

„Sind mehr als 2000 € pro Tonne CO₂ nicht ein wenig viel?“

fragte der Journalist C. Arnowski vom Bayerischen Rundfunk kürzlich in einem sozialen Netzwerk und startete damit eine sehr lebhaft Diskussion.

Hintergrund seiner Frage war eine aktuelle Publikation von Volkswagen (Gernuks et al., 2020) vom Dezember letzten Jahres in den VDI-Nachrichten, in dem u.a. der VW ID.3 in einem Vergleich zum Golf 8 Diesel gezeigt wurde, Bild 1. **Aus dieser Darstellung des Fahrzeugherstellers ergab sich ein CO₂e-Vorteil des BEV von „nur“ 4,3 Tonnen über die angenommene Lebensdauer von 200000km.** Herr Arnowski setzte diese Ersparung an Treibhausgasen dann ins Verhältnis zu der Fördersumme der Bundesregierung für dieses BEV in Höhe von 8380 € (BEV Prämie und Kfz-Steuerersparnis).

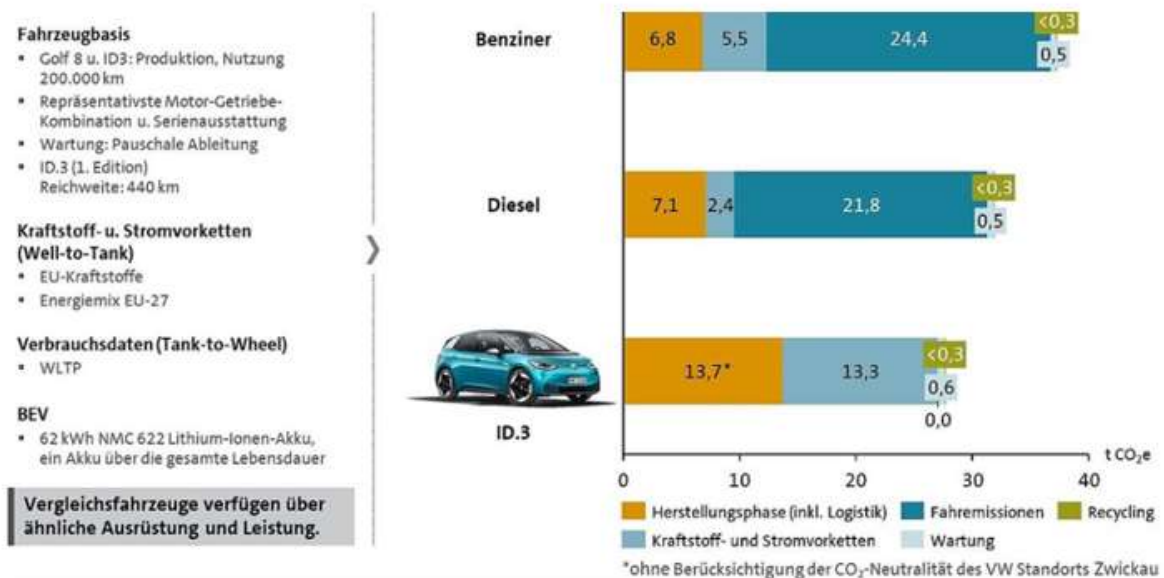


Bild 1: Vergleich der GHG – Emissionen über 200000 km für VW ID.3 und Referenzfahrzeug Golf 8, (Gernuks, 2020)

Eine Mehrheit der Kommentare zu seinen Ausführungen zeigte zum wiederholten Mal auf, wie hitzig, emotionsgeladen und vielfach ohne Faktenbasis die Diskussion um die Zukunft der individuellen Mobilität geführt wird.

