

„Was haben ein Fußball und ein Fass gemeinsam?“ oder „Warum läuft das Fass nicht über?“

Liebe Leserinnen und Leser,

vielleicht haben Sie auch aus aktuellen Umfragen in Deutschland zur „E-Mobilität“ entnommen, dass 2021 mittlerweile **über 60% der Befragten** gewisse **Zweifel an der Umweltfreundlichkeit von Elektrofahrzeugen äußerten**, (acatech, 2020; focus, 2021). Und dieser Trend ist seit einigen Jahren merklich steigend.

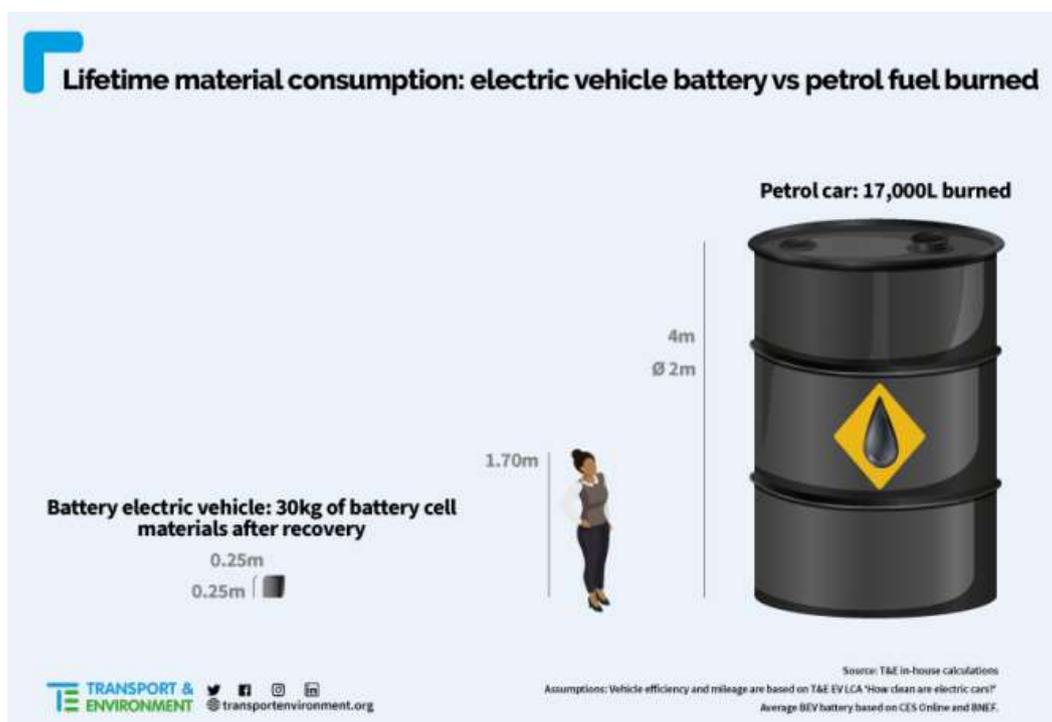


Bild 1: „Wenn es um Rohstoffe geht, gibt es einfach keinen Vergleich. Während seiner Lebensdauer verbrennt ein durchschnittliches Auto mit fossilen Brennstoffen das Äquivalent eines 25-stöckigen Stapels Ölfässer. Wenn Sie das Recycling von Batteriematerial berücksichtigen, gehen nur etwa 30 kg Metall verloren - ungefähr so groß wie ein Fußball“, (Mathieu et al., 2021, Seite 7; Hargreaves, 2021b)

Im Oktober 2020 veröffentlichte bspw. die *deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech* zum zweiten Mal ihren „Mobilitätsmonitor“, eine repräsentative Bevölkerungsumfrage, die das beauftragte Institut für Demoskopie *IfD Allensbach* durchführte. Ein Teilergebnis dieser Befragung: **„Mit 59 Prozent bezweifeln sogar mehr Befragte als noch im Vorjahr (48 Prozent), dass das E-Auto wirklich eine umweltverträgliche Alternative ist.“**, (acatech, 2020b, Diagramm 12).

