



Der Polo

Umweltprädikat – Hintergrundbericht



Die Umweltbilanz des Polo	3
1 Die untersuchten Fahrzeuge der Baureihe Polo	5
1.1. Ziel und Zielgruppe der Untersuchung	5
1.2. Funktion und funktionelle Einheit der untersuchten Fahrzeugsysteme	5
1.3. Untersuchungsrahmen	6
1.4. Umweltwirkungsabschätzung	8
1.5. Datengrundlage und Datenqualität	9
2 Modellannahmen und Festlegungen der Umweltbilanz	12
3 Ergebnisse der Umweltbilanzierung	14
3.1. Sachbilanzergebnisse	14
3.1.1. Dieselmotorisierungen	14
3.1.2. Benzinmotorisierungen	16
3.2. Umweltprofile der Fahrzeuge im Vergleich	18
3.2.1. Dieselfahrzeuge	18
3.2.2. Benzinfahrzeuge	21
4 Gültigkeitserklärung	25
Literatur und Quellenverzeichnis	26
Abkürzungsverzeichnis	27
Abbildungsverzeichnis	28
Tabellenverzeichnis	28
Anhang	29

Die Umweltbilanz des Polo

Volkswagen verfolgt das Ziel, Fahrzeuge so zu entwickeln, dass sie ganzheitlich betrachtet jeweils bessere Umwelteigenschaften aufweisen als ihre Vorgängermodelle. Die Umweltperformance seiner Fahrzeuge und Technologien dokumentiert Volkswagen in Form von Umweltprädikaten. Mit den Umweltprädikaten informieren wir unsere Kunden, Aktionäre und weitere Interessenten innerhalb und außerhalb des Unternehmens ausführlich darüber, wie Volkswagen seine Produkte und Prozesse umweltfreundlicher gestaltet und welche Erfolge wir dabei erzielen [Volkswagen AG 2009a, Volkswagen AG 2009b]. Grundlage der Umweltprädikate sind detaillierte Umweltbilanzen gemäß ISO 14040/44, die durch unabhängige Sachverständige, in diesem Fall vom TÜV NORD, geprüft werden. Im Sinne einer integrierten Produktpolitik werden so nicht nur einzelne Umweltaspekte, wie z.B. die Fahremissionen eines Fahrzeugs, sondern der gesamte Lebenszyklus eines Produkts untersucht. Dies bedeutet, dass sämtliche Prozesse von der Herstellung über die Nutzung bis zur Verwertung untersucht werden.

Seit 1996 erstellt Volkswagen Umweltbilanzen seiner Fahrzeuge und einzelner Komponenten mit dem Ziel, diese hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit zu optimieren. Die umweltschutzrelevante Verbesserung des Polo liegt uns dabei als wichtiger Schritt – hin zu einer nachhaltigen Mobilität für alle – besonders am Herzen. Mit dem vorliegenden Umweltprädikat präsentieren wir die Ergebnisse einer vollständigen Umweltbilanz und weisen damit den kontinuierlichen Fortschritt von Volkswagen im Bereich einer umweltbezogenen Produktoptimierung nach.

Für die Umweltbilanz des Polo haben wir die drei Dieselsonnen 1,2 TDI (55 kW), 1,2 TDI BlueMotion (55 kW) und 1,6 TDI BlueMotion Technology (66 kW) mit einem ähnlich motorisierten Vorgänger verglichen. Bei den Benzinern wurde ein Polo 1,2 TSI (77 kW) sowie ein Modell mit 1,4-Liter-MPI-Motor (63 kW) und 7-Gang-Doppelkupplungsgetriebe DSG® einem fast gleichstarken Vorgänger gegenüber gestellt.

Die Bewertung der Fahrzeuge findet dabei nicht nur anhand der Emissionen, die sie während ihrer Nutzungsphase, also der reinen „Fahrzeit“, ausstoßen, sondern über den gesamten Lebensweg von der Produktion bis zur Entsorgung statt. Relativ schnell wurde deutlich, dass die Nachfolgermodelle in fast allen Bereichen, den sogenannten Umweltwirkungskategorien, zum Teil signifikante Verbesserungen aufweisen. Hierbei treten die größten Fortschritte auch in den Bereichen mit den mengenmäßig relevantesten Umweltwirkungen auf, so beim Treibhauseffekt, beim Versauerungs- und beim Sommersmogbildungspotenzial. Zu Gewässereutrophierung und Ozonabbau tragen die untersuchten Fahrzeuge hingegen nur geringfügig bei. Des Weiteren lässt sich festhalten, dass die Verbesserungen zum größten Teil auf einen reduzierten Kraftstoffverbrauch, die dadurch reduzierten Fahremissionen und die vermiedenen Umweltlasten bei der Kraftstoffherstellung zurückzuführen sind. Hinzu kommen die Vorteile durch Leichtbaumaßnahmen und kleiner dimensionierte Motoren bei gleicher Leistung.

Gegenüber dem Vorgängermodell ist der aktuelle Polo zwar etwas größer, aber trotz zahlreicher Anforderungen an Sicherheit und Komfort nicht schwerer geworden. Signifikante Verbesserungen sind beim Kraftstoffverbrauch und den damit verbundenen CO₂-Emissionen erzielt worden. In punkto Genügsamkeit zeigt vor allem der BlueMotion, welches Potenzial wir ausschöpfen konnten. Der Polo weist über den gesamten Lebenszyklus hinsichtlich Treibhauseffekt und Sommersmog eine deutlich bessere Bilanz als das Vorgängermodell auf und erreicht damit das gesteckte Umweltziel der Technischen Entwicklung. In der Herstellungsphase ergeben sich lediglich geringe Abweichungen. Je nach Modell und Wirkungskategorie können die Umweltlasten des Nachfolgermodells auch geringfügig über denen des Vorgängers liegen. Diese werden jedoch aufgrund der Einsparungen in der sich daran anschließenden Nutzungsphase schnell wieder ausgeglichen.

Während des gesamten Lebenszyklus stoßen die Dieselmotore 22,1 Tonnen (1,2 TDI), 21,7 Tonnen (BlueMotion Technology) bzw. 20,3 Tonnen (BlueMotion) Kohlendioxid-äquivalente aus. Das bedeutet für den 1,2 TDI eine Entlastung von etwa 13 Prozent gegenüber seinem Vorgänger und für den Polo BlueMotion Technology 15 Prozent. Das BlueMotion-Modell wartet mit einem noch besseren Wert von minus 20 Prozent auf. In Kombination mit dem DSG[®] emittiert der benzinbetriebene 1,4 MPI über den Lebenszyklus verteilt 30,1 Tonnen und der 1,2 TSI 28 Tonnen CO₂-Äquivalente. Die Benziner erzielen damit eine Verbesserung um zwölf bzw. 18 Prozent. Diese Gesamt-reduktion der Treibhausgase hat eine durchaus relevante Größe, denn sie entspricht beispielsweise beim 1,4-Liter-Modell gegenüber dem Vorgänger ca. 4,2 Tonnen CO₂-Äquivalente. In welcher Größenordnung diese Einsparung liegt, macht ein Vergleich deutlich: Die gesamte Herstellung eines Polo 1,4 MPI mit 7-Gang-DSG verursacht etwa fünf Tonnen an Treibhausgasen.

In der Summe haben wir somit das Ziel, unsere Fahrzeuge technisch weiter zu entwickeln und gleichzeitig umweltverträglicher zu machen, erreicht.

Die untersuchten Fahrzeuge der Baureihe Polo

Mit dem Umweltprädikat Polo beschreibt und analysiert Volkswagen die Umweltwirkungen ausgewählter Polo-Modelle. Dazu haben wir einen Vergleich von Modellen mit Diesel- und Benzinmotoren der aktuellen Baureihe (Polo V)¹ mit ihren jeweiligen Vorläufern (Polo IV) durchgeführt. Die Ergebnisse beruhen auf Umweltbilanzen, die den Normen DIN EN ISO 14040 [ISO 2006] und 14044 entsprechen. Alle für die Erstellung dieser Umweltbilanzen notwendigen Definitionen und Beschreibungen wurden in Übereinstimmung mit den genannten Normen erstellt und werden nachfolgend erläutert.

Ziel und Zielgruppe der Untersuchung

Volkswagen erstellt Umweltbilanzen bereits seit über zehn Jahren, um seine Kunden, Aktionäre und weitere Interessenten innerhalb und außerhalb des Unternehmens detailliert über die Umweltwirkungen von Fahrzeugen und Komponenten zu informieren. Das Ziel der vorliegenden Umweltbilanz ist die Beschreibung der Umweltprofile des Typs Polo mit Diesel- und Benzinmotoren im Vorgänger-Nachfolger-Vergleich.

Dazu haben wir den 1,4 TDI mit Dieselpartikelfilter (DPF[®]) (59 kW)² mit seinem fast gleichstarken Nachfolger, dem neuen 1,2 TDI DPF[®] (55 kW)³ sowie den besonders sparsamen Polo BlueMotion Technology (1,6 TDI DPF[®], 66 kW)⁴ und Polo BlueMotion (1,2 TDI DPF[®], 55 kW)⁵ verglichen. Bei den Benzinern wurde ein Modell mit 1,6-Liter-MPI-Motor (77kW)⁶ einem vergleichbaren Nachfolger mit 1,4-Liter-MPI-Motor (63 kW) und 7-Gang-DSG⁷ sowie dem 1,2 TSI (77 kW)⁸ gegenüber gestellt⁹.

Funktion und funktionelle Einheit der untersuchten Fahrzeugsysteme

Als funktionelle Einheit der Bilanzierung ist der Personentransport (5-Sitzer) über eine festgelegte Gesamtdistanz von 150.000 Kilometern im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) bei vergleichbaren Gebrauchseigenschaften (z.B. Fahrleistungen) definiert (siehe Technische Daten in Tabelle 1).

¹ Die Nachfolgerfahrzeuge repräsentieren die zur Drucklegung am Markt verfügbaren Modelle der neuen Baureihe.

² 4,5 l/100km (NEFZ) 119g CO₂/km

³ 3,8 l/100km (NEFZ) 99g CO₂/km

⁴ 3,7 l/100km (NEFZ) 96g CO₂/km

⁵ 3,3 l/100km (NEFZ) 87g CO₂/km

⁶ 6,7 l/100km (NEFZ) 159g CO₂/km

⁷ 5,8 l/100km (NEFZ) 135g CO₂/km

⁸ 5,3 l/100km (NEFZ) 124g CO₂/km

⁹ Es wurde jeweils die verbrauchsgünstigste Motor-Getriebe-Kombination für den Vergleich herangezogen. In der Regel ist dies ein Modell mit Handschaltgetriebe, beim neuen Polo 1,4 MPI jedoch die Variante mit dem 7-Gang-DSG[®]. Der durch das Doppelkupplungsgetriebe erzielte Komfortgewinn wird in der Bilanz nicht bewertet.

Tabelle 1: Technische Daten der Vergleichsfahrzeuge

	Polo IV 1,4 TDI DPF®	Polo V 1,2 TDI DPF®	Polo V 1,6 TDI DPF® Blue Motion Technology	Polo V 1,2 TDI DPF® Blue Motion	Polo IV 1,6 MPI	Polo V 1,4 MPI DSG	Polo V 1,2 TSI
Hubraum [cm ³]	1422	1199	1598	1199	1598	1390	1197
Leistung [kW]	59	55	66	55	77	63	77
Getriebe	5-Gang- manuell	5-Gang- manuell	5-Gang- manuell	5-Gang- manuell	5-Gang- manuell	7-Gang- DSG	6-Gang- manuell
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Benzin (Super)	Benzin (Super)	Benzin (Super)
Emissionsklasse	Euro 4	Euro 5	Euro 5	Euro 5	Euro 4	Euro 5	Euro 5
Höchstgeschwindigkeit [km/h]	174	170	180	173	192	177	190
Beschleunigung 0-100 km/h [s]	12,8	13,9	11,5	13,9	10,4	11,9	9,7
Max. Drehmoment [Nm] bei 1/min	195/ 1800- 2200	180/ 2000	230/ 1500- 2500	180/ 2000	153/ 3800	132/ 3800	175/ 1550- 4100
Leergewicht [kg] ¹⁰	1166	1132	1165	1150	1104	1104	1088
Zuladung [kg]	559	563	560	515	559	551	557
Kraftstoffbehältervolumen [l]	45	45	45	45	45	45	45

Untersuchungsrahmen

Der Untersuchungsrahmen wurde so definiert, dass die betrachteten Prozesse und Stoffe vollständig rückverknüpft, d.h. im Sinne von ISO 14040 auf der Ebene von Elementarflüssen modelliert wurden. Dies bedeutet, dass nur solche Stoff- und Energieflüsse die Bilanzgrenzen überschreiten, die ohne vorherige Behandlung von Menschen der Natur entnommen bzw. in diese entlassen werden. Einzige Ausnahme bilden die in der Verwertungsphase erzeugten Materialfraktionen.

