

Die Verringerung der Treibhausgas-Emissionen ist eine Herausforderung, der sich auch der Straßenverkehr stellen muss. Für eine ehrliche und angemessene Beurteilung der verschiedenen Antriebstechnologien ist die Betrachtung der Kraftstoffe und Antriebsenergie, einschließlich der Vorketten, zusammen mit der Produktion und Entsorgung der Fahrzeuge im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Analyse, LCA) unabdingbar.

Entscheidend für die Klimawirkung verschiedener Antriebstechnologien ist die Treibhausgas-Bilanz bei Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Fahrzeugen und Kraftstoffen. Neben Kohlendioxid, das vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger anfällt, sind auch Methan-Emissionen (CH<sub>4</sub>) von gasförmigen Kraftstoffen und Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus dem Anbau von Biomasse relevant. Auch bei Produktionsprozessen anfallende Nebenprodukte sind zu berücksichtigen, wenn etwa Presskuchen aus der Verarbeitung von Raps in der Viehzucht sojabasiertes Kraftfutter ersetzt.

Unter dem Begriff des CO<sub>2</sub>-Äquivalents (CO<sub>2</sub>eq) werden die treibhauswirksamen Spurengase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O), das auch als Lachgas bekannt ist, entsprechend ihrer jeweiligen Klimawirksamkeit im Vergleich zu Kohlendioxid, zusammengefasst.

Neben den Treibhausgasen muss aber stets auch der Primärenergiebedarf betrachtet werden, der letztendlich für eine Antriebstechnologie zur Verfügung gestellt werden muss. Der Primärenergiebedarf beschreibt jene Menge an Energie, wie z.B. Rohöl, Erdgas, Wind und Sonne, die der Natur entnommen werden muss, um ein Fahrzeug betreiben zu können.

## LCA-Tool

Um einen Vergleich der Treibhausgas-Bilanz sowie des Primärenergiebedarfs verschiedener Antriebs- und Kraftstoffarten erstellen zu können, auch im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen, wurde seitens FIA und ÖAMTC bereits 2018 ein sogenanntes „LCA-Tool“ bei der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft in Graz in Auftrag gegeben. Das Projekt wurde auch seitens ADAC und TCS unterstützt.

Eine erste Auswertung über das „LCA-Tool“ seitens des ADAC erfolgte 2019 und wurde in der Motorwelt, Ausgabe September 2019, veröffentlicht.

Da sich zwischenzeitlich wesentliche Änderungen bei den Hintergrunddaten (Strommix, Orte der Batterieproduktion, Batterielebensdauer, etc.) ergeben haben, wurde das „LCA-Tool“ im Auftrag der FIA durch das JOANNEUM RESEARCH aktualisiert. Die aktuelle Version beinhaltet nun insgesamt 157 Transportsysteme für einen durchschnittlichen Pkw der Kompaktklasse („Golfklasse“), die für die Jahre 2022, 2030 und 2050 analysiert werden können. Das Tool enthält voreingestellte „Standard-Daten“ (default data) für die Berechnungen, ermöglicht aber auch Berechnungen auf Basis eigener Daten.

Das „LCA-Tool“ dient auch als Grundlage für die Berechnung der geschätzten Treibhausgas-Emissionen und des Primärenergiebedarfs im gesamten Lebenszyklus für die seit 2019 im Rahmen von GreenNCAP getesteten Autos. Für die vergleichende Betrachtung wird hier eine Fahrzeuglebensdauer von 16 Jahren und eine Gesamtfahrleistung von 240.000 km angenommen. Die Berechnungen basieren auf der aktuellen Prognose über den sich ändernden durchschnittlichen Energiemix der EU-Staaten. Weitere Infos unter [European Life Cycle Assessment Results & Fact Sheets \(greenncap.com\)](https://www.greenncap.com)

Parallel zum „LCA-Tool“ erfolgte die Entwicklung einer „interaktiven LCA-Plattform“, mit deren Hilfe Verbraucher eigenständige Vergleiche bestehender Pkw-Modelle, durch Einbindung der ADAC Autodatenbank, hinsichtlich ihrer LCA erstellen können. Näheres hierzu im Kapitel „Interaktive LCA-Plattform“.

Hinweis: Da jede LCA auf gewissen Annahmen basiert und insbesondere im Bereich der Fahrzeug-Produktion nicht alle hersteller- und modellspezifischen Kriterien erfasst und abgebildet werden können, sind die einzelnen LCA-Ergebnisse immer als Indikation anzusehen. Dies gilt auch beim Vergleich unterschiedlicher Antriebstechnologien.

## Vergleich verschiedener Antriebsarten auf Basis der „Golfklasse“

Mit Hilfe des LCA-Tools werden verschiedene Antriebsarten hinsichtlich ihrer LCA-Bilanz miteinander verglichen. Für den aktuellen Vergleich wurden gängige Antriebsarten mit Verbrennungsmotor (Benzin E10, Diesel B7, Erdgas (fossiles Erdgas, 100 % Bio-Methan), PlugIn-Hybrid-Antrieb (Benzin E10/Strommix Deutschland, Benzin E10/Strom regenerativ (Wind)), Elektroantrieb (Strommix Deutschland, Strom regenerativ (Wind)), Brennstoffzelle (Wasserstoff aus Erdgas-Dampfreformierung, Wasserstoff regenerativ (Wind)) sowie E-Fuel aus FT-Diesel (CO<sub>2</sub> Luft/H<sub>2</sub> Wind, CO<sub>2</sub> Biomasse/H<sub>2</sub> Wind) ausgewählt.

## Vergleichsfahrzeuge der „Golfklasse“

Für die Gegenüberstellung der verschiedenen Antriebsarten sind folgende Daten für die Vergleichsfahrzeuge zu Grunde gelegt.