Das Nachrichtenmagazin *focus online* (2021) ergänzte am letzten Mittwoch in einem Artikel mit dem Titel **„Mehrheit will kein Elektroauto kaufen und zweifelt stark am ökologischen Nutzen“** u.a.: *„Dieser Vorbehalt tauchte bundesweit vor drei Jahren in den Umfragen noch nicht auf, er wird mittlerweile von deutlich mehr als der Hälfte der Bundesbürger genannt.“*

Am 20. März meldete auch die *FAZ* einen in dieses Bild passenden, noch differenzierenden Trend aus einer Repräsentativumfrage des Marktforschungsinstituts *GfK* für die *Deutsche Automobil Treuhand DAT*: **„Seine angebliche Umweltfreundlichkeit im Fahrbetrieb bezweifeln 16 Prozent (2019: 14 Prozent) und während des Produktionsprozesses sogar, wie im Vorjahr, 47 Prozent.“**, (Mayer, 2021).

Diesem negativen Meinungstrend in der Öffentlichkeit tritt nun **„Transport & Environment“**, ein europäischer Dachverband von NGOs aus dem nachhaltigen Verkehrsbereich, mit **„bewährten Mitteln“** entgegen. Manche erinnern sich vielleicht noch an die „deftige These“ von den **„15 größten Schiffen, die mehr Dreck machen als alle Autos der Welt zusammen“**. Solche plakativen Größenvergleiche sind gefragt und werden in sozialen Medien und an Stammtischen mit Freude kolportiert.

Angeblich soll das ursprüngliche Zitat des *NABU* aus dem Jahr 2012 ja lauten: **„Die 15 größten Seeschiffe der Welt stoßen jährlich mehr schädliche Schwefeloxide aus als alle 760 Millionen Autos weltweit“**, (Asendorpf, 2017). Im Laufe der Zeit wurden die Oxide des Schwefels ersetzt durch CO₂, weitere Schadstoffe oder - noch viel einfacher zu merken - durch den Begriff „Dreck“. Da gerade dieses Zitat aus den Kampagnen des *NABU* aber so gut in der Öffentlichkeit ankam, wurde bei den Naturschützern fleißig weiter potenziert und neue sensationsheischende Rechenresultate und Referenzgrößen aufgestellt wie bspw. *„Ein einziger Ozeanriese stößt auf einer Kreuzfahrt so viele Schadstoffe aus wie fünf Millionen Pkw auf gleicher Strecke“*.

Besonders interessant auch die nachfolgende „Emissionsrechnung“ des *NABU* und der Kommentar von *D. Asendorpf* darauf in *zeit online* zsn. *„Die Zahl (Anm. d. Autors: i.e. die 5 Millionen) haben wir gewichtet nach der Bedeutung der Schadstoffe grob als Quersumme ermittelt“*, erläutert *Dietmar Oeliger*, Leiter der *Nabu-Abteilung Verkehrspolitik*. **Man hat also Äpfel, Birnen, Kirschen und Tomaten irgendwie zusammengezählt und durch vier geteilt**. *Oeliger weiß, dass so etwas unseriös ist. Man verwende das Ergebnis deshalb auch nur, „wenn Medien eine plakative, einfach zu verwendende Zahl möchten“*, (Asendorpf, 2017). Nach *D. Asendorpfs* Recherchen waren jedoch diese **Berechnungen des NABU bereits 2012 falsch**, da u.a. die Zahl der Pkw weltweit damals schon bei ca. 1,25 Milliarden statt 760 Millionen lag.

Beim Lesen der aktuellen Studie von *Transport und Environment T & E* (Mathieu et al., 2021) Anfang März mit dem fragwürdigen Titel **„Batterien gegen Öl: Ein Vergleich des Rohstoffbedarfs“** fühlte ich mich sogleich an die geschilderte frühere Vorgehensweise und „Rechenexempel“ des *NABU* erinnert.