Die Herstellungsphase der Fahrzeuge wurde durch die Modellierung der Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse aller verbauten Fahrzeugteile und Komponenten erfasst. Die Modellierung umfasst hierbei alle Schritte von der Rohstoffgewinnung über die Halbzeugherstellung bis zur Fertigung.

In der Nutzungsphase wurden alle relevanten Prozesse von der Rohstoffförderung über die Kraftstoffbereitstellung bis zum direkten Fahrbetrieb modelliert. Die Analyse der Kraftstoffbereitstellung umfasst den Transport von der Lagerstätte zur Raffinerie, die Raffination sowie den Transport von der Raffinerie zur Tankstelle. Die Wartung der Fahrzeuge ist nicht Bestandteil der Untersuchung, da bereits in früheren Studien

¹⁰ Fahrzeugleergewicht mit Fahrer 68 kg, sieben kg Gepäck und Kraftstoffbehälter zu 90 % gefüllt, ermittelt nach der RL 92/21/EWG [EU 1992] in der gegenwärtig geltenden Fassung (Stand 04/2009).

nachgewiesen wurde, dass davon keine wesentlichen Umweltbelastungen ausgehen [Schweimer und Levin 2000; Schweimer und Roßberg 2001].

Die Modellierung der Verwertungsphase umfasst die Verwertung der Fahrzeuge nach dem VW-SiCon-Verfahren. Bei diesem Verfahren werden im Gegensatz zu herkömmlichen Recyclingpfaden auch nichtmetallische Schredderreststoffe so aufbereitet, dass sie Primärrohstoffe substituieren können [Krinke et al. 2005a]. Mit diesem Verfahren lassen sich etwa 95 Prozent des Fahrzeuggewichts verwerten.

Für die aus den Verwertungsprozessen resultierenden Sekundärrohstoffe wurden in der Umweltbilanz keine Gutschriften erteilt. Lediglich die Aufwendungen und Emissionen der Verwertungsprozesse wurden dargestellt. Dies entspricht der unvorteilhaftesten Annahme („worst case“)¹¹, da in der Realität meist Sekundärrohstoffe aus der Fahrzeugverwertung wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden. Durch diese Rückführung können Primärrohstoffe ersetzt und somit die Umweltlasten, die bei deren Herstellung auftreten, vermieden werden.

Abbildung 1 stellt den Untersuchungsrahmen der Umweltbilanz grafisch dar. Für sämtliche Prozesse der Herstellungs-, Nutzungs- und Verwertungsphase wurde Europa (EU 15) als Bezugsraum gewählt.

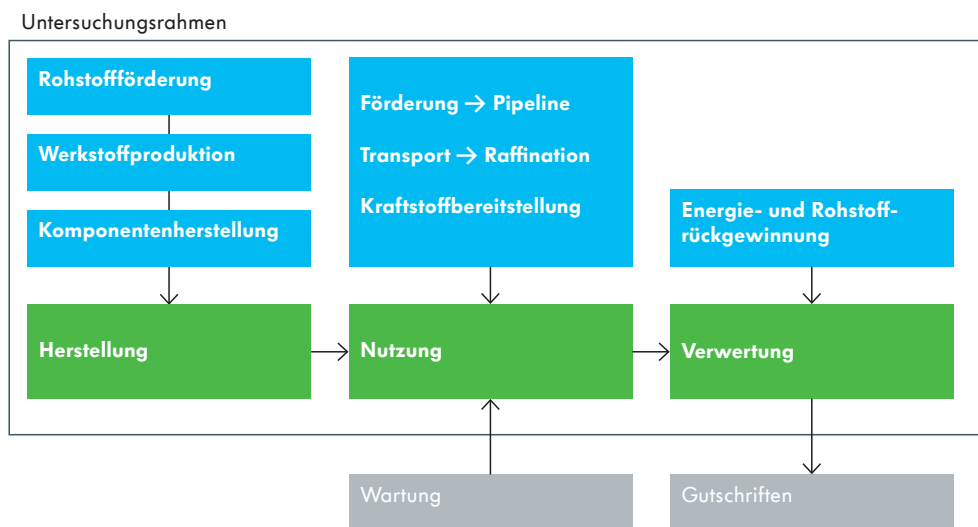


Abbildung 1: Untersuchungsrahmen der Umweltbilanz

¹¹ Ein „worst case“ beschreibt den ungünstigsten anzunehmenden Fall. In diesem Fall entspricht der „worst case“ der ungünstigsten Ausprägung der Modellparameter der Verwertungsphase.

Umweltwirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung basiert auf der CML-Methodik, die an der niederländischen Universität Leiden entwickelt wurde [Guinée und Lindeijer 2002]. Die Bewertung von Umweltwirkungspotenzialen beruht bei dieser Methode auf anerkannten naturwissenschaftlichen Modellen. Insgesamt wurden fünf Umweltwirkungskategorien¹² als relevant identifiziert und untersucht:

- Eutrophierungspotenzial
- Ozonabbaupotenzial
- Sommersmogbildungspotenzial
- Treibhauseffektpotenzial für einen Bezugszeitraum von 100 Jahren
- Versauerungspotenzial

Die genannten Umweltwirkungskategorien wurden deshalb ausgewählt, weil sie für den Automobilbereich von besonderer Bedeutung sind und auch in anderen automobilbezogenen Umweltbilanzen regelmäßig Anwendung finden [Schmidt et al. 2004; Krinke et al. 2005b]. Die in Umweltbilanzen ermittelten Umweltwirkungen werden dabei in verschiedenen Einheiten gemessen. So werden beispielsweise das Treibhauseffektpotenzial in kg CO₂-Äquivalenten und das Versauerungspotenzial in kg SO₂-Äquivalenten angegeben. Um die verschiedenen Einheiten vergleichbar zu machen, wird zusätzlich eine sogenannte Normierung durchgeführt. Normierung bedeutet in dieser Studie, dass die Bilanzergebnisse auf die Umweltlasten bezogen werden, die der Wirtschaftsraum Westeuropa (EU 15) durchschnittlich pro Jahr hervorruft. Für die Umweltwirkungskategorie Treibhauseffektpotenzial sind dies beispielsweise etwa 4,4 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalente (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Normierungsfaktoren EU 15 nach CML 2001
(in tausend t)

Umweltwirkungskategorie	per capita	Einheit
Eutrophierungspotenzial	15906	PO ₄ -Äquivalente
Ozonabbaupotenzial	31	R11-Äquivalente
Sommersmogbildungspotenzial	7228	C ₂ H ₄ -Äquivalente
Treibhauseffektpotenzial	4440050	CO ₂ -Äquivalente
Versauerungspotenzial	21553	SO ₂ -Äquivalente

Auf diese Weise lassen sich Aussagen über das Maß treffen, mit dem ein Produkt zu den Gesamtumweltlasten innerhalb Westeuropas beiträgt, und die Ergebnisse auf einer gemeinsamen Größenachse grafisch darstellen. Zudem macht es die Ergebnisse verständlicher und ermöglicht eine Gegenüberstellung der Umweltwirkungen.

¹² Eine ausführliche Beschreibung dieser Umweltwirkungskategorien befindet sich im Glossar.

In Tabelle 2 haben wir die in der CML2001-Methodik hinterlegten Normierungsfaktoren der einzelnen Wirkungskategorien aufgeführt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Normierung keine Aussage über die ökologische Relevanz einzelner Umweltwirkungen macht, also keine Werthaltung bezüglich der Wichtigkeit einzelner Umweltwirkungen enthält.

Datengrundlage und Datenqualität

Die zur Bilanzierung verwendeten Daten lassen sich in Produkt- und Prozessdaten einteilen. Produktdaten beschreiben das Produkt an sich und umfassen u.a.:

- Angaben zu Teilen, Stückzahlen, Gewicht und Werkstoffen
- Angaben zum Kraftstoffverbrauch und Emissionen während der Nutzung
- Angaben zu Verwertungsmengen und -verfahren

Prozessdaten sind Daten zu Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen, wie der Strombereitstellung, der Werkstoff- und Halbzeugherstellung, der mechanischen Fertigung sowie der Herstellung von Kraftstoff und Betriebsmitteln. Diese Daten werden entweder aus kommerziellen Datenbanken entnommen oder fallspezifisch von Volkswagen selbst erhoben.

Bei der Verwendung der Datensätze achten wir auf eine Auswahl von möglichst repräsentativen Daten. Das bedeutet, dass die Daten die Werkstoffe, Verarbeitungs- und sonstigen Prozesse in technologischer, zeitlicher und geografischer Hinsicht bestmöglich abbilden. Hauptsächlich wird dabei auf veröffentlichte Industriedaten zurückgegriffen. Außerdem wurden möglichst aktuelle Daten ausgewählt, die Europa als Bezugsraum aufweisen. Wo europäische Daten nicht vorlagen, wurden deutsche Verhältnisse abgebildet. Für die untersuchten Fahrzeuge haben wir stets die gleichen Vorkettendaten für Energieträger und Werkstoffe gewählt. Dies bedeutet, dass Unterschiede zwischen den Vorgänger- und Nachfolgermodellen ausschließlich auf veränderten Bauteilgewichten, Werkstoffzusammensetzungen, Volkswagen-Fertigungsprozessen sowie Fahremissionen, nicht aber auf Veränderungen in der Rohstoff-, Energie- und Zulieferindustrie beruhen.

Das Umweltbilanzmodell der Fahrzeugproduktion wurde mit Hilfe der von Volkswagen entwickelten slimLCI-Methodik aufgebaut [Koffler et al. 2007]¹³. Als Datenquellen für die relevanten Produktdaten werden hierbei Fahrzeugstücklisten verwendet, anhand derer Gewichts- und Werkstoffinformationen aus dem Volkswagen Materialinformationssystem MISS ausgelesen werden. Diese Informationen werden in einem nachfolgenden Schritt mit den entsprechenden, in der Umweltbilanzierungssoftware GaBi hinterlegten Prozessdaten verknüpft.

Durch die weitestgehende Standardisierung verfügbarer Werkstoffeinträge, Verarbeitungsprozesse und der zugehörigen Datenauswahl in GaBi stellt slimLCI diese Informationen auf konsistente und transparente Weise bereit. Die slimLCI-Methodik

¹³ Mehr Informationen zur Erstellung von Umweltbilanzen bei Volkswagen finden Sie im Internet unter www.umweltpraedikat.de

gewährleistet daher neben einer hohen Detailgenauigkeit der Modellierung auch einen hohen Qualitätsstandard der LCA-Modelle.

Für die Modellierung der Nutzungsphase wurden für die Kraftstoffvorketten repräsentative Datensätze der Bilanzierungssoftware GaBi herangezogen. Als mittlere Transportdistanz der Kraftstoffe in Europa wurden 200 Kilometer angenommen.

Die direkten Fahremissionen der untersuchten Modelle wurden für die limitierten Emissionen (CO, NO_x und HC) individuell nach den Emissionsgrenzwertklassen Euro 4 bzw. Euro 5 modelliert (siehe Tabelle 1 und Tabelle 3).

Tabelle 3: Relevante Grenzwerte nach Euro 4 und Euro 5

Grenzwert	Euro 4		Euro 5	
	Benzin [g/km]	Diesel [g/km]	Benzin [g/km]	Diesel [g/km]
Kohlenmonoxid-Emissionen (CO)	1,00	0,50	1,00	0,50
Stickoxid-Emissionen (NO _x)	0,08	0,25	0,06	0,18
Kohlenwasserstoff-Emissionen (HC)	0,10		0,10	
davon NMHC			0,068	
NO _x + HC Emissionen		0,30		0,23
Partikel-Emissionen		0,025	0,005*	0,005

* mit Direkteinspritzung

Diese Modellierung entspricht ebenfalls der Annahme des ungünstigsten Falls („worst case“), da die tatsächlichen Emissionen zum Teil weit unter den gesetzlich zulässigen Höchstwerten liegen (siehe Tabelle 4). Dadurch ergibt sich, dass die in den Ergebnisgrafiken dargestellten limitierten Nutzungsphasenemissionen höher ausfallen als sie in der Realität tatsächlich auftreten.

Der Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge wird aus den ermittelten CO₂-Emissionen der Fahrzeuge berechnet und ist ebenfalls in Tabelle 4 dargestellt. Alle Verbrauchs- und Emissionsmesswerte wurden anhand der Richtlinien 80/268/EWG und 70/220/EWG [EU 2001; EU 2004] sowie der Verordnung 692/2008 [EU 2008] zur Typprüfzulassung erstellt und entsprechen den Werten, die zur Typprüfzulassung an das Kraftfahrtbundesamt übermittelt wurden. Der Schwefelgehalt von Benzin wurde mit 10 ppm¹⁴ angenommen.