Seit 2021 kostet in Deutschland eine Tonne CO₂ 25€. Dadurch soll lt. Bundesministerium für Umwelt BMU auch ein Anreiz zum Umstieg auf Elektromobilität geschaffen werden. **Sind es aber wirklich nur 4 Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent über einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren, die hier eingespart werden können?** Oder ist der VW Golf 8 Diesel als Referenzfahrzeug ein so guter Energiewandler?

Quelle/Jahr	Ersparnis (norm.) Tonnen CO2e	Strommix	Fahrzeuge ICE vs. BEV	Bemerkungen
(Buchal et al., 2019)	-3	Deutschland	MB C220d/Tesla 3	Ifo-Institut, Best Case
(Volkswagen, 2019)	-0,4	Deutschland	Golf 7/e-Golf	LCA Volkswagen
(ADAC, 2019)	0	Deutschland	"Golf-Klasse"	ADAC & Joaneum Research
(Volkswagen, 2019)	4,2	EU	Golf 7/e-Golf	LCA Volkswagen
(Gernuks et al., 2020)	4,3	EU	Golf 8/ID.3	LCA Volkswagen
(Meyer et al., 2019)	8	Deutschland	"Golf-Klasse"	AGORA, IFEU
(BMU, 2021)	10	Deutschland	"Golf-Klasse"	IFEU Berechnung
(Wietschel et al., 2019a)	13,8	Deutschland	"Kompaktklasse"	Fraunhofer ISI
(Regett et al., 2019)	14	Deutschland	"Golf-Klasse"	FFE, Benziner!
(Bolin, 2020)	16	EU	Volvo XC40/Polestar 2	LCA Volvo/Geely
(Hoekstra et al., 2020)	18	EU	Toyota Prius/e-Golf	TU Eindhoven
(Mathieu, 2020)	28,8	EU	Midsized Car	Transport & Environment T&E
(Hoekstra et al., 2020)	33,8	EU	MB C220d/Tesla 3	TU Eindhoven

Bild 2: Vergleich der eingesparten GHG-Emissionen durch BEV in Tonnen CO2e über 200000 km im Vergleich zu Diesel-Pkw (eigene Berechnung/Darstellung)

Wie ist die vergleichsweise geringe Einsparung aus der LCA von Volkswagen nun einzuordnen? Hierzu wurden in Bild 2 die Resultate verschiedener Studien aus den letzten beiden Jahren zusammengestellt. Aufgezeigt sind jeweils die absoluten Einsparungen an Treibhausgasen durch das BEV. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Ergebnisse -soweit von den jeweiligen Studienautoren nicht ohnehin für 200000 km angegeben - auf diesen Wert normiert. Weitere Umrechnungen wurden nicht vorgenommen. Die Referenzfahrzeuge sind mit Ausnahme des Benziners der Forschungsstelle für Energiewirtschaft FfE (Regett, 2019) dieselbetriebene Pkw. Einige Studien zeigen zusätzlich auch CO2-Bilanzen für benzinbetriebene Pkw auf. Hier sind die Einsparungen durch das Elektroauto noch etwas größer aufgrund der bekannten Verbrauchsunterschiede zwischen vergleichbaren Benzin- und Dieselantrieben im Fahrbetrieb.

Es handelt sich in dieser Aufstellung fast ausnahmslos um generische Fahrzeuge der sogenannten „Golfklasse“ bzw. direkt um konkrete Modellvarianten des VW Golfs. Eine Ausnahme bildet die durch die „Sinn-Studie“ (Buchal et al., 2019) bekannt gewordene Kombination von MB C220d und dem Tesla Modell 3. Diese Fahrzeugkombination bildet zugleich die größte Spanne zwischen den CO2e-Werten in meiner Auswertung nach Bild 2 dar und wurde gerade deshalb ausgewählt. Die Kombination Polestar2/Volvo XC40 wurde in Bild 2 übernommen, da hier wie bei Volkswagen eine LCA des Herstellers selbst vorliegt (Bolin, 2020) **und man davon ausgehen kann, dass diese Daten zumindest für die Herstellung der Fahrzeuge und die Batterieproduktion den aktuellen Stand der Fahrzeugtechnik wiedergeben.**