**Tabelle 1: Vergleichsfahrzeuge der „Golfklasse“ – Annahmen**

Kraftstoff-/Strom-/Energieverbrauch *				
	Kraftstoff- verbrauch		Strom- verbrauch	Gesamtenergie- verbrauch
	[l/100 km]	[kg/100 km]	[kWh/100 km]	[kWh/km]
<b>Benzin (E10)</b>	7,3			0,62
<b>Diesel (B7)</b>	5,4			0,53
<b>Erdgas/Bio-Methan</b>		4,5		0,63
<b>PlugIn-Hybrid ** (Benzin E10/Strom)</b>	3,2		11,0	0,38
<b>Brennstoffzelle (H<sub>2</sub>)</b>		1,0		0,34
<b>Elektro (Strom)</b>			19,0	0,19
<b>E-Fuel (FT-Diesel)</b>	5,1			0,50
<b>Basis-Annahmen für alle Antriebsarten</b>				
<b>jährliche Fahrleistung</b>			[km/a]	15.000
<b>Pkw Lebensdauer</b>			[a]	16
<b>Motorleistung</b>			[kW]	90
<b>Zusätzliche Annahmen für Elektroautos</b>				
<b>Batterie-Kapazität</b>			[kWh]	55
<b>Batterie-Lebensdauer ***</b>			[km]	240.000

### Hinweise:

\*) Die angesetzten Verbrauchswerte entsprechen einem durchschnittlichen Kraftstoff-/Stromverbrauch der verschiedenen Antriebsarten in der „Golfklasse“. Für E-Fuel (FT-Diesel) wurde ein höherer Heizwert und eine bessere Kraftstoffqualität angenommen, wodurch ein im Vergleich zu herkömmlichem Diesel (B7) etwas geringerer Verbrauch angesetzt werden kann.

\*\*\*) Beim PlugIn-Hybrid wird angenommen, dass etwa 30 % rein elektrisch gefahren wird.

\*\*\*\*) Die Batterie-Lebensdauer bei Elektroautos wird, aufgrund der Erfahrungen der letzten Jahre, der Gesamtlebensdauer des Fahrzeuges gleich gesetzt. Ein Batteriewechsel wird nicht berücksichtigt.

## Weitere Annahmen zur LCA

Zur Berechnung der LCA wurden weiterhin folgende Annahmen getroffen.

### Strommix

Der für 2022 verwendete Strommix entspricht dem vom Umweltbundesamt (UBA) ermittelten Wert der durchschnittlichen Treibhausgas-Emissionen (CO<sub>2</sub>eq) pro Energieeinheit des Stroms, der zur Verwendung in Straßenfahrzeugen mit Elektroantrieb aus dem Netz entnommen wurde (Quelle: BAnz AT 28.10.2021 B10). Die zu erwartende stetige Verbesserung des Strommix durch den Ausbau regenerativer Stromquellen über das Fahrzeugleben hinweg – also bis 2037 – wurde linear berücksichtigt. Diese basiert

auf Hochrechnungen des IINAS für 2030 und 2050 (Quelle: Kurzstudie „Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix im Jahre 2020 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050“, Nov. 2021).

**Tabelle 2: Strommix Deutschland**

Bezugsjahr	CO <sub>2</sub> eq [g/kWh]
2022	428
2030	268
2050	32

### Regenerativer Strom

Als Vertreter der regenerativen Stromquellen wurde Windenergie angesetzt. Der Elektroantrieb mit Strom aus Photovoltaik-Anlagen liegt im vergleichbaren Zahlenbereich.

### Kraftstoff-/Energiebereitstellung

Synthetische oder biogene Kraftstoffe gelten als „CO<sub>2</sub>-neutral“, da das im Fahrbetrieb bei der Verbrennung emittierte CO<sub>2</sub> bei der Kraftstoffherstellung der Atmosphäre direkt (z.B. E-Fuel) bzw. über das Wachstum der Pflanzen (z.B. Bio-Methan) entzogen wurde. In der Bilanz erhöht sich somit die CO<sub>2</sub>-Belastung der Atmosphäre nicht, weil das am Fahrzeug ausgestoßene CO<sub>2</sub> dieser schon einmal entzogen wurde, und der „CO<sub>2</sub>-Kreislauf gilt somit als „geschlossen“ bzw. „CO<sub>2</sub>-neutral“.

Diese Kraftstoffe werden im Betrieb mit CO<sub>2</sub> bilanziert, erhalten im Gegenzug bei der Kraftstoff-/Energiebereitstellung entsprechende Gutschriften. Gutschriften werden in Diagrammen als negative Werte dargestellt.

### Entsorgung (End-of-Life)

Bei der Entsorgung wird angenommen, dass gewisse Materialien (Mix Stahl, Alu, Kupfer) mit einer Recycling-Rate von 60 % wiederverwertet und Sekundärrohstoffe erzeugt werden. Damit werden Primärmetallrohstoffe ersetzt und Treibhausgas-Emissionen, die bei der Gewinnung und Herstellung anfallen würden, vermieden. Diese Gutschrift ist bei Elektroautos – wegen der Batterie – etwas höher als der Aufwand der Pkw-Entsorgung. Bei konventionellen Fahrzeugen gleicht der Gewinn durch Recycling-Rohstoffe den Aufwand für die Entsorgung nahezu aus. Zusätzlich wird für die Batterie der Elektroautos angenommen, dass einige Batterien in der stationären Nutzung weiter genutzt werden („second life“), womit sich die Treibhausgas-Emissionen aus der Batterieherstellung auf die automotiv und stationäre Nutzung aufteilen. Insgesamt jedoch wurde der Anteil an Batterien, der weiter genutzt wird, mit 3 % angenommen und 97 % werden einem stofflichen Recycling zugeführt. Gutschriften werden in Diagrammen als negative Werte dargestellt.

### Weitere Hintergrunddaten

Informationen zu den weiteren Hintergrunddaten des LCA-Tools sind in einem Bericht zusammengefasst. Dieser ist abrufbar unter [Life Cycle Assessment Methodology and Data - 2nd edition \(greennap.com\)](https://www.greennap.com/)

## LCA-Bilanz gängiger Antriebsarten in der „Golfklasse“

Nachfolgende Abbildungen zeigen die LCA-Bilanz der aktuell gängigen Antriebsarten mit Verbrennungsmotor (Benzin E10, Diesel B7, Erdgas (fossiles Erdgas, 100 % Bio-Methan), PlugIn-Hybrid-Antrieb (Benzin E10/Strommix Deutschland, Benzin E10/Strom regenerativ (Wind)), Elektroantrieb (Strommix Deutschland, Strom regenerativ (Wind)) sowie Brennstoffzelle (Wasserstoff aus Erdgas-Dampfreformierung, Wasserstoff regenerativ (Wind)).

Die Auswertungen zeigen, dass aktuell in der „Golfklasse“ das Elektrofahrzeug bei Nutzung des deutschen Strommix (Betrieb 2022-2037) eine gute Treibhausgas-Bilanz aufweist. Seine Treibhausgas-Emissionen über dem gesamten Lebenszyklus liegen unter denen der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor inkl. PlugIn-Hybride bei Nutzung fossiler Kraftstoffe (inkl. Blending von Biotreibstoffen) als auch unter dem des Brennstoffzellenfahrzeugs, das mit Wasserstoff aus Dampfreformierung betrieben wird. Der PlugIn-Hybrid als Kombination eines Benzin- und Elektromotors erzielt mit Anwendung des Strommix Deutschland (2022-2037) im Vergleich zum herkömmlichen Benziner eine deutliche Verbesserung. Voraussetzung hierfür ist allerdings, die regelmäßige Ladung der Batterie zur Nutzung des Elektroantriebs (Annahme hier: 30 % der Kilometerleistung erfolgen elektrisch).

