

## „Sind mehr als 2000 € pro Tonne CO<sub>2</sub> nicht ein wenig viel?“

fragte der Journalist C. Arnowski vom *Bayerischen Rundfunk* kürzlich in einem sozialen Netzwerk und startete damit eine sehr lebhafte 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 Fahrzeugherrstellers ergab sich ein CO<sub>2</sub>e-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).

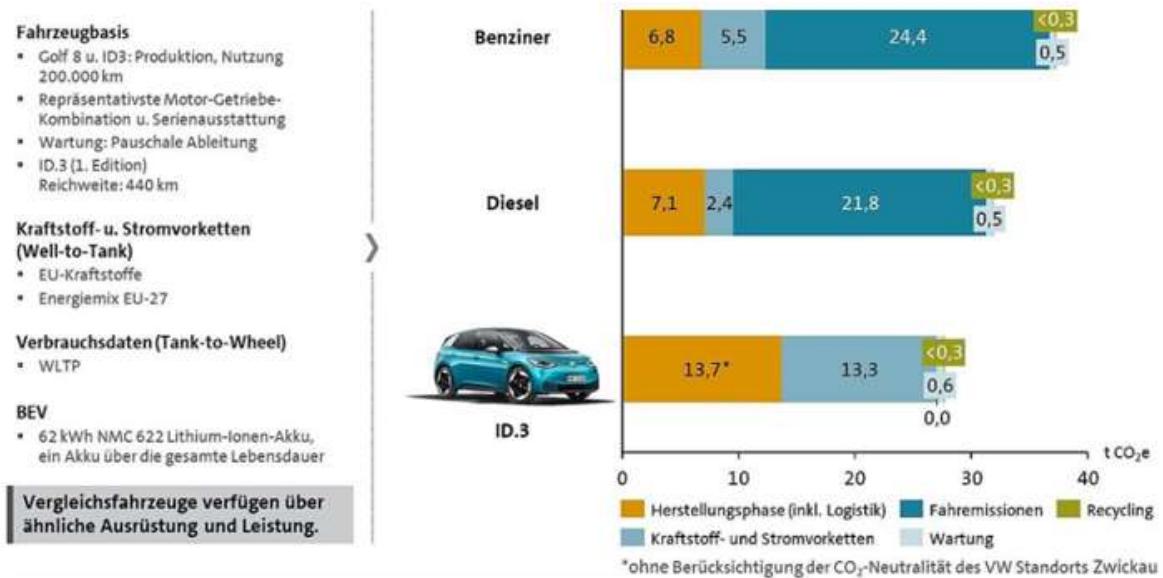


Bild 1: Vergleich der GHG – Emissionen über 200000 km für VW ID.3 und Referenzfahrzeug Golf 8, (Gernuks, 2020)

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 CO<sub>2</sub> 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 CO <sub>2</sub> e	Strommix	Fahrzeuge	Bemerkungen
			ICE vs. BEV	
(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	Midsize 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 CO<sub>2</sub>e 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>e-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 CO<sub>2</sub>e 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 CO<sub>2</sub>e!**

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 CO<sub>2</sub>-Entstehung bei der Batterieproduktion des Tesla 3 zustande kommt, (Gärtner, 2020a; Gärtner, 2021b).

Aber auch bei der CO<sub>2e</sub>-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 CO<sub>2e</sub> verursacht** als die eines konventionellen Fahrzeugs. Dieser Vorgehensweise schlossen sich auch A. Hoekstra et al. (2020) von der TU Eindhoven an. Die 2019 erschienenen 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 CO<sub>2e</sub> mehr**, (Meyer et al., 2019).

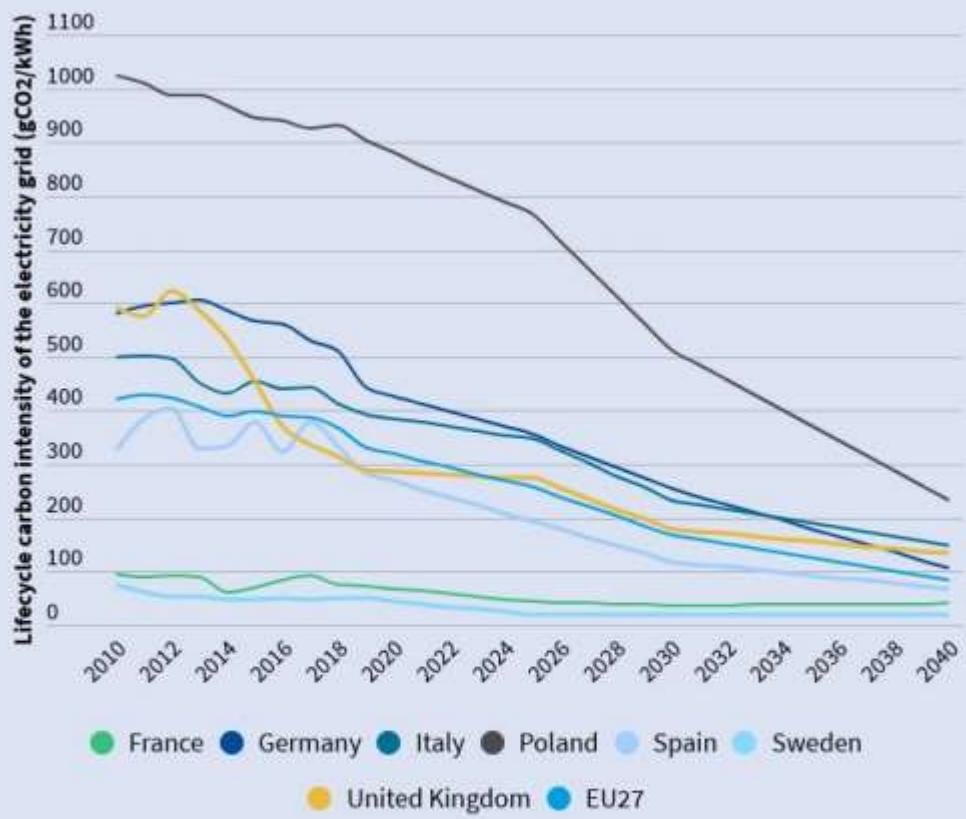
**Deutlich höhere Zahlen** publizierten schließlich die OEM wie Volvo/Geely und Volkswagen in ihren Ende 2020 erschienenen LCA (Bolin, 2020; Gernuks, 2020). **Hier reden wir von gut 3 Tonnen CO<sub>2e</sub> mehr beim Polestar2 im Vergleich zum XC40 und gut 2 Tonnen mehr beim ID.3 im Vergleich zum konventionellen Golf 8.** Eine aktuelle Zusammenfassung von CO<sub>2e</sub>-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 CO<sub>2e</sub> inkl. Vorketten und Netzverlusten aus, (Buchal et al., 2019).