¹⁴ Zwar wird in einigen Ländern noch kein Kraftstoff mit einem Schwefelgehalt von 10 ppm angeboten, doch auch bei einem höheren Schwefelgehalt wäre der Anteil der Schwefelemissionen während der Nutzungsphase immer noch vernachlässigbar gering.

Tabelle 4: Verbrauch und Emissionswerte der Vergleichsfahrzeuge

	Polo IV 1,4 TDI DPF®	Polo V 1,2 TDI DPF®	Polo V 1,6 TDI DPF® Blue Motion Technology	Polo V 1,2 TDI DPF® Blue Motion	Polo IV 1,6 MPI	Polo V 1,4 MPI DSG	Polo V 1,2 TSI
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Benzin (Super)	Benzin (Super)	Benzin (Super)
Kraftstoffverbrauch (innerorts/außerorts/kombiniert) [l/100 km]*	5,8/3,8/ 4,5	4,6/3,3/ 3,8	4,6/3,2/ 3,7	4,0/2,9/ 3,3	9,5/5,1/ 6,7	7,7/4,7/ 5,8	6,8/4,5/ 5,3
Emissionsklasse	Euro 4	Euro 5	Euro 5	Euro 5	Euro 4	Euro 5	Euro 5
Kohlendioxid-Emissionen kombiniert [g/km]	119	99	96	87	159	135	124
CO [g/km]	0,144	0,308	0,124	0,213	0,152	0,135	0,469
HC [g/km]					0,038	0,064	0,044
davon NMHC [g/km]						0,0575	0,0373
NO _x [g/km]	0,177	0,142	0,094	0,137	0,035	0,024	0,024
NO _x + HC [g/km]	0,186	0,191	0,138	0,168			
Partikel [g/km]	0,018	0,00023	0,00095	0,0001			

* Gesamtdurchschnittsverbrauch nach NEFZ

Die Modellierung der Fahrzeugverwertung wurde anhand der Daten des VW-SiCon-Verfahrens sowie mit Hilfe repräsentativer Datensätze der GaBi-Datenbank modelliert.

Abschließend kann festgestellt werden, dass alle für die Zielsetzung dieser Studie relevanten Daten erfasst und hinreichend vollständig modelliert wurden¹⁵. Durch die Modellierung der Fahrzeugsysteme anhand von Fahrzeugstücklisten lässt sich vor allem die Vollständigkeit der Modellierung der Herstellungsphase sicherstellen. Die Automatisierung eines Großteils der notwendigen Arbeitsschritte führt außerdem dazu, dass Unterschiede in den Ergebnissen ausschließlich auf veränderte Produktdaten, nicht aber auf Abweichungen in der Modellierungssystematik zurückzuführen sind.

¹⁵ Vollständigkeit im Sinne von ISO 14040 ist immer in Bezug zum Ziel der Untersuchung zu sehen. In diesem Fall bedeutet sie, dass die wesentlichen Werkstoffe und Verarbeitungsprozesse abgebildet werden. Verbleibende Datenlücken sind unvermeidbar, gelten aber für alle Vergleichsobjekte gleichermaßen.

Modellannahmen und Festlegungen der Umweltbilanz

Im Folgenden sind alle für die Erstellung der Umweltbilanz festgelegten Rahmenbedingungen und Modellannahmen dargestellt.

Tabelle 5: Annahmen und Festlegungen der Umweltbilanz

Ziel der Umweltbilanz
<ul style="list-style-type: none"> • Vergleich von Umweltwirkungen der Vorgänger- und Nachfolgermodelle ausgewählter Polo-Fahrzeuge mit Diesel- und Benzinmotoren
Untersuchungsrahmen
<p>Funktion der Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personentransport (5-Sitzer)
<p>Funktionelle Einheit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personentransport (5-Sitzer) über eine festgelegte Gesamtdistanz von 150.000 Kilometern im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) bei vergleichbaren Gebrauchseigenschaften (z. B. Fahrleistungen)
<p>Vergleichbarkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vergleichbare Fahrleistungen • Fahrzeuge in der Basisausstattung
<p>Systemgrenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Systemgrenzen schließen den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge ein (Herstellungs-, Nutzungs- und Verwertungsphase).
<p>Abschneidekriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wartung und Instandhaltung der Fahrzeuge sind nicht Teil des Untersuchungsrahmens. • Es werden keine Gutschriften für anfallende Sekundärrohstoffe vergeben. • In GaBi-Datensätzen angewandte Abschneidekriterien, wie in der Softwaredokumentation beschrieben (www.gabi-software.de) • Explizite Abschneidekriterien wie Gewichts- oder Relevanzgrenzen wurden nicht angewendet.
<p>Allokation</p> <ul style="list-style-type: none"> • In GaBi-Datensätzen angewandte Allokationen, wie in der Softwaredokumentation beschrieben (www.gabi-software.com) • Keine weiteren Allokationen angewandt

Datengrundlage

- Volkswagen-Fahrzeugstücklisten
- Werkstoff- und Gewichtsinformationen aus dem VW-internen Materialinformationssystem (MISS)
- Technische Datenblätter
- Technische Zeichnungen
- Grenzwerte für limitierte Emissionen gemäß der gültigen EU-Vorschriften
- Die verwendeten Daten der Weiterverarbeitung entstammen entweder der GaBi-Datenbank oder wurden in Zusammenarbeit mit Volkswagen-Standorten, Lieferanten oder Industriepartnern erhoben.

Bilanzergebnisse

- Sachbilanzergebnisse umfassen die Emissionen an CO₂, CO, SO₂, NO_x, NMVOC, CH₄ sowie energetische Ressourcen.
- Die Wirkungsabschätzung umfasst die Umweltwirkungskategorien Eutrophierungspotenzial, Ozonabbaupotenzial, Sommersmogbildungspotenzial, Treibhauseffektpotenzial für einen Bezugszeitraum von 100 Jahren sowie Versauerungspotenzial.
- Normierung der Ergebnisse

Software

- Umweltbilanzierungssoftware GaBi sowie als unterstützende Tools GaBi DfX-Tool und slimLCI-Schnittstelle

Auswertung

- Bewertung von Sachbilanz- und Wirkungsabschätzungsergebnissen unterteilt in Lebenszyklusphasen und Einzelprozesse
- Gegenüberstellung von Wirkungsabschätzungsergebnissen der Vergleichsfahrzeuge
- Interpretation der Ergebnisse

Ergebnisse der Umweltbilanzierung

Sachbilanzergebnisse

Die Angaben zu den Sachbilanzen sind in die drei Lebenszyklusphasen Herstellung, Nutzung und Verwertung untergliedert. Bei der Nutzungsphase wird zwischen dem Umwelteinfluss durch die Kraftstoffbereitstellung und den direkten Fahremissionen unterschieden. Der für die Verwertung dargestellte Beitrag führt nur den Anteil der Verwertungsprozesse an den Gesamtumweltlasten auf, enthält jedoch keine Gutschriften für anfallende Sekundärrohstoffe.

Dieselmotorisierungen

In Abbildung 2 wird deutlich, dass die Emissionen des Polo IV 1,4 TDI wie Kohlendioxid (CO₂), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxide (NO_x) hauptsächlich während der Fahrzeugnutzung verursacht werden. Im Gegensatz dazu wird sowohl die Emission von Methan (CH₄) als auch der Verbrauch von Primärenergie durch die Kraftstoffbereitstellung (d.h. vom Bohrloch bis zur Tankstelle) dominiert. Wegen des angenommenen geringen Schwefelgehalts im Kraftstoff hat die Herstellungsphase wiederum einen bedeutenden Anteil an den Schwefeldioxidemissionen. Über den gesamten Lebenszyklus des Polo IV 1,4 TDI werden 24,7 Tonnen CO₂ emittiert. Der Gesamtenergiebedarf beläuft sich auf 347,5 GJ.¹⁶

Sachbilanz

Polo IV 1,4 TDI [59 kW] (Vorgänger)

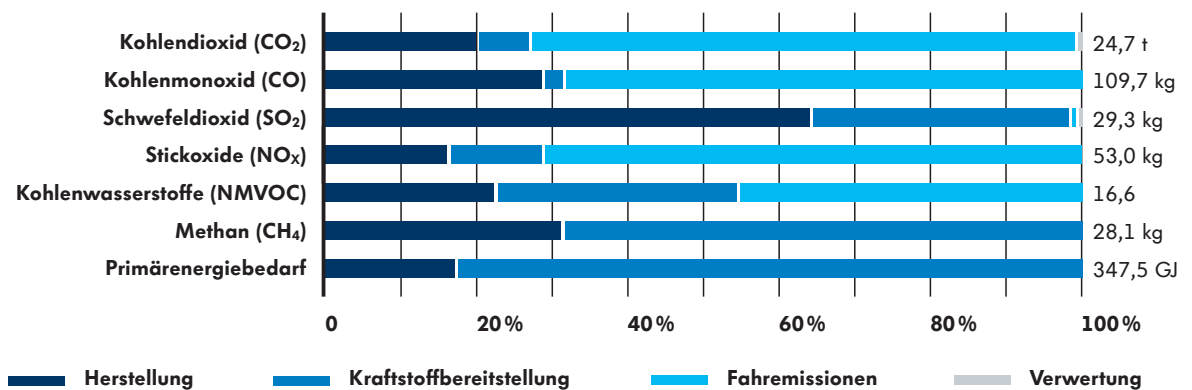


Abbildung 2: Sachbilanzdaten des Polo IV mit 1,4-Liter-TDI-Motor [59kW] (Vorgänger)

Die Sachbilanzen für den aktuellen Polo 1,2 TDI und den Polo BlueMotion Technology sowie den Polo Blue Motion unterscheiden sich qualitativ nur unwesentlich (siehe Abbildungen 3 bis 5).

Allerdings sind sowohl der niedrigere Energiebedarf als auch die geringeren Emissionen gegenüber dem Vorgängermodell deutlich zu erkennen. So sinkt beim 1,2 TDI

¹⁶ Aufgrund aktualisierter Daten und weiterentwickelter Bilanzierungsmethoden können die Ergebnisse von denen gleicher Modelle in früheren Umweltprädikaten abweichen.

der Energiebedarf von 347,5 GJ unter 300 GJ und der CO₂-Ausstoß beträgt nur noch 21,4 statt 24,7 Tonnen. Noch besser steht der Polo BlueMotion Technology da. Über den gesamten Lebenszyklus benötigt er pro Modell ca. 293 GJ Energie und der CO₂-Ausstoß beträgt lediglich noch 21 Tonnen CO₂. Dies übertrumpft nur der Polo BlueMotion mit dem 1,2-Liter-TDI-Motor und einem Energiebedarf von nur 272,3 GJ sowie einem CO₂-Ausstoß von nur 19,6 Tonnen CO₂.

Sachbilanz

Polo V 1,2 TDI [55 kW]

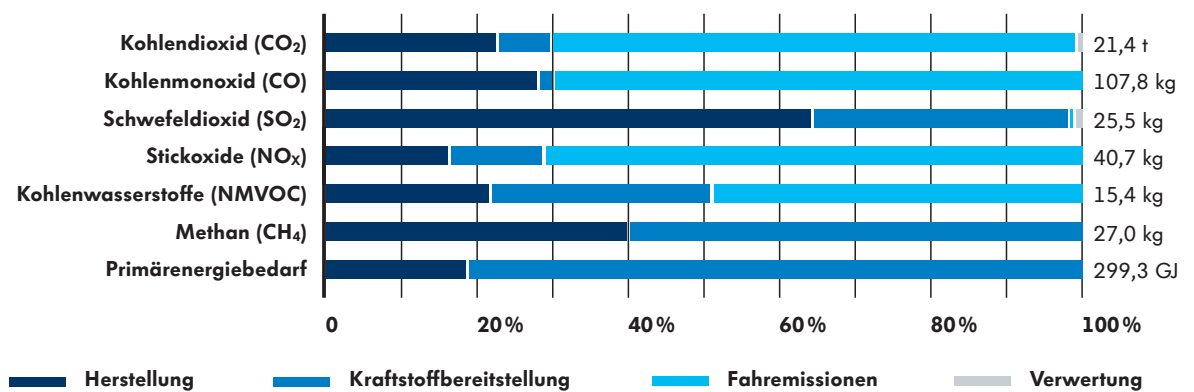


Abbildung 3: Sachbilanzdaten des Polo 1,2 TDI [55 kW]

Sachbilanz

Polo V 1,6 TDI BlueMotion Technology [66 kW]