Beim Einsatz regenerativer Energiequellen zeigt das Elektroauto die beste Treibhausgas-Bilanz, dicht gefolgt vom Brennstoffzellenfahrzeug betrieben mit „grünem“ Wasserstoff. Auch die Bilanz des Erdgasfahrzeuges verbessert sich bei der Verwendung von Bio-Methan deutlich, ebenso die Bilanz des PlugIn-Hybrid Fahrzeuges bei der Verwendung von regenerativem Strom.

**Tabelle 3: Treibhausgas-Emissionen CO<sub>2</sub>eq (g/km) – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)**

CO <sub>2</sub> eq (g/km)	Diesel B7	Benzin E10	Erdgas	Bio-Methan	PlugIn-Hybrid (Benzin E10, Strommix D)	PlugIn-Hybrid (Benzin E10, Strom Wind)	Elektro (Strommix D)	Elektro (Strom Wind)	Brennstoffzelle (H <sub>2</sub> Dampfreformierung)	Brennstoffzelle (H <sub>2</sub> Wind)
<b>Produktion</b>										
Basisfahrzeug	37	35	35	35	37	37	39	39	38	38
Batterie	0,5	0,5	0,5	0,5	3	3	19	19	0,7	0,7
<b>Produktion Brennstoffzelle + Wasserstofftank</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	15	15
Wartung	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Entsorgung	-5	-4	-4	-4	-5	-5	-7	-7	-5	-5
<b>Fahrzeugnutzung + Energiebereitstellung</b>	169	206	155	66	123	92	57	4	124	12
<b>Total</b>	209	244	193	104	166	135	115	62	179	67

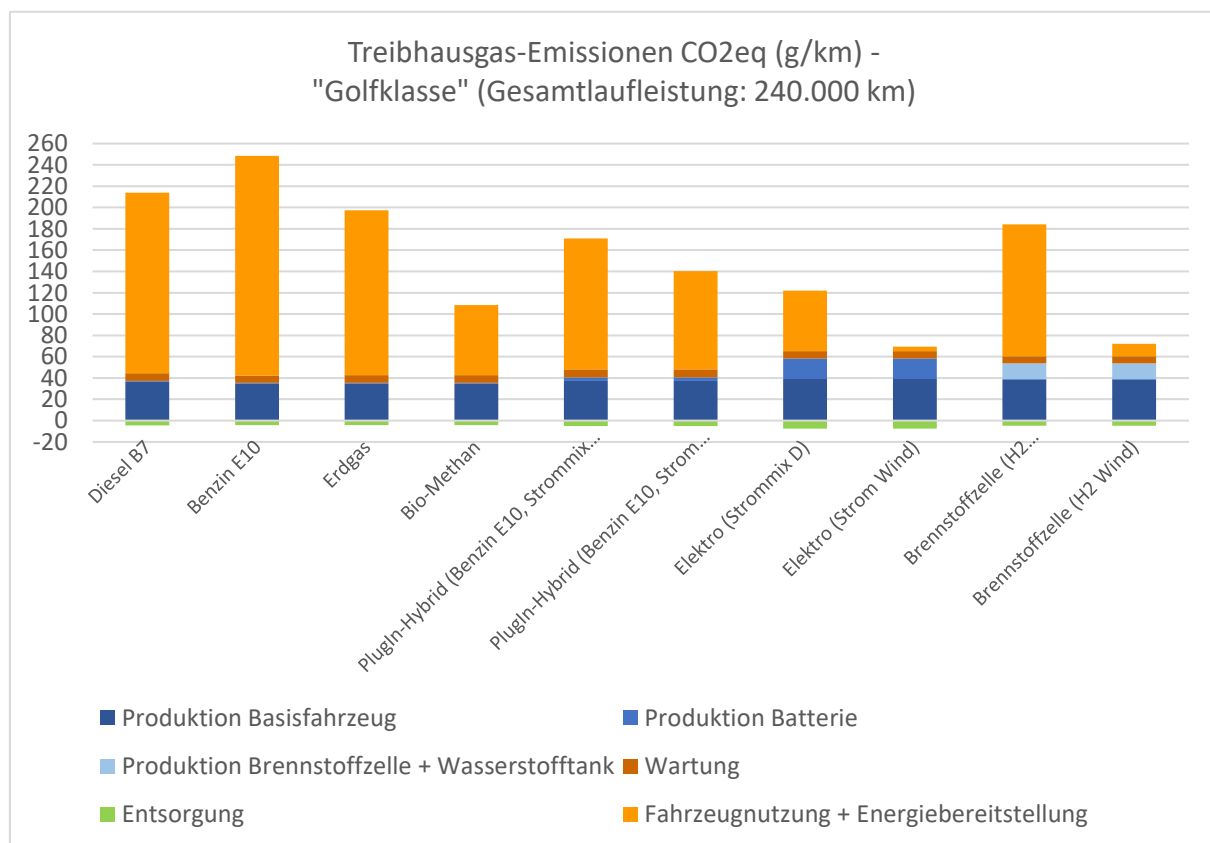


Abbildung 1: Treibhausgas-Emissionen CO<sub>2</sub>eq (g/km) aktueller Antriebsarten – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)

In Tabelle 3 und Abbildung 1 werden die CO<sub>2</sub>eq-Emissionen der Fahrzeugnutzung und der Energiebereitstellung gemeinsam dargestellt. Die getrennte Darstellung erfolgt in Tabelle 4 und Abbildung 2. Damit werden die bei biogenen (z.B. Bio-Methan) und synthetischen Kraftstoffen (z.B. E-Fuel) ggf. angerechneten Gutschriften (als negative Werte) bei der Energiebereitstellung separat ausgewiesen/dargestellt bzw. bei Diesel B7 und Benzin E10 in Abzug gebracht.

