen Autohersteller ihre E-Mobile beim

Ausstoß des Klimagiftes Kohlendioxid (CO₂) mit 0 Gramm CO₂ pro Kilometer ansetzen. Das ist natürlich nicht die ganze Wahrheit: Der Strom, den das E-Auto lädt, wird keineswegs CO₂-neutral produziert. CO₂ und Schadstoffe entstehen nicht nur beim Fahren, sondern schon beim Bau des Autos. „Wer wissen will, ob er mit einem E-Auto der Umwelt hilft, muss alle drei Phasen berücksichtigen: Produktion, Betrieb, Entsorgung“, sagt Michael Held. Der Ingenieur forscht am Fraunhofer-Institut IBP in Stuttgart zur Umweltbilanz von Autos.

Studien zeigen: Die Produktion eines E-Autos braucht mehr Ressourcen als die eines gleich großen Verbrenners. US-Forscher ermittelten 2015 im Schnitt acht Tonnen CO₂, die beim Bau eines E-Autos entstehen. Für vergleichbare Benziner kamen sie auf sieben Tonnen CO₂. In eine ähnliche Richtung weisen Berechnungen der TU Dresden.

Wie kommt das? Kernbauteil des Elektroautos ist sein Akku. Der macht es schwer und teuer. Die benötigten Metalle wie Kobalt, Lithium und Nickel zu schürfen und zu verarbeiten braucht viel Energie. Der 75-Kilowattstunden-Akku eines Tesla etwa, der gut 450 Kilometer Reichweite ermöglicht, benötigt allein 100 Kilo Kupfer. In einem Oberklassediesel dagegen stecken nur 20 Kilo Kupfer – im Wesentlichen in den Kabeln.

Grundsätzlich gilt: Je größer der Akku, desto schlechter die Umweltbilanz. „Viel Akkukapazität und Leistung sind zwar gute Verkaufsargumente, für die Fahrer ist Reichweite beruhigend“, sagt Held. Wer aber nur Kurzstrecken fährt, solle den Akku nicht überdimensionieren: „Das ist teuer und belastet die Umwelt mehr als nötig.“

Zwischenfazit 1: Verbrenner sind umweltschoner in der Herstellung.

2| Das Fahren

Rollt es erst einmal auf der Straße, ist ein E-Auto umweltfreundlicher als ein



Benziner oder Diesel. Giftige Stickoxide (NO_x), Benzol oder Kohlenmonoxid stößt es nicht aus. „Moderne Diesel machen da Probleme“, sagt Jörg Grotendorst, Bereichsleiter bei ZF Friedrichshafen. „Je mehr Leistung man bei gleichem Hubraum aus dem Motor holt, desto mehr Gifte entstehen, die sich nur schwer aus den Abgasen filtern lassen.“ Ob das E-Auto indirekt bei der Fahrt weniger CO₂ emittiert als ein Verbrenner, hängt vor allem am Strommix: Zu 100 Prozent mit Kohlestrom geladen, setzte das E-Auto auch bei der Fahrt mehr CO₂ frei als ein Verbrenner. In Deutschland aber stammen 30 Prozent des Stroms aus Erneuerbaren, 41 Prozent aus Kohle und 14 Prozent aus Atomstrom, der Rest aus Gas und Öl. Von den Industrieländern verstromen lediglich China und Australien so viel Kohle, dass ein E-Auto dort beim Fahren indirekt mehr CO₂ freisetzt als ein Verbrenner. Will man die indirekten CO₂-Emissionen von E-Autos beim Fahren mit den direkten von Verbrennern vergleichen, muss man zunächst den Stromverbrauch pro Kilometer ermitteln. Statt theoretischer Laborwerte haben wir uns empirisch ermittelte, echter Verbrauchsdaten bedient: Die IT-Beratung bridgingIT nutzt seit 2014 E-Autos im Außendienst. 24 Tesla Model S laufen dort als Firmenwagen – im Alltagsbetrieb. Gut 1,3

Millionen Kilometer sind die IT-Berater seit Mitte 2014 rein elektrisch gefahrenen. „Im Schnitt haben wir einen Verbrauch von 22,8 Kilowattstunden pro 100 Kilometer“, sagt Geschäftsführer Klaus Baumgärtner.

Bei der Produktion einer Kilowattstunde (kWh) deutschen Durchschnittstroms entstehen 569 Gramm CO₂. Bezogen auf den Verbrauch der Tesla entspricht das 131 Gramm CO₂ je Kilometer. Das ist rund die Hälfte des CO₂-Ausstoßes eines vergleichbaren Benziners. Kleinere E-Autos wie der Renault Zoe emittieren nur 80 Gramm CO₂ je Kilometer. Sie erreichen also fast die Werte des umweltfreundlichsten Verkehrsmittels Bahn, das indirekt 52 Gramm je Personenkilometer hinterlässt. Im Durchschnitt lag in einer Studie des Bundesverkehrsministeriums (BMVI) der Stromverbrauch von 735 E-Autos verschiedenster Typen und Größen zwischen 13,1 (Kleinwagen) und 24 kWh (Lieferwagen). Die oft erhobene Behauptung, ein E-Auto emittiere mehr CO₂ als ein Diesel, ist also schlicht falsch.

Neben dem Strommix bestimmt auch das Fahrverhalten, nach wie vielen Kilometern das E-Auto den Verbrenner in der Gesamtumweltbilanz einholt: Während ein Verbrennungsmotor seine maximale Energieeffizienz auf Langstrecken erreicht, ist es beim

Elektroauto umgekehrt: Im Stadtverkehr holt es sich durch das häufige Abbremsen mit dem E-Motor (der dann zum Generator wird) viel Energie zurück. In der BMVI-Studie fiel die CO₂-Bilanz der 735 E-Autos im Schnitt nach 59 000 Kilometern besser aus als die der Benziner in der Vergleichsgruppe. Die meisten E-Autos holen also ihren CO₂-Rückstand aus der Produktion im Laufe der Lebensdauer auf. Mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen betankt, hat das E-Auto schon nach 20 000 Kilometern weniger CO₂ emittiert als ein Benziner.