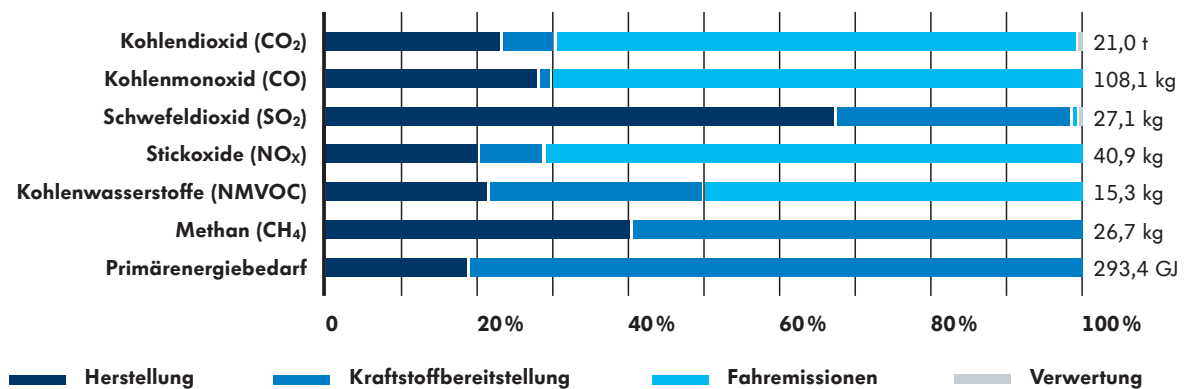


Abbildung 4: Sachbilanzdaten des Polo V 1,6 TDI BlueMotion Technology [66 kW]

Sachbilanz

Polo V 1,2 TDI BlueMotion [55 kW]

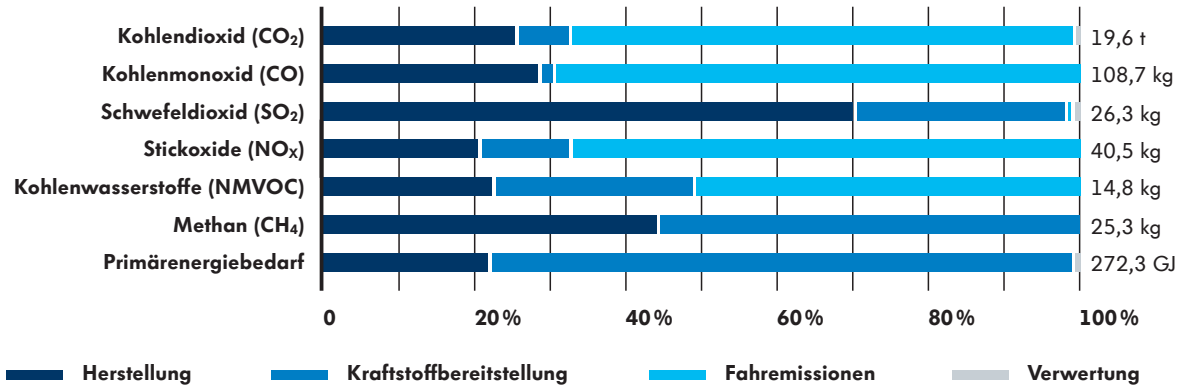


Abbildung 5: Sachbilanzdaten des Polo BlueMotion mit 1,2-Liter-TDI-Motor [55 kW]

Benzinmotorisierungen

In den folgenden Abbildungen 6, 7 und 8 sind die Sachbilanzergebnisse der drei mit Benzin angetriebenen Vergleichsmodelle dargestellt. Es ist zu erkennen, dass im Vergleich zu den Sachbilanzergebnissen der Dieselfahrzeuge bei den Benzinern die Herstellungsphase einen geringeren Anteil an den Gesamtumweltlasten aufweist. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass die Herstellung von Benzinfahrzeugen absolut betrachtet weniger Umweltlasten verursacht als die von Dieselfahrzeugen, und zum anderen darauf, dass durch den höheren Verbrauch auch der relative Beitrag der Nutzungsphase am Lebenszyklus größer ist.

Sachbilanz

Polo IV 1,6 MPI [77 kW] (Vorgänger)

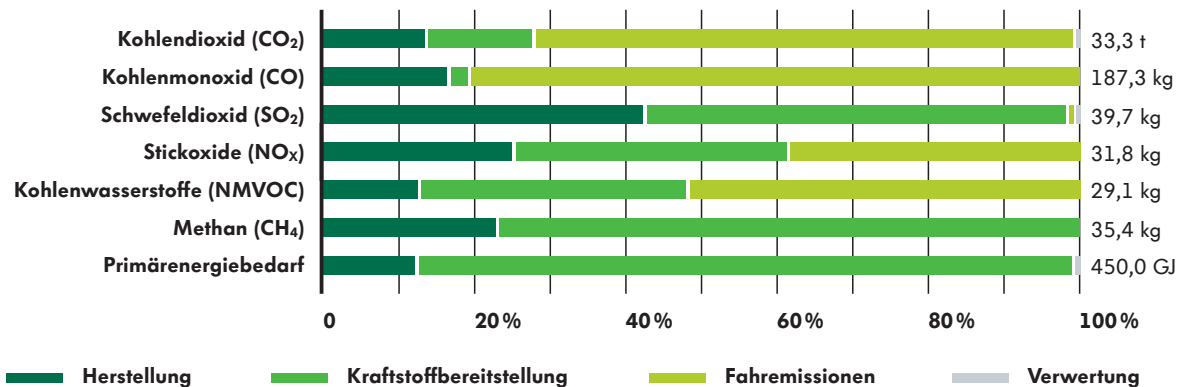


Abbildung 6: Sachbilanzdaten des Polo IV mit 1,6-Liter-MPI-Motor [77 kW] (Vorgänger)

Insgesamt ergeben sich für den Polo IV 1,6 MPI CO₂-Emissionen von 33,3 Tonnen sowie ein Energiebedarf von 450 GJ (siehe Abbildung 6). Das Nachfolgermodell Polo 1,4 MPI mit DSG verursacht 4,2 Tonnen weniger CO₂-Emissionen und weist auch mit 393,9 GJ einen deutlich geringeren Energiebedarf auf (siehe Abbildung 7). Dies ist die direkte Folge des geringeren Kraftstoffbedarfs gegenüber dem Vorgängermodell. Durch den signifikanten Einfluss der Nutzungsphase – d.h. Kraftstoffbereitstellung und Fahremissionen – auf das Endergebnis, führt der deutlich reduzierte Verbrauch entsprechend auch zu einer Reduzierung aller anderen Sachbilanzgrößen – mit Ausnahme der Methanemissionen¹⁷.

Sachbilanz

Polo V 1,4 MPI 7-Gang DSG [63 kW]

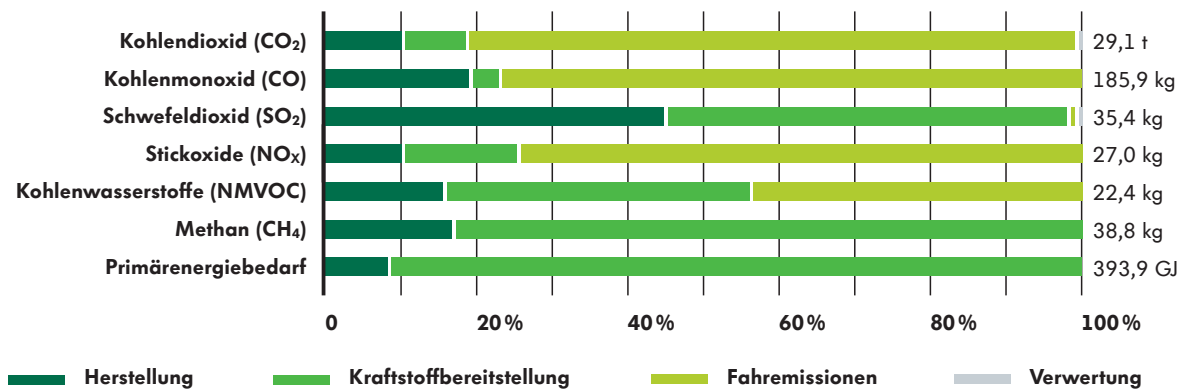


Abbildung 7: Sachbilanzdaten des Polo 1,4 MPI mit 7-Gang DSG [63 kW]

Diese bereits sehr guten Ergebnisse werden vom Polo mit 1,2-Liter-TSI-Motor noch unterboten. Der Energiebedarf von 363,8 GJ und die CO₂-Emissionen von 27,1 Tonnen liegen noch einmal deutlich unterhalb der Werte des Vorgängermodells (siehe Abbildung 8).

¹⁷ Bei der Emission von Methan weist die Sachbilanz für die aktuellen Modelle im Gegensatz zum Polo IV 1,6 MPI einen relevanten Anteil für die Fahremissionen aus. Dies ist durch die Vorgaben des neuen Abgasstandards Euro 5 zu erklären, der zwar für das aktuelle Modell nicht aber für das Vorgängermodell gilt (siehe Tabelle 1 und Tabelle 3). Nach den Bestimmungen des Euro-4-Standards erfolgt die Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen aggregiert über einem Summenparameter (HC). In Abbildung 6 sind diese komplett Teil der NMVOC-Emissionen aus dem Fahrbetrieb. Für Fahrzeuge, die der Typprüfung nach dem Euro-5-Standard entsprechen, gilt außerdem ein expliziter Grenzwert für alle Kohlenwasserstoffe außer Methan (NMHC). Die Differenz aus diesem Grenzwert und der Höchstmenge für HC bildet den Modellwert der Methanemission im Fahrbetrieb der aktuellen Modelle in den Abbildungen 7 und 8.

Sachbilanz

Polo V 1,2 TSI [77 kW]

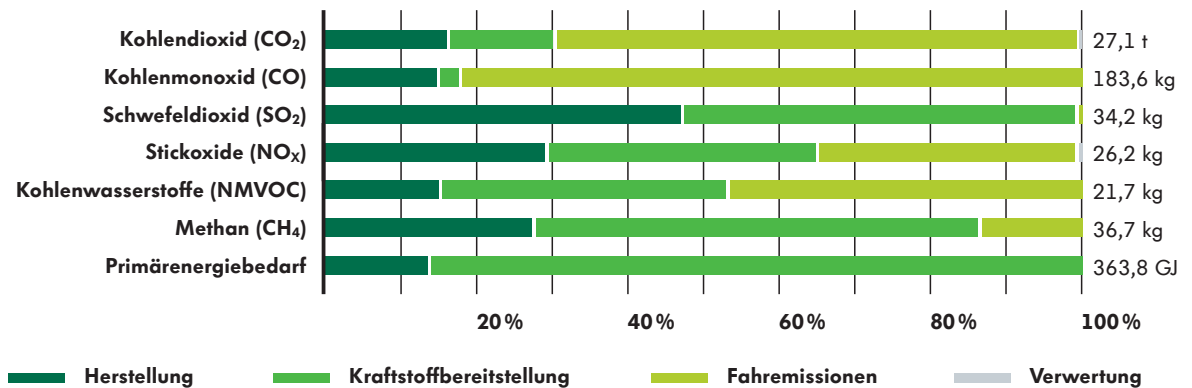


Abbildung 8: Sachbilanzdaten des Polo 1,2 TSI [77 kW]

Umweltprofile der Fahrzeuge im Vergleich

Auf Basis der ermittelten Sachbilanzdaten werden Wirkungsabschätzungen für die beschriebenen Umweltwirkungskategorien vorgenommen. Die Wirkzusammenhänge aller erfassten Emissionen werden berücksichtigt und anhand von wissenschaftlichen Modellen potenzielle Umweltwirkungen ermittelt¹⁸.

Dieselfahrzeuge

In Abbildung 9 ist deutlich zu erkennen, dass die hier untersuchten Fahrzeuge die größten Beiträge – bezogen auf die Gesamtumweltlasten in der Europäischen Union – bei den Kategorien Treibhauseffekt, Versauerung und Sommersmog leisten. Die Kategorien Eutrophierungspotenzial und Ozonabbau potenzial liefern demgegenüber geringe Werte. Aus diesem Grund beschränken sich die nachfolgenden Erläuterungen der Ergebnisse auf die drei zuerst genannten Umweltwirkungskategorien.

¹⁸ Informationen zu den hier verwendeten Umweltwirkungskategorien finden Sie im Internet unter www.umweltpraedikat.de.