**Tabelle 4: Treibhausgas-Emissionen Fahrzeugnutzung/Energiebereitstellung CO<sub>2</sub>eq (g/km) – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)**

CO <sub>2</sub> eq (g/km)	Diesel B7	Benzin E10	Erdgas	Bio-Methan	PlugIn-Hybrid (Benzin E10, Strommix D)	PlugIn-Hybrid (Benzin E10, Strom Wind)	Elektro (Strommix D)	Elektro (Strom Wind)	Brennstoffzelle (H2 Dampfreformierung)	Brennstoffzelle (H2 Wind)
<b>Kraftstoff-/Energiebereitstellung</b>	26	42	27	-62	51	21	57	4	124	12
<b>Fahrzeugnutzung</b>	143	164	128	128	72	72	0	0	0	0

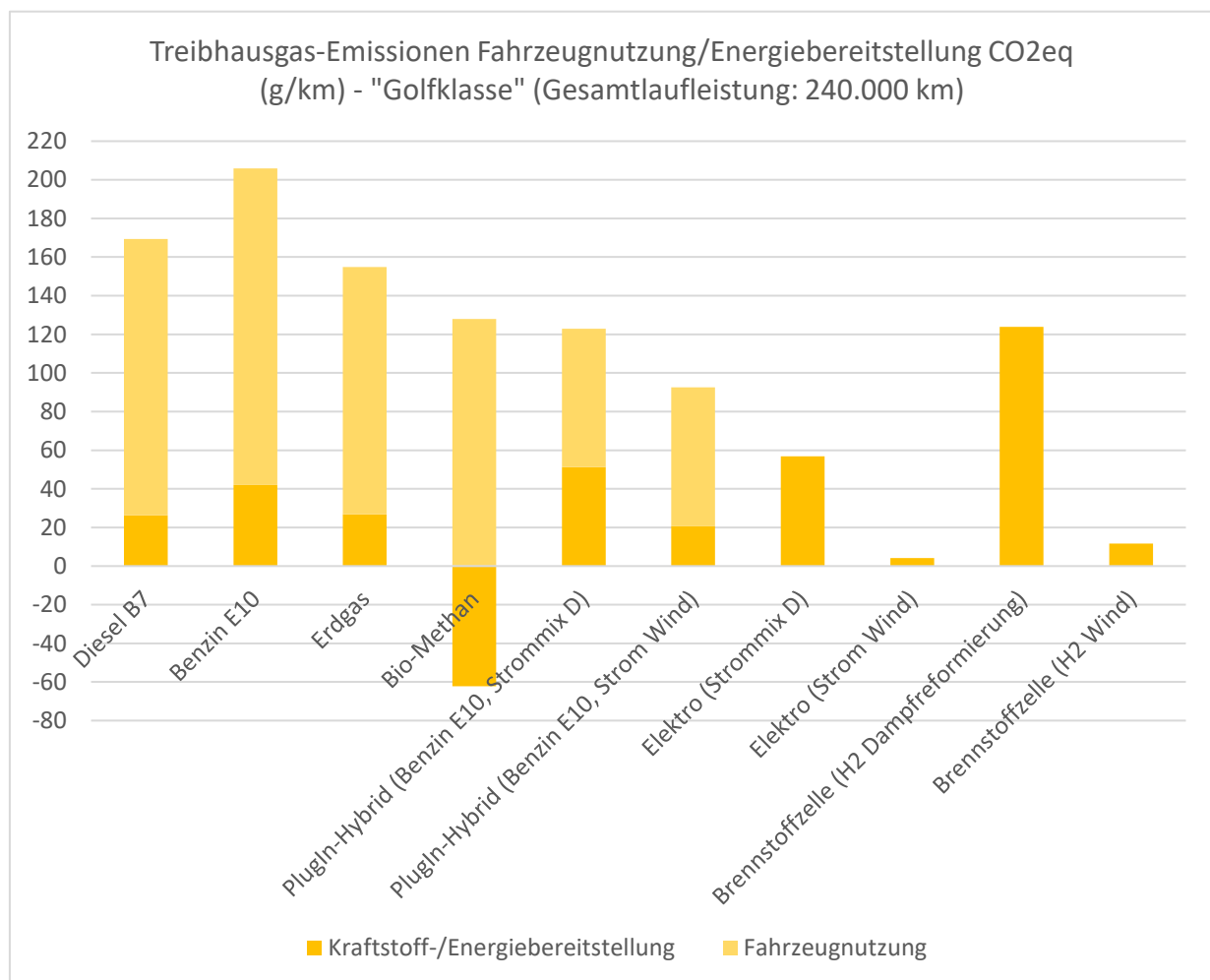


Abbildung 2: Treibhausgas-Emissionen Fahrzeugnutzung/Energiebereitstellung CO<sub>2</sub>eq (g/km) aktueller Antriebsarten – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)

## Wann fahren E-Autos klimafreundlicher?

Abbildung 3 zeigt die Treibhausgas-Emissionen aktueller Antriebsarten der „Golfklasse“ über das Fahrzeugleben (Gesamtleistung: 240.000 km (16 Jahre, à 15.000 km)) hinweg.

Im Vergleich zu Benzin E10 und Diesel B7 kann das mit Strommix betriebene Elektroauto seine Vorteile nach etwa 45.000 bis 60.000 km ausspielen. Die aufwendigere Produktion der Batterien, die einen größeren „Treibhausgas-Rucksack“ mit sich bringt, kann über die Zeit der Fahrzeugnutzung somit relativ schnell amortisiert werden.

Bei Nutzung von regenerativem Strom (Wind) erfolgt die Amortisation der höheren Treibhausgas-Emissionen aus der Produktion bereits nach etwa 25.000 bis 30.000 km gegenüber Benziner bzw. Diesel.