Offensichtlich vermissen gewisse Organisationen bei den mittlerweile im Überfluß publizierten CO₂-Bilanzen und Life-Cycle-Assessments LCA den erwarteten Erfolg in der Öffentlichkeit bzw. bei potentiellen Autokäufern. Das ist nachvollziehbar, **denn irgendwie ist man die ewigen Pressemeldungen leid von den „x Tonnen CO₂“, die das BEV je nach getroffenen Annahmen einsparen soll oder auch die je nach Quelle stark differierenden Behauptungen zur „Fahrleistung y km“ bis zu jenem Breakeven-Point, ab dem das BEV den Pkw mit konventionellem Verbrennungsmotor überflügelt.**

Neue Bewertungsmaßstäbe mit Hilfe verbrauchter Massen oder Volumina an Rohstoffen könnten nach Meinung von T&E Abwechslung und vor allem Verbesserung der Akzeptanz bringen. Und in der Tat erfahren wir bspw. aus Bild 1 vom Autor dieser aktuellen

T&E Studie, dass der Verlust an Rohstoffen während eines BEV-Lebens nur ganze 30 kg (= etwa das Volumen eines Fußballs) beträgt, während bspw. ein Benzin-Pkw sage und schreibe 17000 Liter Kraftstoff unwiederbringlich „in die Luft geblasen hat“.

Auf den ersten Blick zunächst und vom „Bauchgefühl“ her erschienen mir die in Bild 1 gezeigten Dimensionen dieses Ölfasses (2m Durchmesser, 4m Höhe) etwas zu klein, um das angesagte Volumen von 17000 Litern Benzin aufzunehmen. In der Tat benötigt man bei diesen Behälterabmessungen zur Berechnung des Volumens nicht einmal einen Taschenrechner. Das Volumen dieses Ölfasses in Litern ergibt sich einfach zu 4000π und damit etwa 12600 Litern. **Da gehen wohl 4600 Liter Benzin daneben? Merkwürdig auch die Angabe des „25-stöckigen Stapels an Ölfässern“ von T&E Studienautor L. Mathieu in Bild 1? 25 Barrel aufeinander gestapelt ergeben nach meiner Rechnung aber lediglich 22 m Höhe. 17000 Liter entsprechen jedoch knapp 107 Barrel Öl. Bei einer Fasshöhe von 0,88 m wäre dieser Stapel dann allerdings 94 m hoch?**

Unter Berücksichtigung des Recyclings der Batteriezellenmaterialien und der Rückgewinnung des größten Teils des Metallgehalts berechnet T & E, wie viel während der Lebensdauer eines Elektrofahrzeugs „verbraucht“ oder „verloren“ wird. Nach dem derzeitigen Ziel der EU für die Recycling-Rückgewinnungsrate würden rund 30 Kilogramm Metalle verloren gehen (d.h nicht zurückgewonnen werden). Das ist ungefähr so groß wie ein Fußball. Im Gegensatz dazu zeigt die Studie, dass das Gewicht von Benzin oder Diesel, das während der durchschnittlichen Lebensdauer eines Fahrzeugs verbrannt wird, etwa 300- bis 400-mal höher ist als die Gesamtmenge der "verlorenen" Batteriezellenmetalle. Während seiner Lebensdauer verbrennt ein durchschnittliches ICE-Auto fast 17.000 Liter Benzin, was einem 90 m hohen Stapel Ölfässer entspricht“, so Sam Hargreaves (2021a) von Transport & Environment in einer Pressemitteilung am 1. März 2021.