Man erkennt aus Bild 2 sofort **die große Streubreite** der Studienergebnisse **von fast 37 Tonnen CO2e im Extremfall** für den Mercedes-Benz C220d und den Tesla 3. Aber auch konkret im Falle des **e-Golfs von Volkswagen** existieren Differenzen von fast **18 Tonnen CO2e!**

3 Studien aus dem Jahr 2019 weisen **keinen bzw. gar einen negativen „Vorteil“ für das Elektroauto** aus, darunter auch Hersteller VW selbst für den e-Golf, der noch bis Mitte letzten Jahres produziert wurde, (Volkswagen, 2019).

Die Ursache dieser Ergebnisbreite liegt nicht ausschließlich in unterschiedlichen Methoden zur Berechnung des Kraftstoffverbrauchs bzw. Fahrstromverbrauchs. In einer früheren

Abhandlung hatte ich bereits ausgeführt, dass das negative Resultat der ifo-Studie (Buchal et al., 2019) allein durch die fehlerhafte Annahme der CO₂-Entstehung bei der Batterieproduktion des Tesla 3 zustande kommt, (Gärtner, 2020a; Gärtner, 2021b).

Aber auch bei der CO₂e-Bewertung für die Herstellung des Basisfahrzeugs ohne Berücksichtigung der Batterieproduktion existieren deutliche Unterschiede. Die NGO Transport & Environment T&E bspw. geht in ihrer Studie vom April 2020 (Mathieu, 2020) davon aus, dass die **Herstellung eines BEV weniger CO₂e verursacht** als die eines konventionellen Fahrzeugs. Dieser Vorgehensweise schlossen sich auch A. Hoekstra et al. (2020) von der TU Eindhoven an. Die 2019 erschienene Studie „Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“ der Agora Verkehrswende, die primär vom Institut für Energie- und Umwelttechnik IFEU in Heidelberg erarbeitet wurde, zeigt hingegen eine kleine, aber doch nicht vernachlässigbare Mehremission an Treibhausgasen aus. Die Herstellung eines BEV der „Golf-Klasse“ verursacht demnach etwa **0,3 bis 0,4 Tonnen CO₂e mehr**, (Meyer et al., 2019).

Deutlich höhere Zahlen publizierten schließlich die OEM wie Volvo/Geely und Volkswagen in ihren Ende 2020 erschienenen LCA (Bolin, 2020; Gernuks, 2020). **Hier reden wir von gut 3 Tonnen CO₂e mehr beim Polestar2 im Vergleich zum XC40 und gut 2 Tonnen mehr beim ID.3 im Vergleich zum konventionellen Golf 8.** Eine aktuelle Zusammenfassung von CO₂e-Daten aus der Herstellung verschiedener Fahrzeuge findet sich bei (Gärtner, 2021b, Bild 6).

Die gravierendsten Unterschiede zwischen den Resultaten in Bild 2 verursacht aber die unterschiedliche Methodik zur Berechnung des BEV Fahrstroms, wie ich schon 2020 in einem speziell diesem Thema gewidmeten Aufsatz verdeutlicht habe, (Gärtner, 2020b). So gingen bspw. die Autoren der ifo-Studie für den Fahrstrom des Tesla Modell 3 **vom deutschen Strommix** des Jahres 2018 mit 550 g/kWh CO₂e inkl. Vorketten und Netzverlusten aus, (Buchal et al., 2019).