Vergleichende Umweltprofile normiert

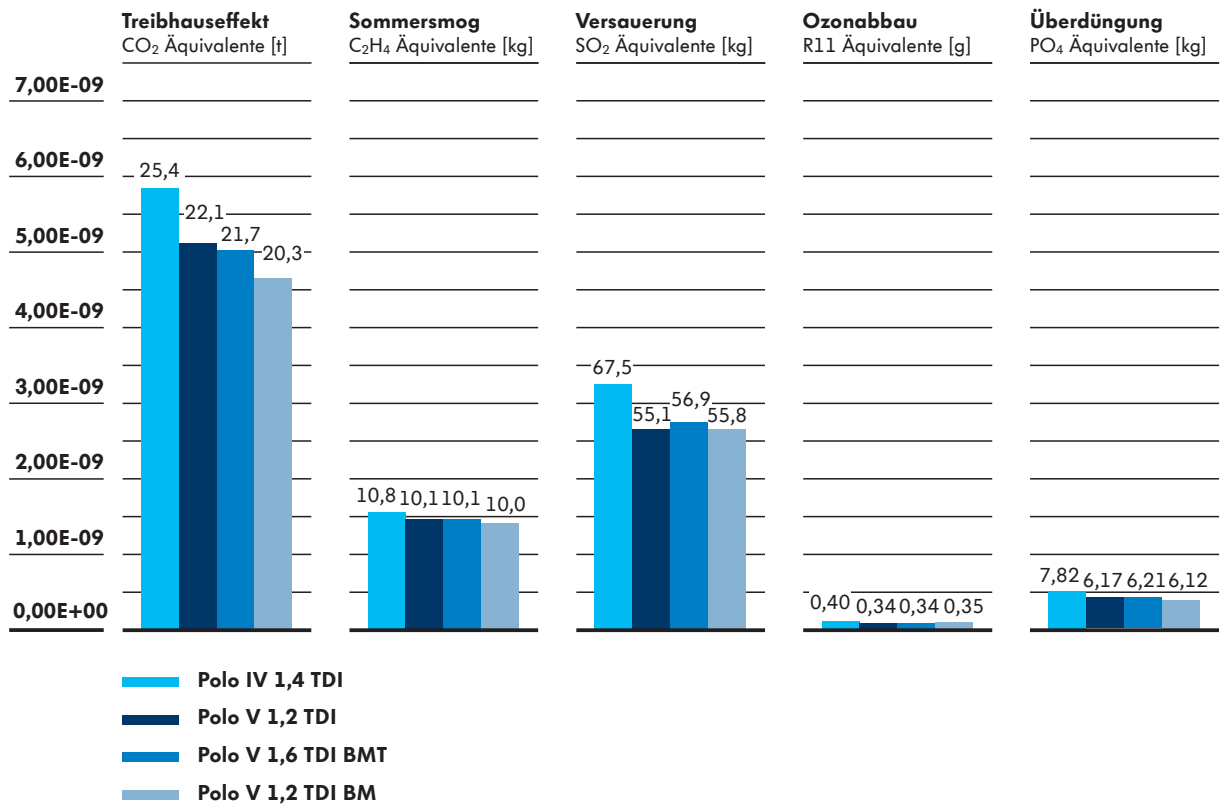


Abbildung 9: Umweltwirkungen von Polo IV 1,4 TDI und den Nachfolgern Polo V 1,2 TDI, Polo V 1,6 TDI BlueMotion Technology und Polo V 1,2 TDI BlueMotion (absolut)

Wie aus der folgenden Abbildung 10 ebenfalls ersichtlich ist, sinken die Umweltlasten vom Vorgängermodell Polo IV 1,4 TDI im Vergleich zu den Nachfolgern in allen betrachteten Wirkungskategorien. Die Reduktion um 13 Prozent beim Treibhauseffektpotenzial beim Polo 1,2 TDI entspricht einer Einsparung von 3,3 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Beim Polo 1,6 TDI BlueMotion Technology werden dank des zusätzlichen Einsatzes von Motor-Start-Stopp-System und Bremsenergieerückgewinnung (Rekuperation) sogar 3,7 Tonnen CO₂-Äquivalente (minus 15 Prozent) eingespart. Die größte Einsparung schafft der Polo 1,2 TDI BlueMotion mit minus 20 Prozent im Vergleich zum Vorgängermodell.

Somit ergeben sich beim Treibhauseffekt für den Polo 1,6 TDI BlueMotion Technology und den Polo 1,2 TDI BlueMotion z.T. erheblich stärkere Reduzierungen. Dahingegen lässt sich beim Versauerungspotenzial eine etwas geringere Reduzierung feststellen. Die Ursache hierfür liegt in der Herstellung der zusätzlich verbauten Teileumfänge (z.B. Rekuperation und Start-Stopp-System) aus dem Programm der BlueMotion Technologies.

Vergleichende Umweltprofile im Detail normiert

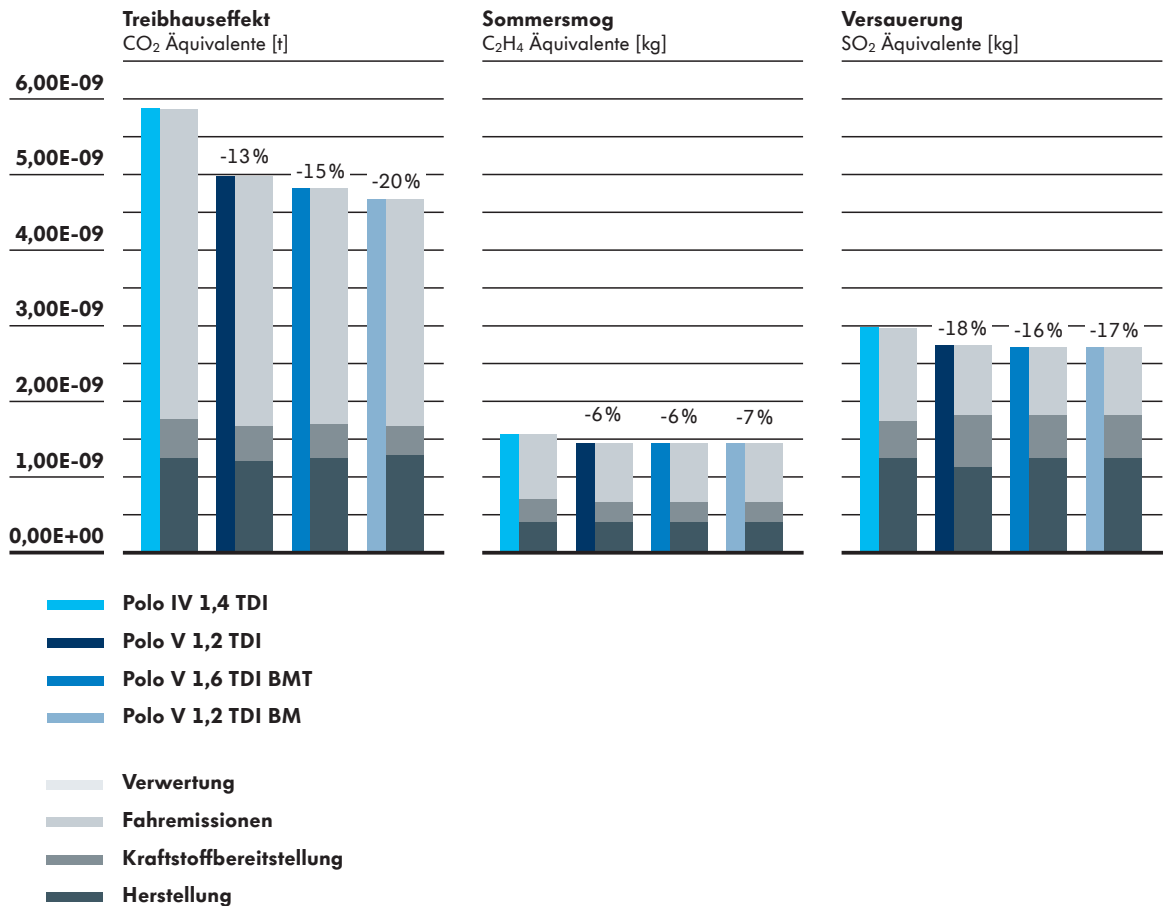


Abbildung 10: Umweltwirkungen von Polo IV 1,4 TDI und den Nachfolgern Polo V 1,2 TDI, Polo V 1,6 TDI BlueMotion Technology und Polo V 1,2 TDI BlueMotion (relativ)

Woraus diese Reduktionen im Einzelnen resultieren wird ebenfalls in Abbildung 10 deutlich. Dort sind die absoluten Umweltwirkungen auf die einzelnen Lebenszyklusphasen aufgeteilt. Wie bereits bei der Untersuchung der Sachbilanzdaten deutlich wurde, treten die relevantesten Veränderungen während des Fahrzeuggebrauchs und der damit zusammenhängenden Kraftstoffherstellung auf. Der Großteil der erzielten Verbesserungen resultiert also direkt (geringere Fahremissionen) und indirekt (weniger Kraftstoffproduktion) aus dem niedrigeren Kraftstoffverbrauch.

Die nachfolgende Abbildung 11 verdeutlicht die beschriebenen Umweltwirkungen in Relation zueinander sowie als Verlauf über den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge. Die Verhältnisse von Herstellung, Nutzung und Verwertung für die einzelnen Umweltwirkungen sind gut zu erkennen. Insbesondere der Treibhauseffekt wird vor allem durch die Fahrzeugnutzung beeinflusst (größter Zuwachs über die Laufleistung).

Vergleich der Umweltwirkungen über den Lebensweg normiert

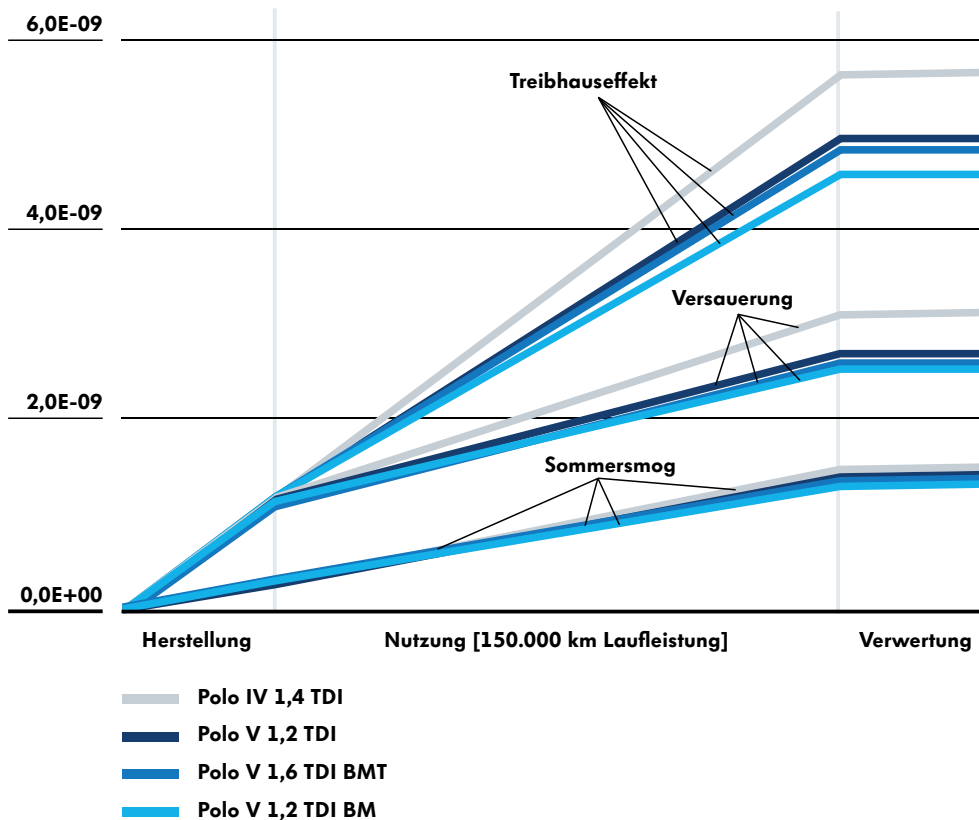


Abbildung 11: Vergleich der Umweltwirkungen über den Lebensweg – Dieselfahrzeuge

Demgegenüber verteilen sich die Belastungen bezüglich Versauerung und Sommersmog gleichmäßiger über alle Phasen des Lebenszyklus. Die ebenfalls deutlichen Einsparungen an Umweltlasten sind insbesondere auf den höheren Abgasstandard der Nachfolgermodelle zurückzuführen.

Benzinerfahrzeuge

Auch der Vergleich der beiden Benzinfahrzeuge ergibt, dass die größten potenziellen Umweltwirkungen beim Sommersmog, beim Treibhauseffekt und bei der Versauerung auftreten. Und auch in diesem Fall erreichen die beiden Nachfolgermodelle in allen Wirkungskategorien geringere Werte als das Vorgängermodell (siehe Abbildung 12).