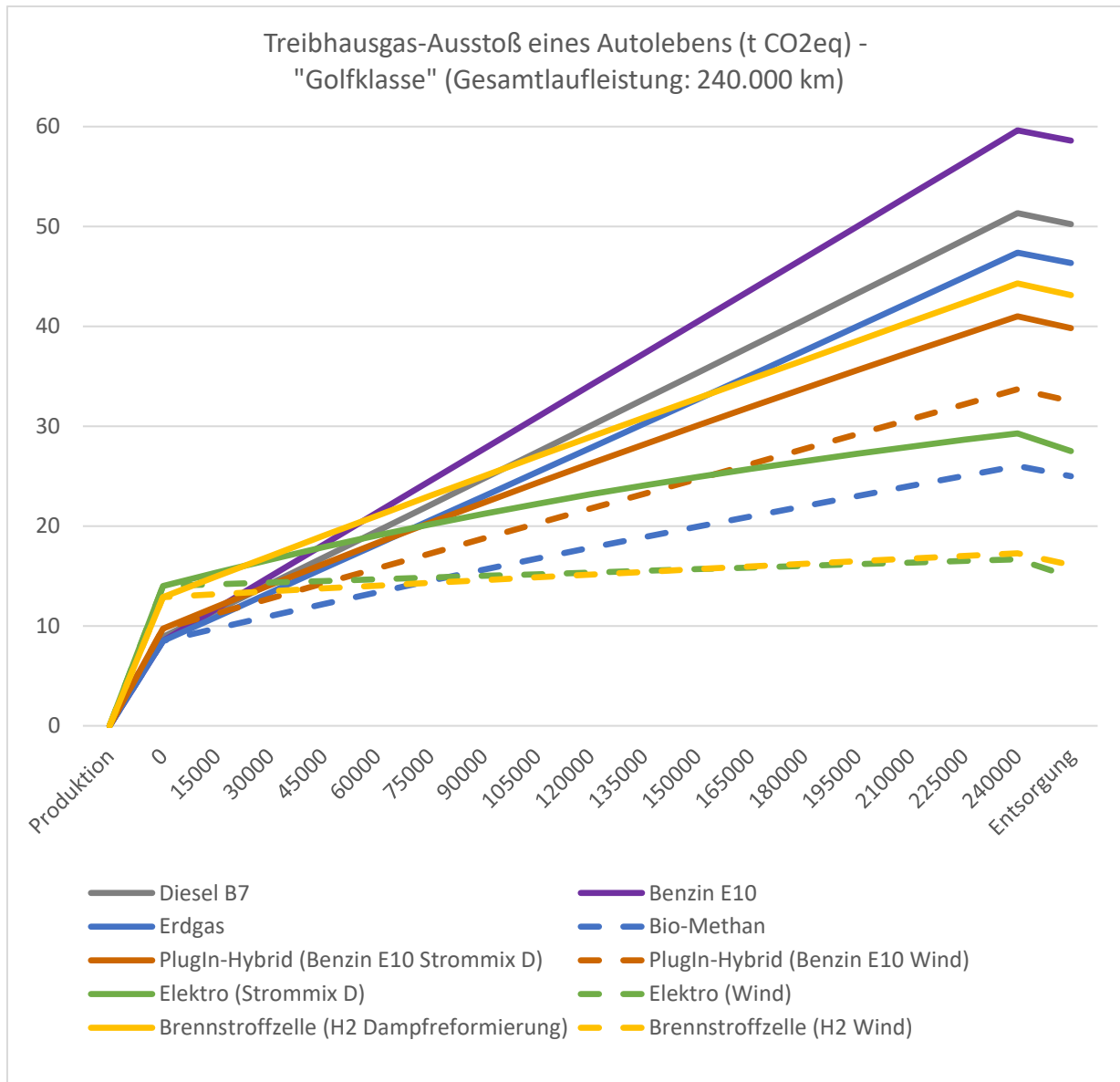


Abbildung 3: Treibhausgas-Emissionen eines Autolebens CO<sub>2</sub>eq (t) aktueller Antriebsarten – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km (16 Jahre à 15.000 km))

## Zukünftige Antriebsarten/Kraftstoffe: Neben der Treibhausgas-Bilanz ist auch der Primärenergiebedarf entscheidend

Neben dem Elektroauto werden auch die Brennstoffzelle mit Wasserstoff als Kraftstoff sowie synthetische Kraftstoffe, sogenannte E-Fuels, für Verbrennungsmotoren als zukünftige Antriebsmöglichkeiten diskutiert. Dabei haben E-Fuels den Vorteil, dass sie auch in Bestandsfahrzeugen genutzt werden können. E-Fuels befinden sich aber erst in der Entwicklungsphase und sind noch nicht auf dem Markt verfügbar.

Abbildung 4 und Tabelle 5 zeigen die Treibhausgas-Bilanz der Antriebsarten Elektro, Wasserstoff und E-Fuels, zum Vergleich wird der gängige Diesel-Verbrenner mit dargestellt. Als Vertreter der E-Fuels wurde FT-Diesel mit Wasserstoff aus Windstrom und CO<sub>2</sub> der Atmosphäre entnommen sowie FT-Diesel mit Wasserstoff aus Windstrom und CO<sub>2</sub> aus Biomasse verwendet.

Es zeigt sich, dass neben dem Elektroauto mit regenerativem Strom und dem Brennstoffzellenfahrzeug mit Wasserstoff aus regenerativen Quellen auch E-Fuels eine gute Treibhausgas-Bilanz aufweisen können. Im Vergleich zum herkömmlichen Diesel (B7) weisen alle ein sehr großes Potential zur Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen auf.

**Tabelle 5: Treibhausgas-Emissionen CO<sub>2</sub>eq (g/km) – „Golfklasse“ (Gesamtlaufleistung: 240.000 km)**

CO <sub>2</sub> eq/km	Diesel B7	Elektro (Strom-mix D)	Elektro (Strom Wind)	Brennstoffzelle (H <sub>2</sub> Dampferformierung)	Brennstoffzelle (H <sub>2</sub> Wind)	E-Fuel Diesel (CO <sub>2</sub> Luft, H <sub>2</sub> Wind)	E-Fuel Diesel (CO <sub>2</sub> Biomasse, H <sub>2</sub> Wind)
<b>Produktion Basisfahrzeug</b>	37	39	39	38	38	37	37
<b>Produktion Batterie</b>	0,5	19	19	0,7	0,7	0,5	0,5
<b>Produktion Brennstoffzelle + Wasserstofftank</b>	-	-	-	15	15	-	-
<b>Wartung</b>	7	7	7	7	7	7	7
<b>Entsorgung</b>	-5	-7	-7	-5	-5	-5	-5
<b>Fahrzeugnutzung + Energiebereitstellung</b>	169	57	4	124	12	38	26
<b>Total</b>	209	115	62	179	67	77	66