„Alles in allem sollten **Elektrofahrzeuge, die 2020 in Europa verkauft werden, mit 250 g CO₂eq/kWh Elektrizität** (Anm. d. Verf.: 250 g als Durchschnittswert im europäischen Strommix zwischen 2020 und 2040) **über ihre gesamte Lebensdauer berechnet werden.**“ forderten hingegen die Autoren A. Hoekstra und M. Steinbuch in ihrer aktuellen Studie „*Vergleich der lebenslangen Treibhausgasemissionen von Elektroautos mit den Emissionen von Fahrzeugen mit Benzin- oder Dieselmotoren*“, (Hoekstra et al. 2020). Für das Vergleichsmodell Tesla 3 resultieren allein durch diese Annahmen bereits 300 g/kWh CO₂e Differenz zwischen den beiden Untersuchungen, was bei einem Strombedarf von ca. 20 kWh/100km und einer gesamten Laufleistung von 200000 km bereits **12 (!) Tonnen in der Bilanzierung des Fahrstroms** ausmacht.

Bei der Bewertung von Vergleichsstudien zwischen konventionellen Antrieben und BEV sollte beachtet werden, **ob die jeweilige Studie mit dem deutschen oder den europäischen Strommix arbeitet.** Letzterer bedeutet bekanntlich eine bessere CO₂-Bilanz für das Elektroauto. Der Unterschied betrug im Jahr 2020 bspw. nach der Darstellung in Bild 3 etwa 100 g/kWh CO₂e. Umgerechnet in Tonnen CO₂e bedeutete dies in der Bilanz bspw. für den e-Golf einen Vorteil von 23 g/km bzw. absolut etwa 4,6 Tonnen CO₂e, (Volkswagen, 2019; Gärtner, 2020db, Bild 2). Dies erklärt in Bild 2, oben auch die beiden unterschiedlichen Resultate in der LCA von Volkswagen für den Vergleich zwischen dem e-Golf und dem Golf 7 Diesel. Zieht man den deutschen Strommix heran, ist der e-Golf ja sogar geringfügig schlechter als der elektrifizierte Golf. Erst bei Verwendung des europäischen Strommix ergibt sich der zuvor genannte Benefit von gut 4 Tonnen CO₂e.