Zumindest besitzt nach den vorhergehenden Ausführungen von S. Hargreaves nun der Fässer-Stapel statt der falschen 22m (Bild 1) die korrekte Höhe von etwa 90m. **Aber wie hilfreich oder besser zulässig ist ein solcher Vergleich überhaupt?** Ein Vergleich zwischen BEV und ICE allein auf Basis des Gewichts oder Volumen der jeweiligen Rohstoffe ohne Berücksichtigung weiterer wichtiger Aspekte wie u.a. Ressourcen und Reserven?

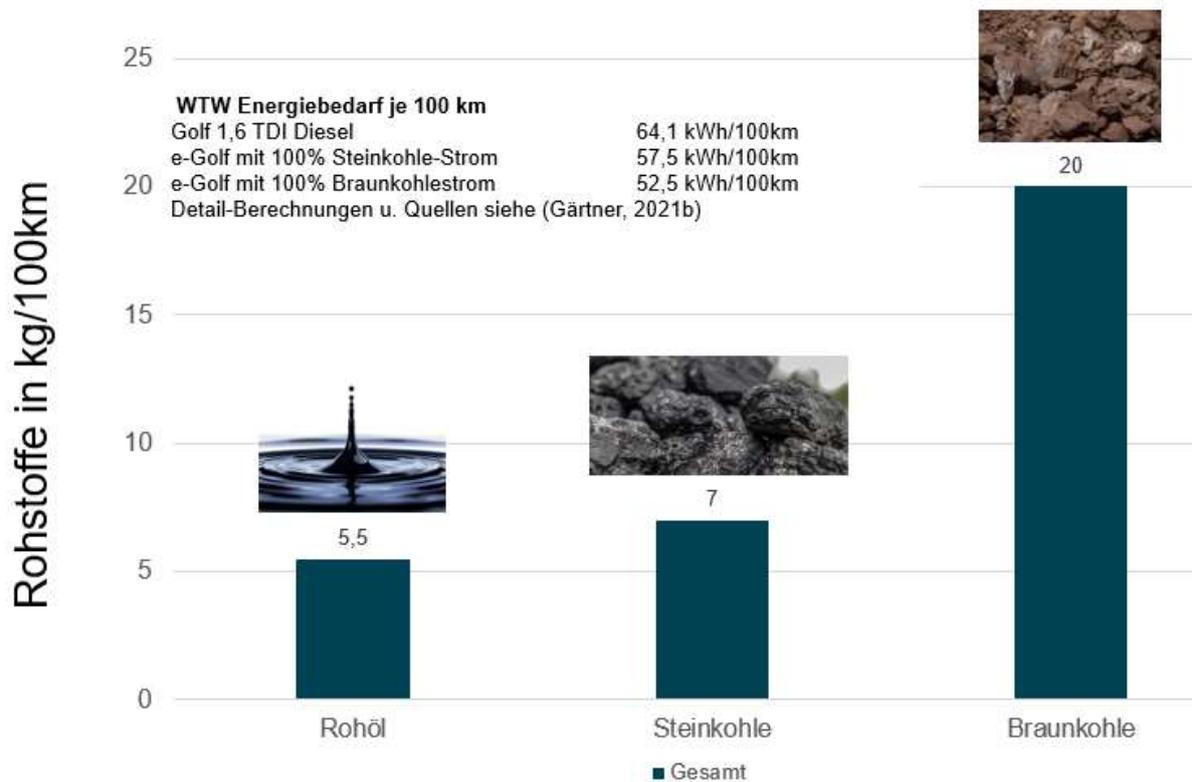


Bild 2: Bedarf an Rohstoffen für 100 km Fahrstrecke (eigene Berechnung)

Bei der Annahme eines Benzinverbrauchs von 17000 l über die gesamte Lebensdauer gehen die Studienautoren der T&E von einem Fahrzeug der Klasse „Medium Car or Segment C“ aus (bspw. Golf oder ID.3) mit einer Laufleistung von 225000 km und einem Kraftstoffverbrauch von 7,5 l/100km, (Mathieu, 2020, Seiten 9 und 29). Für den Diesel-Pkw wurde mit 6 l/100km, für das BEV mit einem Stromverbrauch von 17,5 kWh/100km gerechnet.