Zwischenfazit 2: Für Vielfahrer und auf Kurz- und Mittelstrecken sind Elektroautos besonders sinnvoll – also etwa für Pendler, Taxis, Pflegedienste oder Handwerker.

3| Das Ende auf dem Schrott

Die große Unbekannte ist der Akku: Hält er ein Autoleben durch, oder muss er ersetzt werden? „Ein Tausch würde die Umweltbilanz des Autos verschlechtern“, so Held. Noch gibt es kaum Langzeitdaten. Eine Studie des US-

Automobilclubs AAA ergab aber, dass nach acht Jahren noch fast alle E-Autos mit dem ersten Akku fahren. Die Umfrage richtete sich an 900 Besitzer von Tesla Roadstern, eines der ersten Autos mit der auch heute gebräuchlichen Li-Ionen-Technik. Im Schnitt hatten sie noch 93 Prozent ihrer Ladekapazität.

Im E-Auto müssen Akkus mit häufigen und tiefen Ladezyklen klarkommen. Schaffen sie das nicht mehr, bleibt die Zweitverwertung: „Gebrauchte Auto-Akkus lassen sich für weniger anspruchsvolle Zwecke nutzen“, sagt Held, „etwa als Zwischenspeicher in Ökostromnetzen.“ Ist es auch damit vorbei, lassen sich Akkus recyceln, wenn auch mit hohem Aufwand. Grundsätzlich aber sind die darin verbauten Materialien wertvoll. Japanische Forscher erwarten, dass die Akku-Hersteller bald große Recyclingfabriken bauen und so die Kosten sinken werden. Darauf wird Designer Muckenschnabl nicht mehr warten. Er hat sich ein E-Auto eines japanischen Herstellers bestellt. Draufzahlen muss er für das gute Umweltgewissen übrigens nicht: Sauber gerechnet – mit Anschaffung, Wertverlust, Wartung, Versicherung, Steuer und Kraftstoff- oder Stromkosten – fährt das E-Auto schon günstiger als der gleich große Verbrenner (siehe Tabelle). ■

Elektro ist billiger und sauberer

Umweltbilanz und Gesamtkosten von E-Autos und vergleichbaren Verbrennern

Modell	Kompaktklasse		Oberklasse	
	Benzin	Elektro ¹	Benzin	Elektro ¹
	Nissan Pulsar	Nissan Leaf	BMW 535 i	Tesla Model S 75 D
Umwelt				
CO ₂ bei der Herstellung	5300 kg	6900 kg	7400 kg	9400 kg
CO ₂ pro 100 Kilometer ²	21,1 kg	10,9 kg	34,0 kg	16,8 kg
CO₂-Bilanz insgesamt³	49 Tonnen	29 Tonnen	75 Tonnen	43 Tonnen
Verbrauch in Litern/kWh je 100 km	6,5 Liter	18,2 kWh	10,7 Liter	22,8 kWh
Sprit-/Stromkosten je 100 km ⁴	9,10 Euro	5,20 Euro	14,98 Euro	6,41 Euro
Umweltbilanz E-Auto ist besser ab		ca. 36 000 km		ca. 27 000 km
Kosten				
Kaufpreis in Euro	25 860 Euro	34 785 Euro ⁵	59 000 Euro	92 320 Euro
Wertverlust in 4 Jahren ⁶	15 500 Euro	19 000 Euro	26 000 Euro	28 000 Euro
Steuern 4 Jahre	290 Euro	0	876 Euro	0
Versicherung 4 Jahre	2763 Euro	2440 Euro	3850 Euro	3660 Euro
Wartung 4 Jahre	3650 Euro	2300 Euro	5150 Euro	2600 Euro
Sprit-/Stromkosten 4 Jahre ⁷	6090 Euro	2876 Euro	8890 Euro	3602 Euro
Gesamtkosten (TCO) 4 Jahre inklusive Wertverlust	28 293 Euro	26 682 Euro	44 766 Euro	37 860 Euro

¹ = reiner Akku-Betrieb (BEV), kein Hybrid; ² = deutscher Strommix (30 % Erneuerbare, 41 % Kohle, 14 % Kernenergie, 9 % Gas, 6 % restliche), Wert = CO₂ bei Fahrt + CO₂ durch Förderung und Bereitstellung des Treibstoffs bzw. Stroms (well-to-wheel); ³ = Gesamtemission aus Herstellung, Betrieb, Verschrottung, inklusive Akku, bei 200 000 km Laufleistung bis zur Verschrottung; ⁴ = bei einem Strompreis von 29 Cent/kWh und 1,29 Euro je Liter Superbenzin/1,16 Euro je Liter Diesel; reale, empirisch ermittelte Verbrauchswerte, keine Laborwerte ⁵ = aktueller staatlicher Kaufanreiz (4000 Euro) noch nicht eingerechnet; ⁶ = inklusive Abschreibung auf Akku und Heim-Ladestation (Wallbox); ⁷ = bei jährlich 15 000 km

Quellen: Fraunhofer-Institut, P3 Automotive, Bundesamt f. Umwelt, Bundesamt f. Energie, Bundesministerium f. Verkehr, Bundesamt f. Statistik, Union of Concerned Scientists, TU Dresden, Shell Deutschland, Bridging IT

stefan.hajek@wiwo.de