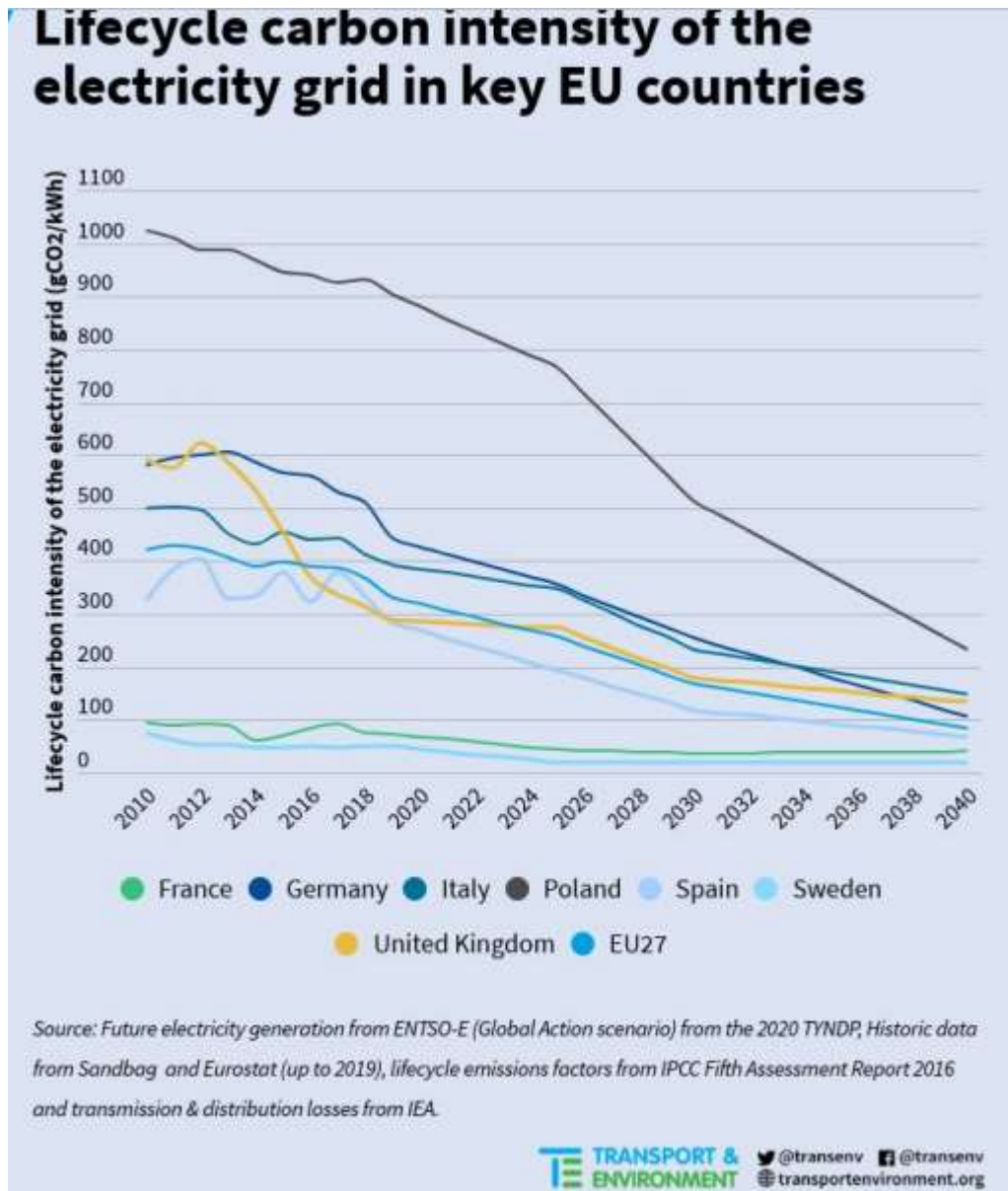


Bild 3: Historische Entwicklung des Strommix in der Europäischen Union und zukünftiger Trend (Mathieu, 2020)

Weitere Vorteile des BEV treten hervor, wenn über die gesamte Laufzeit der Emissionsfaktor im Strommix nicht als Konstante, sondern variabel über die kommenden Jahre angenommen wird. In (Gärtner, 2020b) habe ich diese Vorgehensweise bereits im Detail aufgezeigt. Welche Daten und Trends ausgewählte Studienautoren hierzu annehmen, geht exemplarisch aus Bild 4 hervor. Dieses Diagramm ist die evtl. schon bekannte, hier aktualisierte Version von Bild 5 aus (Gärtner, 2020b).



		CO2-Emissionsfaktor Strommix [g/kWh CO2e]							
Land	Forschungsinstitut/Hochschule/....	Bezugsjahr					Quelle	Anmerkung	
		2018	2019	2020	2030	2040			2050
	"IFO-Studie", "Sinn-Studie"	550						(Buchal, Karl & Sinn, 2019)	inkl. Vorketten + Netzverluste
	Fraunhofer ISI Karlsruhe			500	347			(Wietschel et al., 2019a)	inkl. Vorketten + Netzverluste
	ADAC		590		435		285	(Kroher, 2019)	inkl. Netzverluste
	Joanneum Research Graz		415		435		285	(Jungmeier, 2019)	inkl. Netzverluste
	Umweltbundesamt UBA	468	401					(Icha, 2020)	ohne Vorkette + Netzverluste
	Transport&Environment T&E			428				(Mathieu, 2020)	Vorkette?, Netzverluste?
	Fraunhofer ISI Karlsruhe	490			190	77		(Wietschel et al., 2019b)	ohne Vorkette + Netzverluste
Fraunhofer ISI Karlsruhe				222	112		(Wietschel et al., 2019b)	inkl. Netzverlust + Vorkette	
	TU Eindhoven			250	250	250		(Hoekstra & Steinbuch, 2020)	inkl. Vorketten + Netzverluste
	Transport&Environment T&E			319	168	84		(Mathieu, 2020)	Vorkette?, Netzverluste?
	TU Eindhoven		260			117		(Hoekstra & Steinbuch, 2020)	ohne Netzverlust/Vorkette
	European Environmental Agency		275		97			(EEA, 2020)	ohne Netzverlust/Vorkette