Sehr fragwürdig bei diesem Vergleich der „Masse und Volumina verbrauchter Rohstoffe“ nach Bild 1 ist die Annahme von T&E, dass das BEV keinerlei Rohstoffe zur Erzeugung des Fahrstroms verbraucht? **Aktuell und auch noch nach 2030 wird dieser Strom zumindest partiell doch in kalorischen Kraftwerken erzeugt werden. Man muss davon ausgehen, dass diese Kraftwerke zumindest in Deutschland aber auch in Polen (der Vergleich mit Polen taucht in der T&E Studie mehrfach auf) mit Steinkohle oder Braunkohle betrieben werden.** Allein der Vergleich der massebezogenen unteren Heizwerte dieser Primärrohstoffe (Rohöl 41,9 MJ/kg, Steinkohle etwa 29 MJ/kg, Braunkohle ca. 9,5 MJ/kg) verdeutlicht, dass bspw. bei Verwendung reinen Braunkohlestroms der Bedarf an Rohstoff 4 bis 5 höher ist als bei der Energieumwandlung von Rohöl, wenn man für diesen Prozess in erster Näherung gleiche Wirkungsgrade annimmt.

In meiner letzten Abhandlung (Gärtner, 2021b, Bild 7) habe ich im Detail den Well-to-Wheel Energiebedarf für einen Golf Diesel 1.6 TDI und einen e-Golf, „betankt“ mit Strom aus Steinkohle, Braunkohle, Erdgas und Mineralöl aufgezeigt unter Berücksichtigung von Wirkungsgraden, Netzverlusten und den jeweiligen Vorketten. Bild 2 illustriert in Ergänzung dazu die jeweiligen benötigten Massen an Rohstoffen für 100 Fahrkilometer. **Diese Werte reduzieren sich natürlich, wenn man die Entwicklung der länderspezifischen Strommische in die Rechnung mit einbezieht.** In Polen bspw. ist aber nach Recherchen von T&E (Mathieu, 2020, Seite 25, Bild 9) selbst im Jahr 2030 noch mit einem CO₂e-Emissionsfaktor

von 500 g/kWh im polnischen Strommix zu rechnen. Beispielsweise würde so bei der Verstromung von Braunkohle für BEV immer noch etwa die doppelte Rohstoffmenge im Vergleich zu Erdöl benötigt.

				
		Golf 7 1.6 TDI	e-Golf	e-Golf
Fzg. Herstellung	g/km CO2e	29	37	37
Batterie-Herstellung	g/km CO2e		20	20
Verbrauch Diesel	l/100km	5,4		
CO2e Dieselverbrennung inkl. Vorkette	g/l CO2e	3310		
Verbrauch Strom	kWh/100 km		17,3	17,3
Strom aus Kohle	g/kWh CO2e		1000	1150
Fahrbetrieb	g/km CO2e	179	173	199
Summen	g/km CO2e	208	230	256

Bild 3: Vergleich der spezifischen CO2e Emissionen eines Diesel-Pkw und eines BEV (eigene Berechnung mit Daten von VW Volkswagen, ADAC, spritmonitor, A. Hoekstra)

Ergänzend zu diesen m.E. absurden massebezogenen Rohstoff-Vergleiche findet man bei *Transport & Environment* aber auch die „klassischen“ CO2-Bilanzen unter Berücksichtigung von Fahrzeugproduktion, Batterie-Herstellung und Fahrbetrieb. T&E Studienautor *L. Mathieu* behauptet zum Thema CO2 in seiner Zusammenfassung (Mathieu, 2020, Seite 21): *“The potential of electric cars to mitigate CO₂ emissions is crystal clear: on average EVs are close to three times cleaner than diesel and petrol cars today. Discussing whether or not coal-fuelled electric cars are better or worse for the climate than conventional cars is no longer relevant (EVs are 30% cleaner even then).“*