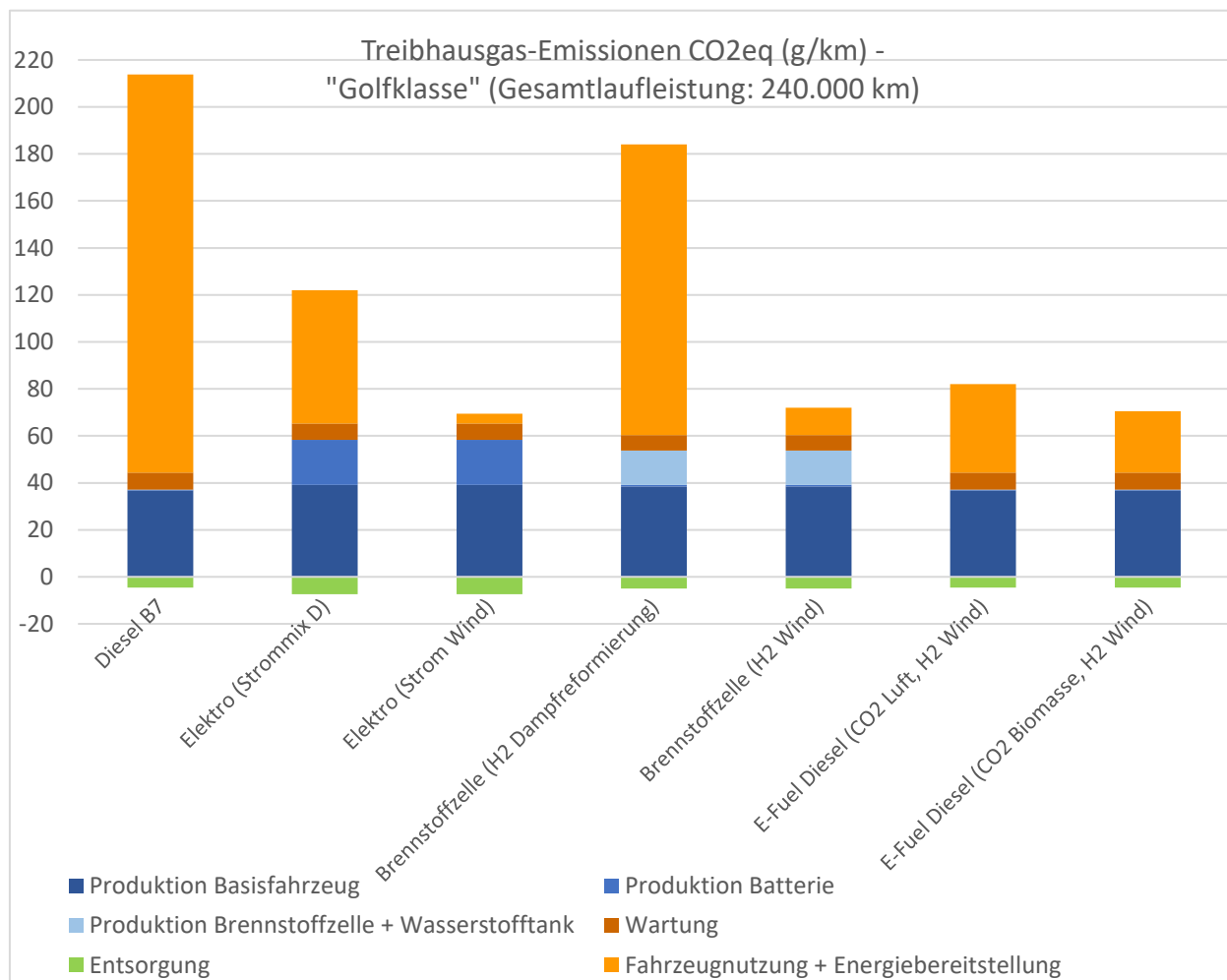


Abbildung 4: Treibhausgas-Emissionen CO<sub>2</sub>eq (g/km) neuer Antriebsarten – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)

In Tabelle 5 und Abbildung 4 werden die CO<sub>2</sub>eq-Emissionen der Fahrzeugnutzung und der Energiebereitstellung gemeinsam dargestellt. Die getrennte Darstellung erfolgt in Tabelle 6 und Abbildung 5. Damit werden die bei biogenen (z.B. Bio-Methan) und synthetischen Kraftstoffen (z.B. E-Fuel) ggf. angerechneten Gutschriften (als negative Werte) bei der Energiebereitstellung separat ausgewiesen/dargestellt bzw. bei Diesel B7 und Benzin E10 in Abzug gebracht.

**Tabelle 6: Treibhausgas-Emissionen Fahrzeugnutzung/Energiebereitstellung CO<sub>2</sub>eq (g/km) – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)**

CO <sub>2</sub> eq/km	Diesel B7	Elektro (Strom-mix D)	Elektro (Strom Wind)	Brennstoffzelle (H <sub>2</sub> Dampfreformierung)	Brennstoffzelle (H <sub>2</sub> Wind)	E-Fuel Diesel (CO <sub>2</sub> Luft, H <sub>2</sub> Wind)	E-Fuel Diesel (CO <sub>2</sub> Biomasse, H <sub>2</sub> Wind)
<b>Kraftstoff-/Energiebereitstellung</b>	26	57	4	124	12	-103	-115
<b>Fahrzeugnutzung</b>	143	0	0	0	0	141	141