Bild 4: CO2e Emissionsfaktoren nach verschiedenen Quellen (aktualisierte Version des Bildes 5 in (Gärtner, 2020b))

Die Studie des Ifo erschien bspw. im Jahr 2019 und benutzte damals den bereits erwähnten Wert von 550 g/kWh CO2e zur Berechnung des Fahrstroms. Weiterhin ging man von einer jährlichen Fahrleistung von 15000 km und insgesamt von 150000 km. Der genannte Emissionsfaktor wurde dabei konstant gehalten und damit berücksichtigte diese Studie, wie auch viele andere Untersuchungen, spätere Verbesserungen des deutschen Strommix in den Folgejahren nicht. In Bild 3 aus (Gärtner, 2020b) hatte ich bspw. auf Basis der jährlich veröffentlichten Daten des Umweltbundesamts eine lineare jährlich Abnahme von ca. 10 g/kWh CO2e bis zum Jahr 2019 aufgezeigt. Es ist auch bekannt, dass der CO2-Emissionsfaktor nicht nur in Deutschland, sondern auch in Europa stetig sinkt, siehe exemplarisch Bild 3. *Wietschel et al.* vom Fraunhofer ISI, Karlsruhe bspw. gehen in den Jahren 2020 bis 2030 in Deutschland von einer Abnahme von 500 g auf 347 g/kWh aus, Bild 4, oben.

Wie stark wirkt sich diese Annahme einer kontinuierlichen Verbesserung des CO2e Emissionsfaktors nun auf die CO2-Bilanz im Fahrbetrieb aus? Allgemein gültige Aussagen sind aufgrund der Vielfalt der Annahmen bzw. Extrapolationen hier kaum möglich. Nimmt man nun exemplarisch die Extrapolation von *Wietschel et al.* (2019) an, bedeutet dies für einen e-Golf mit einem realen Durchschnittsverbrauch von 17,3 kWh/100 km und einer jährlichen Fahrleistung von 15000 km für das Jahr 2020 eine absolute CO2e-Emission von knapp 1,3 Tonnen. Im Jahr 2030 hat sich aber der CO2e-Emissionsfaktor im deutschen Strommix aber gem. den Annahmen auf 347 g/kWh reduziert. Bei gleicher Fahrleistung entstehen in diesem Jahr nur noch 0,9 Tonnen CO2e. Im Vergleich zu einer Rechnung mit unverändertem Emissionsfaktor (2020: 500 g/kWh) ergeben sich kumuliert bis zum Jahr 2030 statt 14,3 Tonnen lediglich 12,1 Tonnen.

Die Bilanz von Volkswagen für den ID.3 und Golf 8 Diesel nun im Detail. Lt. Angaben in Bild 2 wurde für die Vergleichsfahrzuege der WLTP, beim ID.3 der EU Strommix und eine Gesamtfahrleistung von 200000 km angesetzt. Für den ID.3 entnehmen wir dem Bild 2 eine Gesamtemission von 13,3 Tonnen CO2e. **Hieraus errechnet sich ein Emissionsfaktor von 432 g/kWh CO2e. Für den EU-Strommix scheint diese Annahme von Volkswagen sehr hoch, insbesondere unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten und Entwicklungen aus den Diagrammen 3 und 4. Insofern ist die Gesamtangabe von 13,3 Tonnen zumindest fragwürdig.**