Dass wenigstens die letztere Schlußfolgerung völlig an der Realität vorbeigeht, illustriert Bild 3. Betrachtet man lediglich den benötigten Fahrstrom, kann man zumindest bei der Verstromung von Steinkohle noch von etwa gleich CO2e-Emissionen bei ICE und BEV ausgehen, wie ich bereits in (Gärtner, 2021a) ausgeführt hatte. Beim Einsatz von Braunkohle liegen die CO2e-Emissionen schon über 10% höher. **Addiert man nun noch die CO2e-Emission aus der Fahrzeugproduktion und der Batterieherstellung nach Hersteller-Angaben hinzu (Gärtner, 2021c), steht pro gefahrenen Kilometer das BEV gut 10% (bei Steinkohle) und etwa 23% (bei Braunkohle) schlechter dar als ein konventionelles Fahrzeug.** Und dieses Negativergebnis umfasst jetzt nur die CO2- äquivalenten Belastungen. Einen ersten Vergleich des Diesel-Pkw mit einem BEV, das Fahrstrom aus Kohlekraftwerken bezieht, hatte ich bereits in (Gärtner, 2021a) hinsichtlich der Stickoxid-, Feinstaub und Schwefel-Belastung dargestellt.

Ein BEV sei „fast 3x sauberer als ein Diesel oder Benzin-Pkw“ behauptet *L. Mathieu* (2020, Seite 21) von *Transport & Environment*. Leider klaffen hier das Zukunftsdenken einiger NGO und die Realität weit auseinander. Bild 4 verdeutlicht diesen Sachverhalt aufgrund aktueller LCA's von Volkswagen und Volvo/Geely bei einem kumulierten CO2e-Vergleich zwischen dem ID.3 und dem Polestar2 und vergleichbaren konventionellen Fahrzeugen, dem Golf 8 Diesel und dem Volvo XC40, (Bolin, 2020; Gärtner, 2021c; Gernuks, 2020; Volkswagen, 2019).

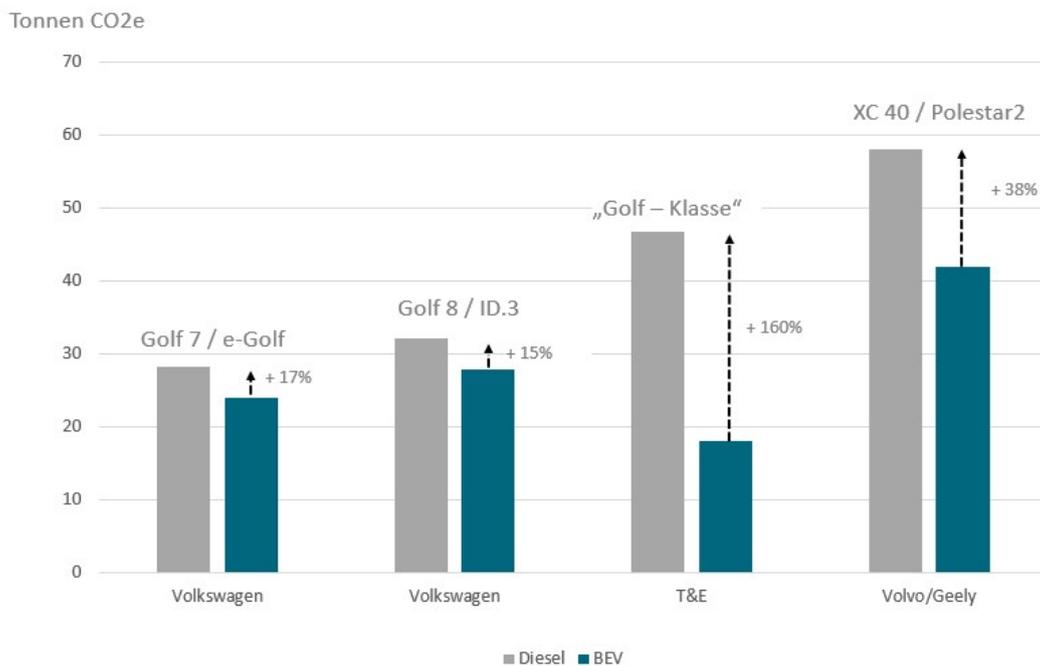


Bild 4: Vergleich der kumulierten CO₂e Emissionen aktueller BEV und Vergleich mit Diesel-Referenzfahrzeugen (nach Hersteller-Angaben), (Gärtner, 2021c; Mathieu, 2020)