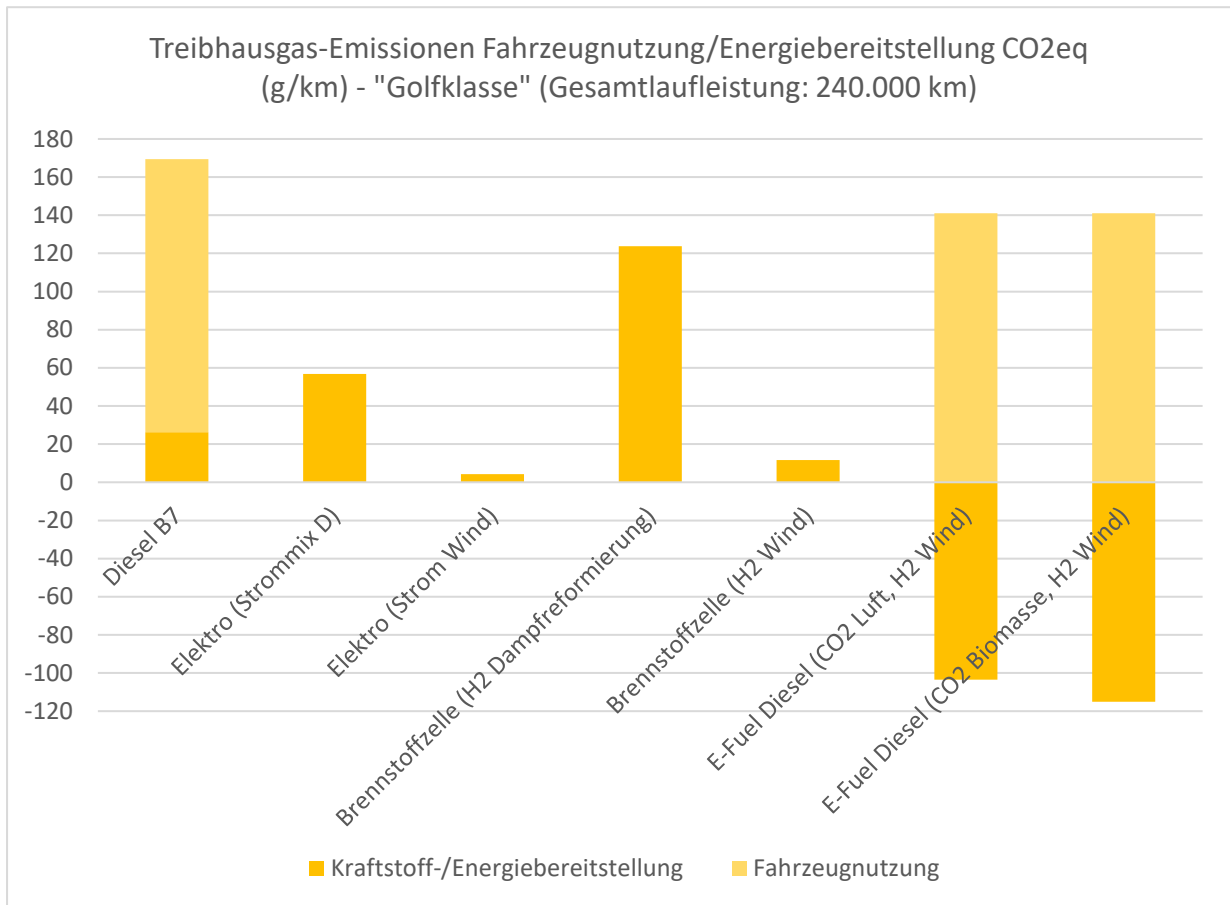


Abbildung 5: Treibhausgas-Emissionen Fahrzeugnutzung/Energiebereitstellung CO<sub>2</sub>eq (g/km) neuer Antriebsarten – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)

Neben der Treibhausgas-Bilanz muss aber stets auch der Primärenergiebedarf einer Antriebsart bzw. eines Kraftstoffes betrachtet werden, wobei auch der Anteil an erneuerbarer Energie (Wind, Sonne, Wasser, Biomasse) angegeben werden muss. Denn hier wird deutlich, dass zum Teil erheblich mehr Energie aufgewendet werden muss, um die gleich Gesamtleistung abzudecken.

So zeigten die aktuellen Auswertungen, dass beim Primärbedarf das Elektroauto, insbesondere bei Nutzung regenerativer Energie (Wind) deutlich vor dem Brennstoffzellenfahrzeug und den E-Fuels liegt. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Ladestrom exakt gleichzeitig zum Verbraucher erzeugt wird. Sofern bei wachsendem Anteil erneuerbarer Stromerzeugung ein Zwischenspeichern des Stroms erforderlich ist, kommt es auch bei der batterieelektrischen Elektromobilität zu unvermeidlichen Umwandlungsprozessen, die die Energieeffizienz reduzieren.

Wesentlicher Nachteil von E-Fuels ist deren schlechterer Wirkungsgrad durch Verluste bei Umwandlungsprozessen im Vergleich zu Strom für batterieelektrische Mobilität und der höhere Bedarf an erneuerbarer Energie in der Produktion. Deshalb kommt es darauf an, E-Fuels in Weltregionen zu erzeugen, in denen Sonne und Wind kontinuierlicher und intensiver zur Verfügung stehen.

Weitere Infos zu E-Fuels bietet auch der aktuelle ADAC Test: [Test: Wie umweltfreundlich sind eFuels? | ADAC](#)

**Tabelle 7: Primärenergiebedarf (kWh/km) – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)**

kWh/km	Diesel B7	Elektro (Strommix D)	Elektro (Wind)	Brennstoffzelle (H2 Dampferformierung)	Brennstoffzelle (H2 Wind)	E-Fuel Diesel (CO2 Luft, H2 Wind)	E-Fuel Diesel (CO2 Biomasse, H2 Wind)
Produktion Basisfahrzeug	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14
Produktion Batterie	<0,005	0,09	0,09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Produktion Brennstoffzelle + Wasserstofftank	-	-	-	0,07	0,07	-	-
Wartung	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Entsorgung	-0,02	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
Kraftstoff-/Energiebereitstellung	0,67	0,36	0,21	0,62	0,57	1,58	1,11
<b>Total</b>	<b>0,83</b>	<b>0,59</b>	<b>0,44</b>	<b>0,84</b>	<b>0,79</b>	<b>1,74</b>	<b>1,26</b>
<b>Anteil erneuerbarer Primärenergie (%)</b>	<b>10</b>	<b>49</b>	<b>88</b>	<b>6</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>94</b>