Beim Golf 8 Diesel gibt es ebenfalls Klärungsbedarf. Hier fällt in Bild 1 auf, dass die Vorkette für den Dieselmotorkraftstoff lediglich mit 2,4 Tonnen angesetzt wurde. **Bezogen auf den Kraftstoffverbrauch von 21,8 Tonnen, sind dies relativ gesehen aber nur 11%.** Dies

widerspricht allen aktuellen Untersuchungen zur CO₂-Entstehung bei der Herstellung von Dieselmotoren, resultierend aus der Förderung, dem Raffinerieprozess und den Transporten von Rohöl und Kraftstoff. Diese bewegen sich aktuell zwischen etwa 20 und 25%, (Gärtner, 2020c, Bild 10).

Aus den Fahremissionen von 21,8 Tonnen CO₂e kann „rückwärts“ auf einen angenommenen Fahrverbrauch im **WLTP von 4,1 l/100km** gerechnet werden. Auch dies erscheint etwas niedrig, da der ADAC für den Golf 8 einen WLTP-Wert von 4,4 l/100km nennt, (Wieler, 2020).

Insgesamt kann man zu den Zahlen von Volkswagen sagen, dass beim Diesel-Pkw die CO₂-Emissionen für Fahrbetrieb und Diesel-Vorkette nach dieser ersten Einschätzung eher zu niedrig, im Falle des ID.3 etwas zu hoch liegen dürften. Der CO₂-Benefit für den ID.3 dürfte somit doch größer ausfallen.

In Diagramme 5 habe ich auf Basis aller verfügbaren Einzelangaben die Bilanz über 200000 km in einer transparenteren Version erstellt. Einmal nach Bild 4 unter Annahme des deutschen Strommix für das Jahr 2020 mit einem Emissionsfaktor von 500 g/kWh und für den EU-Mix mit 320 g/kWh für das gleiche Jahr. Die Zahlen für den Dieserverbrauch und den Stromverbrauch des ID.3 stammen aus Untersuchungen des ADAC.

		Verbrauch WLTP 		"Realer" Verbrauch	
		Golf 8 Diesel	ID.3	Golf 8 Diesel	ID.3
Fzg. Herstellung	t CO ₂ e	5,8	7,5	7,1	9
Batterie-Herstellung	t CO ₂ e		3,9		4,7
Verbrauch Diesel	l/100km	4,4		4,8	
Verbrauch Strom	kWh/100 km		15,4		19,3
Fahrbetrieb	t CO ₂ e	29,1	15,4	31,8	19,3
Wartung & Recycling	t CO ₂ e	0,8	0,9	0,8	0,9
Summe	t CO₂e	35,7	27,7	39,7	33,9
Differenz	t CO ₂ e		-8,0		-5,8


		Verbrauch WLTP 		"Realer" Verbrauch	
		Golf 8 Diesel	ID.3	Golf 8 Diesel	ID.3
Fzg. Herstellung	t CO ₂ e	5,8	7,5	7,1	9
Batterie-Herstellung	t CO ₂ e		3,9		4,7
Verbrauch Diesel	l/100km	4,4		4,8	
Verbrauch Strom	kWh/100 km		15,4		19,3
Fahrbetrieb	t CO ₂ e	29,1	9,9	31,8	12,4
Wartung & Recycling	t CO ₂ e	0,8	0,9	0,8	0,9
Summe	t CO₂e	35,7	22,2	39,7	27,0
Differenz	t CO ₂ e		-13,6		-12,7

Bild 5: CO₂e Bilanz für VW Golf 8 Diesel und ID:3 (eigene Berechnung)

Die Angaben für die Herstellung der Fahrzeuge, die Produktion der Batterie und Wartung/Recycling wurden unverändert aus der Darstellung von Volkswagen (Bild 1)

übernommen. Die CO₂e-Emission für die Verbrennung von Diesel-Kraftstoff einschließlich der Vorkette wurde mit 3310 g/l angesetzt, (Gärtner, 2020c, Bild 10).