Alle Betrachtungen in Bild 4 basieren nach Angaben der Autoren auf dem europäischen Strommix und einer einheitlichen Fahrleistung von insgesamt 200000 km. Worin nun genau die Unterschiede bestehen zwischen den Zukunftsvisionen von T&E und den LCA-Resultaten der Fahrzeughersteller, habe ich noch nicht im Detail analysiert.

Auf den ersten Blick fällt aber gleich auf, dass T&E bspw. bei der Fahrzeugherstellung (exkl. Batterie!) davon ausgeht, bei der Produktion eines BEV werde weniger CO₂e emittiert als bei einem konventionellen Fahrzeug, (Mathieu, 2020, Seite 2). L. Mathieu von T&E zitiert hierzu eine Untersuchung des englischen Engineering-Dienstleisters Ricardo aus dem Jahr 2011, aus der der T&E Studienautor eine CO₂-Mehremission von ca. 11% bei konventionellen Fahrzeugen im Vergleich zu BEV errechnet. Sein Rechenergebnis steht allerdings im krassen Widerspruch zu den aktuellen Angaben der Hersteller, siehe bspw. (Gärtner, 2021c). Aber allein dadurch ist der extreme Unterschied von 15 bis 18 Tonnen CO₂e (!) - siehe Bild 4, graue Balken - zwischen den Zahlen von VW Volkswagen und T&E für den Lebenszyklus eines Diesel-Pkw der „Golf-Klasse“ kaum zu erklären.

Generell erhebt sich die Frage, warum insbesondere die Studienergebnisse sogenannter NGO in merklicher Diskrepanz zu den Resultaten der Hersteller stehen? T&E ist kein Einzelfall. Im August 2020 erschien bspw. eine Studie von A. Hoekstra von der TU Eindhoven/NL, die ähnliche Vorteile für das BEV „enthüllte“. Beauftragt und finanziert wurde diese niederländische Untersuchung von der Bundestagsfraktion Bündnis90/Die Grünen.

Vielleicht liegt es ja auch mit an solchen fragwürdigen Vorteilen des BEV, das die E-Mobilität in der Mehrheit der Bevölkerung aktuell eher noch auf Ablehnung stösst, Bild 5.

Bisher kein Durchbruch von E-Mobilität in der Bevölkerung



Frage: "Käme es für Sie in Frage, in den nächsten Jahren ein Elektroauto zu kaufen, oder käme das für Sie (eher) nicht in Frage?"



© IfD Allensbach

Basis: Bundesrepublik Deutschland, Bevölkerung ab 16 Jahre
Quelle: Allensbacher Archiv, IfD-Umfragen, zuletzt 12/2019

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Bild 5: Umfrageergebnis des IfD Allensbach im Auftrag der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften im Oktober 2020, (acatech, 2020b)

Literaturverzeichnis

Acatech (2020a). *Trotz Corona: Deutsche wünschen sich klimagerechte und zukunftsweisende Mobilität*. Presseinformation der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften vom 13. Oktober 2020. Abgerufen von https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2020/10/PI_Mobilitaetsmonitor-2020.pdf

Acatech (2020b). *Mobilitätsmonitor 2020*. Abgerufen am 19. März 2021 von https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2020/10/Ergebnispraesentation_Grafiken_mit_Logo_2.pdf