Vergleichende Umweltprofile

normiert

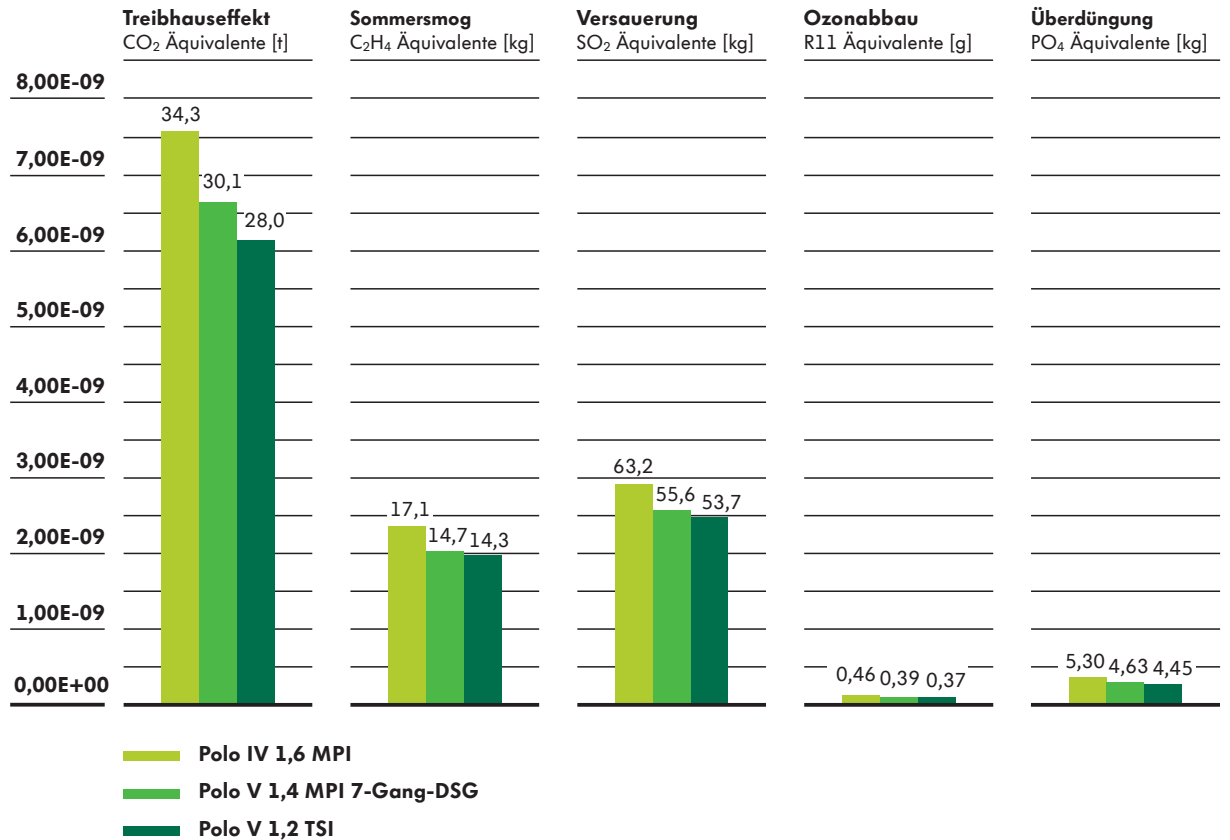


Abbildung 12: Umweltwirkungen von Polo IV 1,6 MPI, Polo V 1,4 MPI DSG und Polo V 1,2 TSI (absolut)

Das lebenszyklusweite Treibhauseffektpotenzial wird durch den Polo 1,4 MPI DSG im Vergleich zum Vorgängermodell deutlich gesenkt. Die Kombination mit einem Automatikgetriebe, die gewöhnlich zu einem höheren Verbrauch gegenüber einem Handschaltgetriebe führt, reduziert im Falle des 7-Gang-DSG den Kraftstoffverbrauch. Dies belegt an dieser Stelle das Innovationspotenzial des DSG und die damit verbundene Kraftstoffersparnis. Insgesamt werden bei der angenommenen Fahrleistung von 150.000 Kilometern die Treibhausgasemissionen um mehr als vier Tonnen CO₂-Äquivalente pro Fahrzeug reduziert. Eine noch größere Einsparung, nämlich von über sechs Tonnen CO₂-Äquivalente erreicht der neue Polo mit dem 1,2-Liter-TSI-Motor.

In Abbildung 13 werden die Veränderungen der Umweltlasten vom Polo 1,6 MPI zu den Nachfolgern Polo 1,4 MPI mit DSG und 1,2 TSI relativ zueinander dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Umweltwirkungen Sommersmogbildungspotenzial beim Polo 1,4 MPI mit DSG um 14 Prozent und Versauerung um zwölf Prozent gesunken sind. Das Treibhauseffektpotenzial wurde ebenfalls um zwölf Prozent reduziert. Die Senkung der Umweltauswirkungen beim Polo 1,2 TSI sind noch stärker, so wurde das Sommersmogbildungspotenzial um 16 Prozent und das Versauerungspotenzial um 15 Prozent gesenkt. Beim Treibhauseffekt entspricht die vorher dargestellte Reduktion von 6,3 Tonnen CO₂-Äquivalenten einer Einsparung von 18 Prozent.

Vergleichende Umweltprofile im Detail normiert

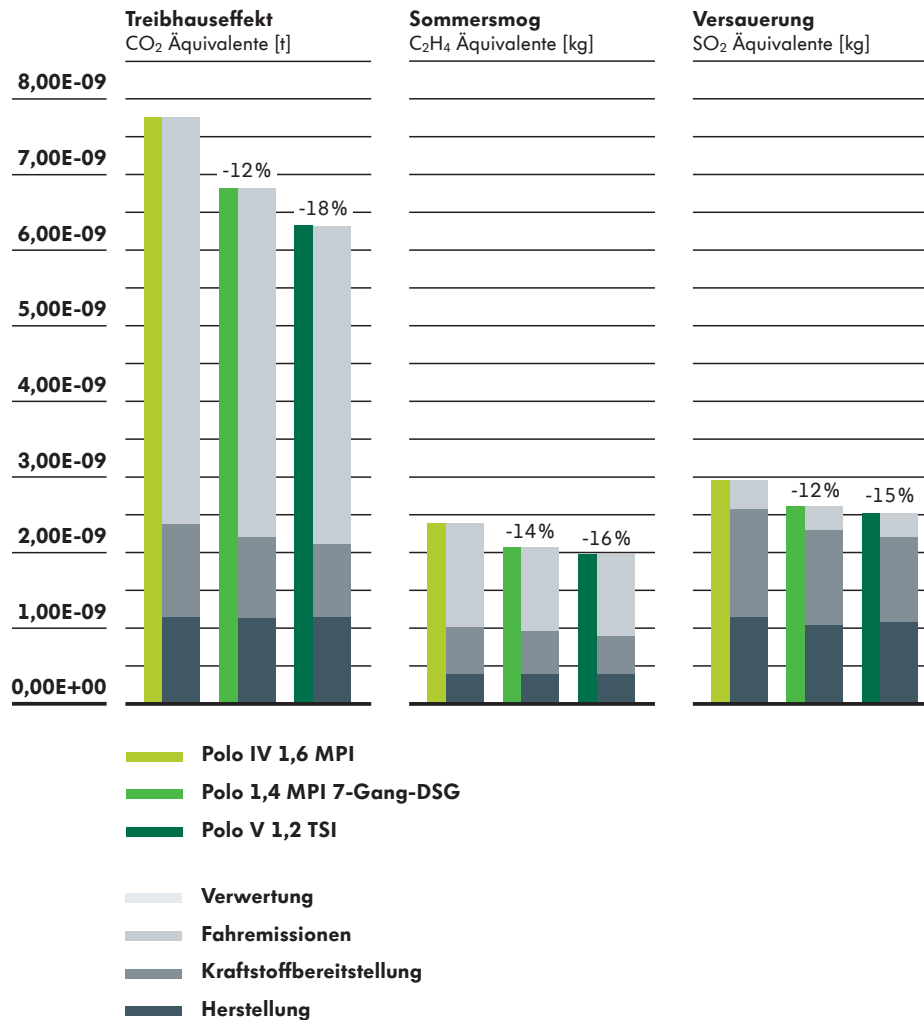


Abbildung 13: Umweltwirkungen von Polo IV 1,6 MPI, Polo V 1,4 MPI DSG und Polo V 1,2 TSI (relativ)

Abbildung 13 gibt zudem Aufschluss darüber, woher diese Veränderungen im Einzelnen stammen: Wie auch schon zuvor bei den Dieselmotorisierungen wird der Großteil der Reduktionen der beiden Nachfolgermodelle Polo 1,2 TSI und 1,4 MPI mit DSG durch den niedrigeren Kraftstoffverbrauch erzielt. Es ist deutlich zu erkennen, dass sowohl die Fahremissionen als auch die Lasten durch die Kraftstoffbereitstellung beim Nachfolger geringer ausfallen. Weiterhin ist zu erkennen, dass die Herstellung des Nachfolgermodells geringfügig höhere Umweltlasten verursachen kann. Diese werden jedoch durch die Verbesserungen in der Nutzungsphase und bei der Kraftstoffbereitstellung weit mehr als ausgeglichen. Die Verwertungsphase hat auch bei den Benzinfahrzeugen nur einen vernachlässigbar geringen Einfluss auf die Umweltlasten.

Die Nutzungsphase der Benziner dominiert den Treibhauseffekt noch stärker als bei den Dieselmotoren (siehe Abbildung 14). Die geringeren Werte des Polo 1,4 MPI mit DSG und des Polo 1,2 TSI sind eindeutig zu erkennen. Die Vorteile beim Versauerungs- und Sommersmogbildungspotenzial sind ebenfalls auf den niedrigeren Kraftstoffverbrauch und die damit verbundenen geringeren Umweltlasten der Kraftstoffbereitstellung, sowie insbesondere den besseren Abgasstandard des aktuellen Modells zurückzuführen.

Vergleich der Umweltwirkungen über den Lebensweg normiert

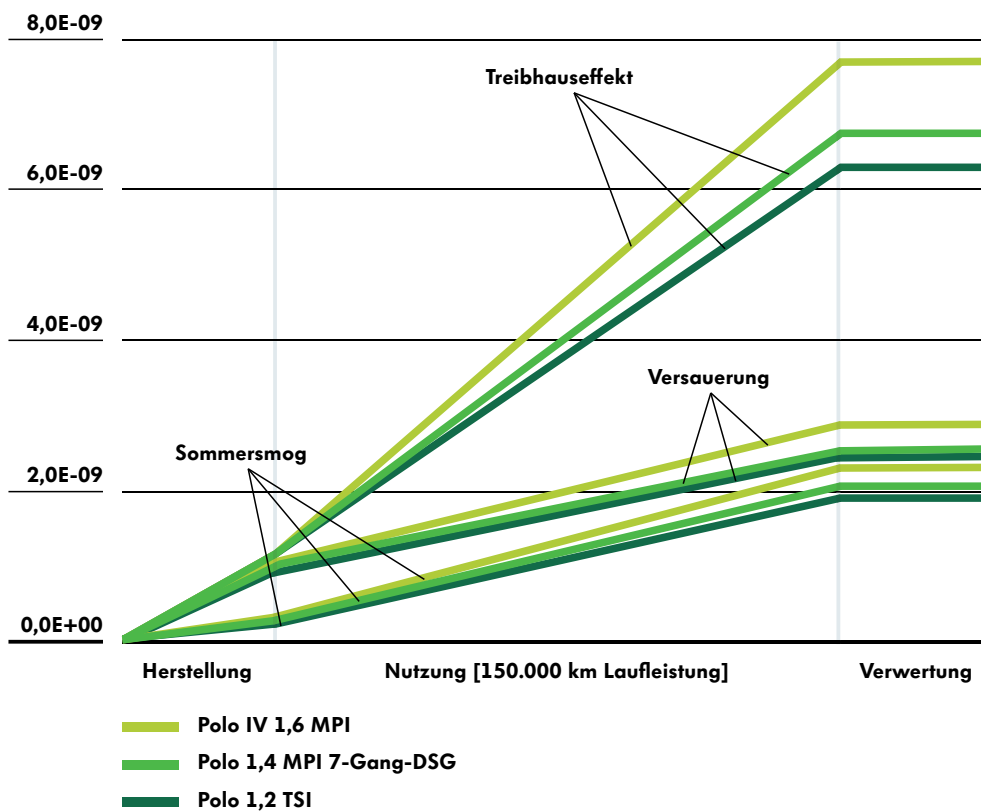



Abbildung 14: Vergleich der Umweltwirkungen über den Lebensweg – Benzinerfahrzeuge

Gültigkeitserklärung

Die für das Umweltprädiat Polo getroffenen Aussagen sind durch die Umweltbilanz des Polo abgesichert. Mit dem Zertifikat wird bestätigt, dass die Umweltbilanz auf zuverlässigen Daten beruht und die Methode, mit der sie erstellt wurde, den Anforderungen der ISO-Normen 14040 und 14044 entspricht.