„Alles in allem sollten **Elektrofahrzeuge, die 2020 in Europa verkauft werden, mit 250 g CO<sub>2eq/kWh</sub> 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 CO<sub>2e</sub> Differenz zwischen den beiden Untersuchungen, was bei einem Strombedarf von ca. 20 kWh/100km und einer gesamten Laufleitung 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 CO<sub>2</sub>-Bilanz für das Elektroauto. Der Unterschied betrug im Jahr 2020 bspw. nach der Darstellung in Bild 3 etwa 100 g/kWh CO<sub>2e</sub>. Umgerechnet in Tonnen CO<sub>2e</sub> bedeutete dies in der Bilanz bspw. für den e-Golf einen Vorteil von 23 g/km bzw. absolut etwa 4,6 Tonnen CO<sub>2e</sub>, (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 CO<sub>2e</sub>.

## Lifecycle carbon intensity of the electricity grid in key EU countries



Source: Future electricity generation from ENTSO-E (Global Action scenario) from the 2020 TYNDP, Historic data from Sandbag and Eurostat (up to 2019), lifecycle emissions factors from IPCC Fifth Assessment Report 2016 and transmission & distribution losses from IEA.

TRANSPORT &  
ENVIRONMENT [@transenv](https://transportenvironment.org) [@transenv](https://facebook.com/transportenvironment) [transportenvironment.org](https://transportenvironment.org)

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).

Land	Forschungsinstitut/Hochschule/....	CO2-Emissionsfaktor Strommix [g/kWh CO2e] 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 jährliche 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 Vergleichsfahrzeuge 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 Dieselkraftstoff 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 CO<sub>2</sub>-Entstehung bei der Herstellung von Dieselkraftstoff, 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 CO<sub>2</sub>e 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen für Fahrbetrieb und Diesel-Vorkette nach dieser ersten Einschätzung eher zu niedrig, im Falle des ID.3 etwas zu hoch liegen dürften. Der CO<sub>2</sub>-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 Dieselverbrauch 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 <sub>2</sub> e	5,8	7,5	7,1	9
Batterie-Herstellung	t CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> e	29,1	15,4	31,8	19,3
Wartung & Recycling	t CO <sub>2</sub> e	0,8	0,9	0,8	0,9
Summe	t CO <sub>2</sub> e	35,7	27,7	39,7	33,9
Differenz	t CO <sub>2</sub> e		-8,0		-5,8

		Verbrauch WLTP		"Realer" Verbrauch	
		Golf 8 Diesel	ID.3	Golf 8 Diesel	ID.3
Fzg. Herstellung	t CO <sub>2</sub> e	5,8	7,5	7,1	9
Batterie-Herstellung	t CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> e	29,1	9,9	31,8	12,4
Wartung & Recycling	t CO <sub>2</sub> e	0,8	0,9	0,8	0,9
Summe	t CO <sub>2</sub> e	35,7	22,2	39,7	27,0
Differenz	t CO <sub>2</sub> e		-13,6		-12,7

*Bild 5: CO<sub>2</sub>e 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 CO<sub>2</sub>e-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 CO<sub>2</sub>e 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/Pools/Broschueren/elektroautos\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/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 CO<sub>2</sub>-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 „Bärenservice“ für die E-Mobilität? - Übertreibung der Treibhausgasemissionen aus der Batterieproduktion?* Abrufbar unter [www.gaencon.de/Aktuelles/...](http://www.gaencon.de/Aktuelles/)

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

Gärtner, U. (2021b). *Über „widerlegte“ Studien... (1. Teil).* Abrufbar unter [www.gaencon.de/Aktuelles/](http://www.gaencon.de/Aktuelles/)

Gernuks, M., Bäuml, G., Schüler, M., Lösche-ter Horst T., Hofmann, L., & Halubek, P. (2020). CO<sub>2</sub>-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.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag\\_de/themen\\_az/mobilitaet/pdf/200831-Studie\\_EAuto\\_versus\\_Verbrenner\\_CO2.pdf](https://www.gruene-bundestag.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/?redirectToId=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%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](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](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](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.volksnewsroom.com/system/production/uploaded\\_files/14448/file/da01b16ac9b580a3c8bc190ea2af27db4e0d4546/Klimabilanz\\_von\\_E-Fahrzeugen\\_Life\\_Cycle\\_Engineering.pdf?1556110703](https://uploads.volksnewsroom.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/>