Asendorpf, D. (2017). *Kreuzfahrt mit Schwefel*. DIE ZEIT Nr. 36/2017, 31. August 2017. Abgerufen von <https://www.zeit.de/2017/36/kreuzfahrtschiffe-co2-ausstoss-dreck>

Bolin, L. (2020). *Life cycle assessment — Carbon footprint of Polestar 2*. Abgerufen am 02. Februar 2021, von <https://www.polestar.com/dato-assets/11286/1600176185-20200915polestarlcafinala.pdf>

Focus (2021). *Mehrheit will kein Elektroauto kaufen und zweifelt stark am ökologischen Nutzen*. Abgerufen am 18. März 2021, von https://www.focus.de/auto/elektroauto/news/image-problem-mehrheit-will-kein-elektroauto-und-zweifelt-stark-am-oekologischen-nutzen_id_13086190.htmlwww.gaencon.de/aktuelles/

Gärtner, U. (2020a). „*Grundlose Benachteiligung des Elektrofahrzeugs? - Unrealistische Annahmen beim Spritverbrauch*“. Abgerufen von <https://www.gaencon.de/Aktuelles/>

Gärtner, U. (2020b). *Vor den ersten 100 km hat ein Diesel-Pkw bereits 42 kWh Strom verbraucht?* Abgerufen von www.gaencon.de/aktuelles/

Gärtner, U. (2021a). „Abgesehen davon, dass ein Kohlekraftwerk deutlich effizienter arbeitet, was den Wirkungsgrad und die Emissionen angeht, als wenn man Sprit in Millionen von Motoren verbrennt...“. Abgerufen von www.gaencon.de/aktuelles/

Gärtner, U. (2021b). „Sapere aude! – Zur Faktendarstellung und über Wissenserwerb in narrativen Erklärungs- und Präsentationsfilmen bei YouTube (Teil 1)“. Abgerufen von www.gaencon.de/aktuelles/

Gärtner, U. (2021c). „Ich dachte, das sind viel weniger Teile, die ein BEV braucht?“ Abgerufen von www.gaencon.de/aktuelles/

Gernuks, M., Bäuml, G., Schüler, M., Lösche-ter Horst T., Hofmann, L., & Halubek, P. (2020). CO2-Bilanz von E-Fahrzeugen. Volkswagen AG, Konzern Forschung und Entwicklung. Abgerufen von <https://www.vdi.de/news/detail/co2-bilanz-von-e-fahrzeugen>

Mathieu, L. (2020). *How clean are electric cars?*. Transport & Environment, April 2020. Abgerufen von <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/T%26E%E2%80%99s%20EV%20life%20cycle%20analysis%20LCA.pdf>

Mathieu, L. & Mattea, C. (2021). *From dirty oil to clean batteries*. Transport & Environment. Abgerufen von https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2021_02_Battery_raw_materials_report_final.pdf

Mayer, H. (2021). *Die Skepsis gegenüber dem Elektroauto nimmt zu*. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 20. März 2021. Abgerufen von

Hargreaves, S. (2021a). *Batterien gegen Öl: Ein Vergleich des Rohstoffbedarfs*. Abgerufen am 19. März 2021, von <https://www.transportenvironment.org/publications/batteries-vs-oil-comparison-raw-material-needs>

Hargreaves, S. (2021b). *Elektroautobatterien benötigen weit weniger Rohstoffe als Autos mit fossilen Brennstoffen – Studie*. Abgerufen am 19. März 2021, von <https://www.transportenvironment.org/press/electric-car-batteries-need-far-less-raw-materials-fossil-fuel-cars-study>

Volkswagen (2019). *Klimabilanz von E-Fahrzeugen & Life Cycle Engineering*. Abgerufen von https://uploads.volkswagen-newsroom.com/system/production/uploaded_files/14448/file/da01b16ac9b580a3c8bc190ea2af27db4e0d4546/Klimabilanz_von_E-Fahrzeugen_Life_Cycle_Engineering.pdf?1556110703