GÜLTIGKEITSERKLÄRUNG

DIN EN ISO 14040 : 2006-10
(Produkt-Ökobilanz)

Der Nachweis der regelwerkskonformen Anwendung wurde erbracht und wird gemäß TÜV NORD CERT-Verfahren bescheinigt für

Volkswagen AG
Berliner Ring 2
38346 Wolfsburg
Deutschland

Geltungsbereich


Umweltprädiat Polo (Modelljahr 2011)

Die Forderungen werden erfüllt, nachgewiesen durch eine kritische Prüfung hinsichtlich

- ordnungsgemäßer Methodologien
- repräsentativer Bilanzierungs- und Wirkungskategorien
- durchgängiger Transparenz und Konsistenz

Auditbericht-Nr. 3505 5777

Zertifizierstelle der TÜV NORD CERT GmbH Essen, 2010-11-12


Dr. Winfried Hips
Umweltgutachter

TÜV NORD CERT GmbH Langemarckstraße 20 45141 Essen www.tuev-nord-cert.de

Den ausführlichen Bericht des TÜV NORD finden Sie im Anhang.

Literatur und Quellenverzeichnis

[ISO 2006] International Organization for Standardization: ISO 14040: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. 2. Aufl. Genf: International Organization for Standardization.

[EU 1992] 92/21/EWG Europäische Union: Richtlinie des Rates der Europäischen Union über Massen und Abmessungen von Kraftfahrzeugen der Klasse M1

[EU 2001] 80/268/EWG Europäische Union: Richtlinie des Rates der Europäischen Union über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen. Brüssel: Europäische Union.

[EU 2004] 70/220/EWG Europäische Union: Richtlinie des Rates über die Kohlendioxidemissionen und den Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen. Brüssel: Europäische Union.

[EU 2008] Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission vom 18. Juli 2008 zur Durchführung und Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge

[Guinée und Lindeijer 2002] Guinée, J. B.; Lindeijer, E.: Handbook on Life Cycle Assessment: Operational guide to the ISO standards. Dordrecht [u.a.]: Kluwer Academic Publishers.

[Koffler et al. 2007] Koffler, C.; Krinke, S.; Schebek, L.; Buchgeister, J.: Volkswagen slimLCI – a procedure for streamlined inventory modelling within Life Cycle Assessment (LCA) of vehicles. In: International Journal of Vehicle Design (Special Issue on Sustainable Mobility, Vehicle Design and Development). Olney: Inderscience Publishers (in press).

[Krinke et al. 2005a] Krinke, S.; Bossdorf-Zimmer, B.; Goldmann, D.: Ökobilanz Altfahrzeugrecycling – Vergleich des VW-SiCon-Verfahrens und der Demontage von Kunststoffbauteilen mit nachfolgender werkstofflicher Verwertung. Wolfsburg: Volkswagen AG. Im Internet unter www.volkswagen-umwelt.de.

[Krinke et al. 2005b] Krinke, S.; Nannen, H.; Degen, W.; Hoffmann, R.; Rudloff, M.; Baitz, M.: SunDiesel – a new promising biofuel for sustainable mobility. Vortrag auf der 2nd Life-Cycle Management Conference Barcelona. Im Internet unter www.etseq.urv.es/aga/lcm2005/99_pdf/Documentos/AE12-2.pdf.

[PE International 2003] PE International GmbH: GaBi 4.2 Datenbank-Dokumentation. Leinfelden-Echterdingen: PE International GmbH.

[Schmidt et al. 2004] Schmidt, W. P.; Dahlquist, E.; Finkbeiner, M.; Krinke, S.; Lazzari, S.; Oschmann, D.; Pichon, S.; Thiel, C.: Life Cycle Assessment of Lightweight and End-Of-Life Scenarios for Generic Compact Class Vehicles. In: International Journal of Life Cycle Assessment (6), S. 405-416.

[Schweimer und Levin 2000] Schweimer, G. W.; Levin, M.: Sachbilanz des Golf A4. Wolfsburg: Volkswagen AG.

[Schweimer und Roßberg 2001] Schweimer, G. W.; Roßberg, A.: Sachbilanz des SEAT Leon. Wolfsburg: Volkswagen AG.

[Volkswagen AG 2009a] Volkswagen AG: Der Polo Umweltprädikat, Wolfsburg: Volkswagen AG. Im Internet unter www.umweltpraedikat.de

[Volkswagen AG 2009b] Volkswagen AG: Der Passat Umweltprädikat, Wolfsburg: Volkswagen AG. Im Internet unter www.umweltpraedikat.de

Abkürzungsverzeichnis

AP	Acidification Potential (Versauerungspotenzial)
CH ₄	Methan
CML	Centrum voor Milieukunde Leiden (Niederlande)
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DIN	Deutsche Industrienorm
DPF	Dieselpartikelfilter
DSG	Doppelkupplungsgetriebe
EDW	Einwohnerdurchschnittswert
EN	Europäische Norm
EP	Eutrophication Potential (Eutrophierungspotenzial)
EU 15	15 Mitgliedstaaten der Europäischen Union vor der so genannten Ost-Erweiterung im Jahr 2004
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GJ	Gigajoule
GWP	Global Warming Potential (Treibhauseffektpotenzial)
HC	Hydrocarbons (Kohlenwasserstoffe)
IMDS	International Material Data System (Internationales Materialdatensystem)
KBA	Kraftfahrtbundesamt
kW	Kilowatt
LCA	Life Cycle Assessment (Umweltbilanz)
LCI	Life Cycle Inventory (Sachbilanz)
MISS	Material Information System (Material Informationssystem)
MPI	Ottomotoren mit Saugrohreinspritzung
N ₂ O	Distickstoffoxid
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NH ₃	Ammoniak
Nm	Newtonmeter
NMVOG	Non-methane Volatile Organic Compounds (Kohlenwasserstoffe ohne Methan)
NO _x	Stickoxide
ODP	Ozone Depletion Potential (Ozonabbaupotenzial)
PAN	Peroxyacetylnitrat
PO ₄	Phosphat
POCP	Photochemical Ozone Creation Potential (Sommersmogbildungspotenzial)
ppm	parts per million
PVC	Polyvinylchlorid
R11	Trichlorfluormethan (CCl ₃ F)
SET	Simultaneous Engineering Team
SF ₆	Schwefelhexafluorid
SO ₂	Schwefeldioxid
TDI	Direkteinspritzende turboaufgeladene Dieselmotoren
TSI	Direkteinspritzende turboaufgeladene Ottomotoren
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
VOC	Volatile Organic Compounds (Flüchtige Organische Kohlenwasserstoffe)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsrahmen der Umweltbilanz	7
Abbildung 2: Sachbilanzdaten des Polo 1,4 TDI [59kW] (Vorgänger)	14
Abbildung 3: Sachbilanzdaten des Polo 1,2 TDI [55 kW].	15
Abbildung 4: Sachbilanzdaten des Polo 1,6 TDI BlueMotion Technology [66 kW].	15
Abbildung 5: Sachbilanzdaten des Polo 1,2 TDI BlueMotion [55 kW].	16
Abbildung 6: Sachbilanzdaten des Polo 1,6 MPI [77 kW] (Vorgänger)	16
Abbildung 7: Sachbilanzdaten des Polo 1,4 MPI und 7-Gang-DSG [63 kW]	17
Abbildung 8: Sachbilanzdaten des Polo 1,2 TSI [77 kW]	18
Abbildung 9: Umweltwirkungen des Polo 1,4 TDI (Vorgänger), Polo 1,2 TDI, Polo 1,6 TDI BlueMotion Technology und Polo 1,2 TDI BlueMotion (absolut)	19
Abbildung 10: Umweltwirkungen des Polo 1,4 TDI (Vorgänger), Polo 1,2 TDI, Polo 1,6 TDI BlueMotion Technology und Polo 1,2 TDI BlueMotion (relativ).	20
Abbildung 11: Vergleich der Umweltwirkungen über den Lebensweg – Dieselfahrzeuge	21
Abbildung 12: Umweltwirkungen des Polo 1,6 MPI (Vorgänger), Polo 1,4 MPI DSG und Polo 1,2 TSI (absolut)	22
Abbildung 13: Umweltwirkungen des Polo 1,6 MPI (Vorgänger), Polo 1,4 MPI DSG und Polo 1,2 TSI (relativ)	23
Abbildung 14: Vergleich der Umweltwirkungen über den Lebensweg – Benzinfahrzeuge	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten der Vergleichsfahrzeuge	6
Tabelle 2: Normierungsfaktoren EU 15 nach CML 2001	8
Tabelle 3: Relevante Grenzwerte nach Euro 4 und Euro 5	10
Tabelle 4: Verbrauch und Emissionswerte der Vergleichsfahrzeuge	11
Tabelle 5: Annahmen und Festlegungen der Umweltbilanz	12

Anhang

Hannover, 12.11.2010
TNC Umweltgutachter-H

Bericht
über die
kritische Prüfung der Ökobilanzstudie

Umweltprädiat Polo
Modelljahr 2011

Berichts-Nr.: 8000376883/1200

Auftraggeber: Volkswagen AG
38436 Wolfsburg

Ersteller
der internen Studie : Volkswagen AG
K-EFUP
Dr. Warsen

Umweltgutachter : Dr. Winfried Hirtz
Sachverständiger:

Umfang: 9 Seiten

1 Allgemeines

1.1 Gegenstand und Aufgabenstellung

Die Volkswagen AG, K-EFUP Umwelt Produkt, hat eine vergleichende Ökobilanz „Umweltpredikat Polo“ ausgearbeitet.

Die Volkswagen AG, K-EFUP Umwelt Produkt, beauftragte die TÜV NORD CERT Umweltgutachter GmbH als unabhängige, externe Stelle mit der kritischen Prüfung dieser Ökobilanz-Studie gemäß DIN ISO 14040 und DIN ISO14044.

Seitens der TÜV NORD Umweltgutachter GmbH, wurde die Begutachtung von dem nach Umweltauditgesetz zugelassenen Umweltgutachter Dr.-Ing. Winfried Hirtz vorgenommen.

Auftragsgemäß bestand das Ziel der kritischen Prüfung darin, die Zuverlässigkeit, die Transparenz, die Relevanz und die Repräsentativität der bei der vorgelegten Ökobilanz angewandten Methodologien hinsichtlich

- Bilanzierungsziel und –rahmen
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung und
- Bilanzaus- und -bewertung

zu überprüfen.

1.2 Vorgehensweise

Unter Beachtung übergeordneter Gütekriterien (i.w. Transparenz, Reproduzierbarkeit, Qualität der verwendeten EDV-Programme und Daten, Offenlegung der Datenherkunft) ist die kritische Prüfung mittels der folgenden Arbeitsschritte vorgenommen worden:

- Überprüfung von Bilanzierungsziel und –rahmen insbesondere der Funktion und funktionellen Äquivalenz von Systemgrenzen / Bilanzrahmen (Raum, Zeit, Technologie), der Allokationsverfahren mit den gewählten spezifischen Zu-/ Vertei-

lungsregelungen und der Auswahl signifikanter Parameter und Stoffe

- Überprüfung der ausgeführten Sachbilanz insbesondere im Hinblick auf die Input/Output-Analysen (Hauptketten), die verwendeten Input/Output-Daten (I/O-Daten) incl. deren Zuverlässigkeit, die Systematik, Vollständigkeit und Plausibilität der I/O-Analyse, die Sensitivitätsanalyse und Fehlerabschätzung, die Plausibilität und Seriosität der EDV-Programme und die Berücksichtigung von vorgelagerten Prozessketten, Koppelprodukten und sekundären Nachnutzungseffekten
- Überprüfung der Wirkungsabschätzung mit den Schwerpunkten der Auswahl der Wirkungskategorien (sach- und problemorientiert) und der Aggregation der Daten hinsichtlich der Wirkungskategorien
- Überprüfung der Bewertung und der vergleichenden Aussagen infolge der Wirkungsabschätzung.

Dies erfolgte stichprobenartig durch Einsichtnahme und vergleichenden Verfolgung bei relevanten Systemabbildungen, Dateien und weiteren repräsentativen Unterlagen sowie bei Datenerhebungs- und Berechnungsvorgängen mit z.T. gezielter Variation am Rechner. Eingesehen wurden z.B. die Daten zum Vorgängermodell hinsichtlich der Grenzwerte, des Verbrauchs und der Nutzungsphase. Zum aktuellen Modell wurde die Ganzfahrzeugbilanz mit dem jeweiligen Nachfolger und den sparsamen Blue Motion Technology, Blue Motion und einem Modell mit 7-Gang-DSG betrachtet. Insgesamt wurde bei der kritischen Prüfung auf Doppelarbeit verzichtet. Das einschlägige Fachschrifttum der Produkt-Ökobilanztechnik ist berücksichtigt worden.