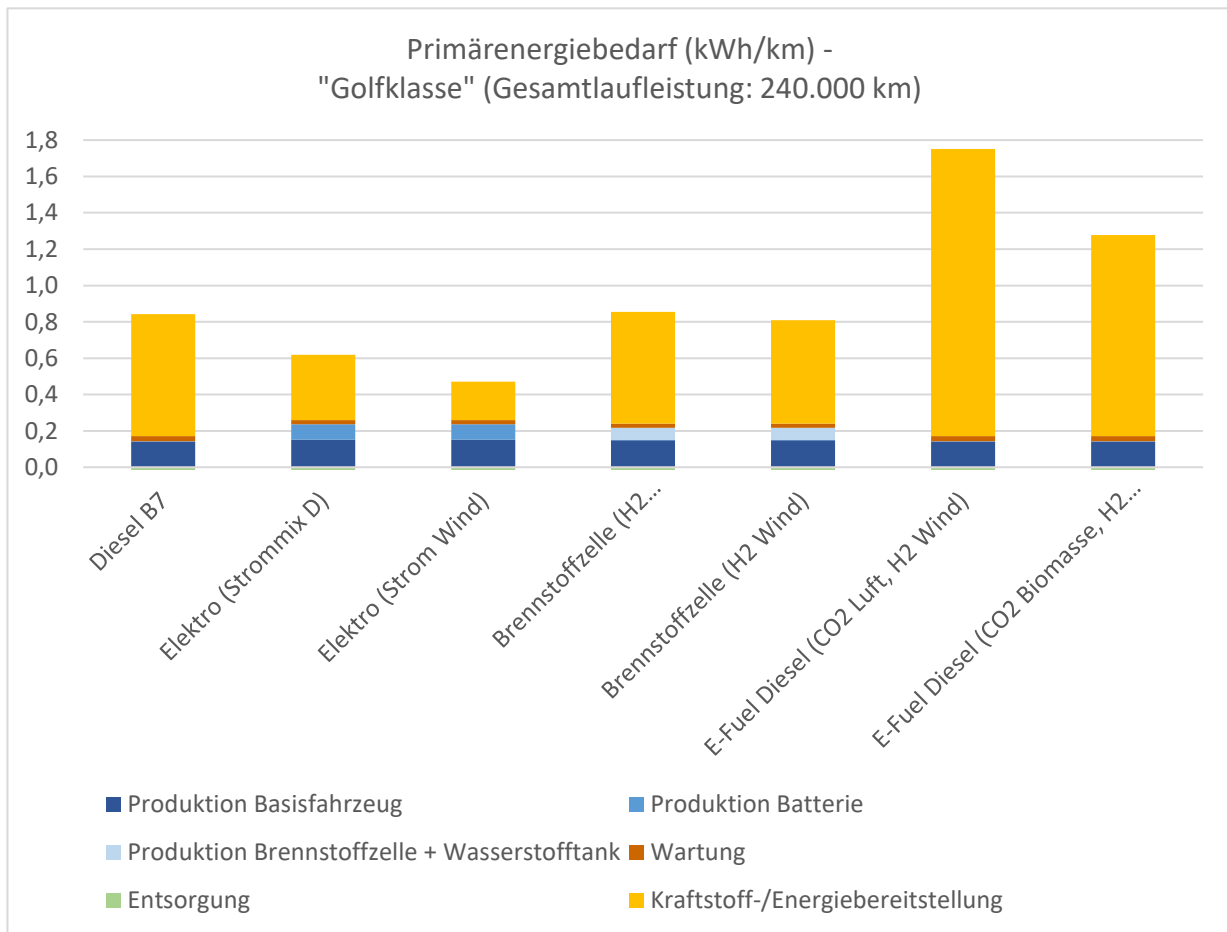


Abbildung 6: Primärenergiebedarf (kWh/km) neuer Antriebsarten – „Golfklasse“ (Gesamtleistung: 240.000 km)

## Fazit

Folgende grundlegende Schlussfolgerungen können aus der aktuellen LCA abgeleitet werden:

- Herstellung energieintensiver Materialien (Stahl, Kupfer, Batteriekomponenten) muss zunehmend mit erneuerbaren Energien aus zusätzlichen regenerativen Quellen erfolgen: Grundsätzlich kann die Treibhausgas-Bilanz eines Fahrzeuges durch die Verwendung erneuerbarer Energien bei deren Herstellung verbessert werden.
- Ausbau der erneuerbaren Quellen zur Stromerzeugung und Anpassung der Versorgungsnetze nötig: Mit Nutzung von regenerativem Strom zeigt sich eine deutliche Verbesserung der Treibhausgas-Bilanz von Elektrofahrzeugen. Der Ausbau der erneuerbaren Quellen in der Stromerzeugung zur Schaffung eines ausreichenden Angebots regenerativ erzeugter Energien, sowie angepasste Versorgungsnetze sind zwingend erforderlich.
- Konventionelle Antriebe nicht am Ende: Wie gut konventionelle Antriebe in der Treibhausgas-Bilanz sein können, zeigt das positive Abschneiden des Erdgasfahrzeuges mit Bio-Methan. Auch regenerativ hergestellten synthetischen Kraftstoffen – etwa aus regenerativer gewonnener Elektrizität, sogenannte E-Fuels – können einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und in Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Zu ihren Nachteilen gehört jedoch der schlechtere Wirkungsgrad durch Verluste bei Umwandlungsprozessen im Vergleich zu Strom für die batterieelektrische Mobilität und der höhere Bedarf an erneuerbarer Energie in der Treibstoffproduktion. Durch Importe aus sonnen- und windreichen Regionen der Erde kann der Kostennachteil des höheren Energieinputs und der aufwändigeren Produktion reduziert werden.
- Technologieneutrale Förderung im Klimaschutz nötig: Förderinstrumente zur Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen aus dem Pkw-Verkehr sollten technologieneutral ausgerichtet sein.

## Interaktive LCA-Plattform

Auf Basis des von der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft entwickelten „LCA-Tools“ wurde in Kooperation mit Green NCAP eine interaktive LCA-Plattform entwickelt, die Verbrauchern die Möglichkeit bietet, die tatsächlichen Umweltauswirkungen eines Fahrzeuges, während seines gesamten Lebenszyklus zu verstehen.

Mit Hilfe der Plattform können die Verbraucher den Energiebedarf und die Treibhausgas-Emissionen eines Fahrzeuges über den gesamten Lebenszyklus ermitteln und verschiedene Modelle und Antriebsarten miteinander vergleichen. Dabei können die Vergleichsparameter an die lokalen und persönlichen Gegebenheiten angepasst werden, hierzu zählen jährliche Fahrleistung und Strommix. Je nach Bedarf und Bedingungen können bis zu drei Fahrzeugmodelle miteinander verglichen werden. Die Plattform bietet auch die Möglichkeit, den ökologischen Fußabdruck eines Elektroautos in verschiedenen europäischen Ländern zu untersuchen und zeigt die Vorteile eines höheren Anteils an erneuerbarem Strom.

Durch die Anbindung an die ADAC Autodatenbank stützt sich die interaktive LCA-Plattform auf eine große Datenbank mit über 30.000 Modellen, für die eine individuelle LCA berechnet werden kann. Für die von Green NCAP getestete Fahrzeuge kann zusätzlich die LCA auf Basis der realistischen Kraftstoff- und/oder Energieverbrauchswerte aufgezeigt werden.

Die interaktive Plattform richtet sich an Verbraucher, die die Nachhaltigkeit ihres Fahrzeuges im Zusammenhang mit ihrem Wohnort und ihrer langfristigen Nutzung in Betracht ziehen, aber auch an Wissenschaftler, Industrie und Gesetzgeber und stellt einen echten Schritt in Richtung eines globalen Umweltbewusstseins in Bezug auf klimaschädliche Emissionen und die Lebenszyklus-Energie dar, die für die Herstellung umweltfreundlicher und nachhaltiger Fahrzeuge erforderlich ist.

Damit wurden Grundlagen geschaffen, um die LCA auch für zukünftige gesetzliche Anforderungen abzubilden.

Die deutsche Version der interaktive LCA-Plattform ist verfügbar unter [Lebenszyklusanalyse \(Life Cycle Assessment, LCA\) \(greenncap.com\)](https://www.greenncap.com)

Herausgeber/Impressum

ADAC e.V.

Test und Technik

81360 München

E-Mail [tet@adac.de](mailto:tet@adac.de)

[www.adac.de](http://www.adac.de)