Aus diesen Rechnungen ergibt sich nun nach deutschem Strommix ein Benefit für den ID.3 zwischen etwa 6 und 8 Tonnen CO₂e und etwa 13 bis 14 Tonnen im EU-Mix. Unter Berücksichtigung einer zu erwartenden Verbesserung im Strommix über die nächsten Jahre dürften, wie weiter oben bereits exemplarisch gezeigt, die Einsparungen noch größer ausfallen.

Literaturverzeichnis

BMU (2021). *Wie umweltfreundlich sind Elektroautos?* Abgerufen am 01. April 2021, von https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/elektroautos_bf.pdf

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>

Buchal, C., Karl, H.-D., Sinn, H.-W. (2019). *Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO₂-Bilanz?* ifo Schnelldienst, 8/2019. 72. Jahrgang, 25. April 2019. Abgerufen von <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2019-08-sinn-karl-buchal-motoren-2019-04-25.pdf>

Gärtner, U. (2020a). *Ein „Bärendienst“ für die E-Mobilität? - Übertreibung der Treibhausgasemissionen aus der Batterieproduktion?* Abrufbar unter www.gaencon.de/Aktuelles/...

Gärtner, U. (2020b). *Kleine Cocktail-Kunde: Der „Strommix“*. Abrufbar unter www.gaencon.de/Aktuelles/...

Gärtner, U. (2020c). *Vor den ersten 100 km hat ein Diesel-Pkw bereits 42 kWh Strom verbraucht?* Abrufbar unter www.gaencon.de/Aktuelles/...

Gärtner, U. (2021a). *„Ich dachte, das sind viel weniger Teile, die ein BEV braucht?“ „Warum hat das BEV höhere Aufwendungen für das Basisfahrzeug (ohne Batterie!) als der Verbrenner?“*. Abrufbar unter www.gaencon.de/Aktuelles/

Gärtner, U. (2021b). *Über „widerlegte“ Studien... (1. Teil)*. Abrufbar unter 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>

Hoekstra, A., & Steinbuch, M. (2020). *Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel*. Eindhoven University of Technology. Abgerufen am 04. Oktober 2020, von https://www.gruenebundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/mobilitaet/pdf/200831-Studie_EAuto_versus_Verbrenner_CO2.pdf

Kroher, T. (2019). *Elektroautos brauchen die Energiewende: Die Klimabilanz*. ADAC. Abgerufen von <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/klimabilanz/?redirectId=quer.klimabilanz>

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>

Meyer, K., Biemann, K., Lambrecht, U., Jöhrens, J., Helms H., Kämper, C. (2019). *Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial*. AGORA Verkehrswende. Abgerufen am 05. Oktober 2020, von https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf

Regett A., Mauch W. , Wagner U. (2019). *Klimabilanz von Elektrofahrzeugen – Ein Plädoyer für mehr Sachlichkeit*. Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) e.V.. Abgerufen von https://www.ffe.de/attachments/article/856/Klimabilanz_Elektrofahrzeugbatterien_FfE.pdf

Wietschel, M., Kühnbach, M., Rüdiger, D. (2019a). Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland. FRA UNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI..Abgerufen von https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2019/WP02-2019_Treibhausgasemissionsbilanz_von_Fahrzeugen.pdf

Wietschel, M., Moll, C., Oberle, S., Lux, B., Timmerberg, S., Neuling, U., Kaltschmitt, M., Ashley-Belbin, N. (2019). Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener Kraftstoffarten und Antriebssysteme für Pkw und Lkw. Abgerufen von <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2019/klimabilanz-kosten-potenziale-antriebe-pkw-lkw.pdf>

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,

Wieler, J. (2020). *VW Golf 8: Überraschend anders – ADAC Test*. ADAC, 12. Dezember 2020. Abgerufen von <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/markenmodelle/vw/vw-golf/>