2 Ergebnis der kritischen Prüfung

2.1 Ziel der Studie

Die Ziele der Ökobilanz-Studie sind klar und eindeutig definiert; ebenso werden externe und interne Zielgruppen für die Studie benannt. Die Darstellung des Umweltprädikats Polo liefert in ausreichendem Umfang sachdienliche Informationen, um die angestrebte, in ökologischer Sicht ganzheitliche Betrachtungsweise nachvollziehbar zu verdeutlichen.

2.2 Untersuchungsrahmen

Als Bilanzobjekt der Studie wird die Herstellung, Nutzung Und Entsorgung von einem Kraftfahrzeug der Marke VW Polo, Modell-Jahr 2011, in verschiedenen Varianten betrachtet. Der Bilanzierungsrahmen (Bilanzgrenzen) wird hinsichtlich Raum, Zeit und Technologie innerhalb des gesamten Systems eindeutig definiert und abgegrenzt. Die Bilanzgrenzen sind kompatibel mit der gewählten funktionellen Einheit des Bilanzobjektes, die als abgegebene Treibhausgas-Emissionen (CO₂-Äquivalent, Sommersmog (POCP), Versauerung (AP), Überdüngung (EP) und Ozonabbau (ODP) dargestellt und bewertet werden und über den Lebenszyklus festgelegt sind.

Innerhalb des Bilanzgebietes werden alle relevanten Materialien, Komponenten und Prozesse erfasst, analysiert und letztlich zu vier bilanzobjekttypischen Hauptmodulen für die nachfolgende Sachbilanz zusammengefasst:

- Herstellung / Rohstoffgewinnung
- Kraftstoffbereitstellung/Kraftstofftransport
- Nutzungsphase / Fahremissionen
- Verwertung (VW-SiCon).

Die technologiebedingte Vielfalt bei den, in den Rechnermodulen zusammengefassten Komponenten und Prozessen, ist bei sonst unveränderten Gegebenheiten auf Standardkomponenten der heutigen Technologiegeneration transformiert worden, eine unseres Erachtens sinnvolle und zweckmäßige Vorgehensweise. Die graphische und tabellarische Darstellung der einzelnen Module belegt die Systematik und Vollständigkeit der gewählten Vorgehensweise.

Die bei der Definition des Bilanzierungssystems vernachlässigbaren Effekte und Einflüsse werden erörtert und – soweit relevant - aufgelistet. Insbesondere wird die Nachnutzungskette des Bilanzgebietes mit dem Verweis auf ein unternehmensspezifisches Entsorgungssystem VW-SiCon angesprochen. Dieses Verfahren beschreibt die werkstoffliche Verwertung der enthaltenen Komponenten und die Auswirkungen der Verwertung auf die Emissionen.

Zusammenfassend ist zum gewählten Untersuchungsrahmen festzustellen, dass alle relevanten Einflussgrößen im Rahmen des definierten Bilanzraumes nach dem heutigen Stand der Ökobilanztechnik erfasst und berücksichtigt werden.

2.3 Sachbilanz

Die Input- / Output- Analyse und die Dokumentation der Sachbilanz zur vorliegenden Ökobilanz ist anhand der o.g. Hauptmodule mittels EDV erfolgt. Die Berechnung selbst ist mit dem international anerkannten EDV-Softwaresystem „Ganzheitliche Bilanzierung“ (GaBi) vorgenommen worden. Auf die exakte Darstellung der Werte im Rahmen der Genauigkeit der Studie wurde hingewiesen.

2.3.1 Datenquellen

Die Prozesse in den Hauptketten der einzelnen Module sind realitätsnah beschrieben. Die Datenquellen beruhen auf allgemein anerkannten Dateien, sie sind nachvollziehbar und für diese Bilanz repräsentativ. Die Datengrundlage ist gemäß dem EDV-System „GaBi“ außerordentlich umfangreich. Die Daten sind nachvollziehbar.

2.3.2 Plausibilitäts- und Vollständigkeitsprüfung

Die Systemgrenzen werden auch in der EDV systematisch und konform zu den definierten Bilanzgebieten abgebildet. Sie sind dort gezogen, wo kein (wesentlicher) Einfluss mehr sowohl auf das Teilergebnis als auch auf das Gesamtergebnis mehr zu erwarten ist (vgl. auch durchgeführte Sensitivitätsanalysen). Es ist eine hohe Datenqualität und Datensymmetrie zu attestieren. Die Datengrundlage bilden Datenbanken (IMDS), in denen die vorhandenen Informationen zu den einzelnen verwendeten Bauteilen und Stücklisten eingetragen werden. Diese Informationen unterliegen einer regelmäßigen Prüfung über die Abfrage von Herstellerangaben.

Stichprobenprüfungen wurden für alle 4 Sachbilanzbereiche (Rohstoffgewinnung, Kraftstoffbereitstellung, Nutzungsphase, Verwertung/Entsorgung) durchgeführt. Dabei wurden die Richtigkeit der Bilanzierungen und die Plausibilität der Berechnungen und Ergebnisse an ausgewählten Parametern (z.B. GWP, Sommersmog, Versaue-

rung, Materialinput, Transporte, Energie, etc.) und geprüft. Ausgehend von der Prozessplanung, der Einbeziehung von Teilbilanzen und der Datengrundlage wurde so auch die Verknüpfung der einzelnen Module und Hierarchie der Daten bei der Bilanzrechnung dargestellt,

Im einzelnen wurden Datensätze alt/neu zu Glasscheiben mit dem neuen Datensatz, der Einführung des Vulkanisierens im GaBi-Datensatz, der Veränderung von Verfahren (Tiefziehverfahren statt Stanzen) sowie der neue Lackierprozess von Volkswagen eingesehen und bewertet. Daher können die Ergebnisse des Polo IV geringfügig von dem vorausgegangenem Umweltprädikat abweichen.

Beim Blue Motion (neu) wurde insbesondere die Herstellung der Alu-/Stahlfelgen sowie die Spoilergeometrie (-massen) inkl. der Stücklisten sowie die Elektrik (z.B. Spannungsumwandler D/C) geprüft, desweiteren die Nutzungsphase. Bei der Blue Motion Technology (neu) wurde insbesondere in der Nutzungsphase komplett geprüft, sowie die Prozessübersicht Herstellung eingesehen. Schwerpunkte beim 1,2 TDI waren die Berechnungen der Umweltauswirkungen.

Für die Endmontage wird der Datensatz Wolfsburg 2005 genutzt, hier sollte eine Aktualisierung der Daten erfolgen.

Desweiteren wurden die Daten zu der Abgasanlage bezüglich der Edelmetalle und der Fahrzeugböden vorne, hinten eingesehen.

Um die Rückverfolgbarkeit von Daten auf Ursprungsdaten zu gewährleisten, wurden sowohl die Berechnungen als auch die Dokumentation dahingehend untersucht, die sehr übersichtlich und klar sind.

Im Rahmen der Begleitung wurden Anregungen der Umweltgutachter zur Ergänzung der Dokumentation aufgenommen und vor Ort geändert (z.B. Deponierung, Datenbezüge zwischen den einzelnen Varianten, Beschreibungen als Datenbasis für weitere Berechnungen). Zum Projektabschluss waren alle Daten vollständig nachvollziehbar.

Alle signifikanten Parameter sind vorhanden, repräsentativ, systematisch angelegt und vollständig bilanziert. Die Bilanzen und die hinterlegten Datenerhebungs- und Berechnungsverfahren sind transparent und nachvollziehbar.

2.3.3 Allokationen

Allokationen treten bei der Fahrzeug-Herstellung auf. Sie sind in einer Datenbank vorhanden und konnten entsprechend dargestellt werden. Sie sind vollständig übersichtlich und plausibel in der EDV dargestellt.

Soweit Allokationen aus Datenbanken in den Prozessplan importiert werden, ist die Datengrundlage ausreichend. Allokationen aus den Datenbanken wurden bereits dort berücksichtigt.

2.3.4 Fehlerabschätzungen

Separate Fehlerabschätzungen wurden für die Herstellungsphase durchgeführt. In Anbetracht der numerischen Stabilität und der nachgewiesenen Datenqualität wird auf die Einbeziehung der separaten Fehlerabschätzungen verzichtet (s.a. 2.3.5). Die Fehlerabschätzung der Herstellungsphase beläuft sich auf ca. 2% im Lebenszyklus zu den Sachbilanzgrößen CO₂-Emissionen und Primärenergieverbrauch.

2.3.5 Sensitivitätsanalyse

Sensitivitätsberechnungen sind auf Grund der bekannten Gewichtsgröße und vollständigen Stücklisten nicht durchgeführt worden. Zudem ergeben sich über die Ausstattungsvarianten die genauen Werte.

Um diese Aussage zu prüfen, wurden vor Ort Berechnungen zu Sensitivitäten und die dazu benötigte Parametrisierung geprüft. Es wurden keine Hinweise darauf gefunden, dass spezielle Sensitivitätsberechnungen durchzuführen sind. Dies beruht auch auf der Erfahrung der VW AG aus den zahlreich erstellten Studien.

2.4. Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung baut auf den Daten der Sachbilanz auf und ist in den Prozessplänen integraler Bestandteil.

Um die bei der Sachbilanz eruiierbaren Daten und Informationen mittels einer Wirkungsabschätzung überhaupt interpretieren zu können, bedarf es einer Datenverdichtung unter Verwendung von zu definierenden Wirkungskategorien.

Unter Beachtung der Ziele der Studie, der gewählten funktionellen Einheit und der im Bilanzraum verwendeten (Standard-) Technologien sind in der Studie die Wirkungskategorien

- GWP – global warming potential
- ODP – ozone depletion potential
- AP – acidification potential
- NP – nitrification potential
- POCP – photochemical ozone building potential

festgelegt worden. Die Auswahl der Wirkungskategorien ist somit in Übereinstimmung mit den Zielen und dem Untersuchungsrahmen der Ökobilanz-Studie erfolgt.

Diese quantifizierbaren Wirkungskategorien repräsentieren in Form von lokalen, regionalen und globalen Leitkategorien das Bilanzobjekt einschließlich der eingesetzten Technologie. Die Zuordnung der Einzeldaten zu den Wirkungskategorien ist gegeben. Die Aggregation von Daten erfolgt entsprechend der jeweiligen Umweltwirkung und ist entsprechend der wissenschaftlich begründeten Dosis-Wirkungsbeziehung bereits im verwendeten EDV-Programm vorgegeben.

Die Berechnungen wurden nachvollzogen. Die im EDV-Programm hinterlegten Faktoren sind international anerkannt. Weitere Wirkungskategorien sind mit Bezug auf das Bilanzierungsziel von nachrangiger Bedeutung.

Die Datenverdichtung auf die o. g. Leitkategorien ist auf der Basis allgemein anerkannter Äquivalenzfaktoren in übersichtlicher, zuverlässiger und gut nachvollziehbarer Weise vorgenommen worden. Die Ergebnisdarstellung und –erörterung für den in der Ökobilanz-Studie betrachteten Fall des Umweltprädikats Polo ist ausgewogen und in sich schlüssig.

2.5 Auswertung

In dem Auswertungsteil der Ökobilanz-Studie werden anwender- und zielgruppen-spezifische Aussagen getroffen.

Die vorgelegte Auswertung der Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung orientieren sich konsequent und sachgerecht an den definierten Zielen der Ökobilanz-Studie.

Weitere Aussagen und ableitbare Empfehlungen sind strikt von der Ökobilanz getrennt.

3 Zusammenfassung der kritischen Prüfung

Die von uns anhand der Anforderungen der Norm DIN EN ISO 14040:2006 und DIN EN ISO 14044:2006 durchgeführte kritische Prüfung der Ökobilanz-„Umweltprädi-kat Polo“ lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden erfüllen die Anforderungen der Norm DIN EN ISO 14040:2006 / DIN EN ISO 14044:2006. Sie sind wissenschaftlich begründet und entsprechen dem Stand der Ökobilanz-technik.
- Die verwendeten Daten sind in Bezug auf das Ziel der Studie hinreichend, zweck-mäßig und qualifiziert.
- Die Auswertungen berücksichtigen das Ziel der Studie sowie die erkannten Ein-schränkungen.
- Die vorgelegte Studie ist in sich schlüssig und transparent.

Über die dargestellte durchgeführte kritische Prüfung ist eine Gültigkeitserklärung ausgestellt worden (vgl. Anlage). Der Bericht über die kritische Prüfung ist Bestandteil der Langfassung der Ökobilanz-Studie.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "W. Hirtz", with a long, sweeping horizontal line extending to the right.

Dr. Winfried Hirtz

Umweltgutachter DE-V-0151

© Volkswagen AG
Konzernforschung Umwelt Produkt
Brieffach 011/1774
38436 Wolfsburg

Dezember 2010