



GREENPEACE

# Vier Schritte zum Drei-Liter-Golf

Erwartungen an den neuen Golf VII

# Vier Schritte zum Drei-Liter-Golf

## Erwartungen an den neuen Golf VII

---

### Inhalt

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Der neue Golf VII: Endlich ein Drei-Liter-Auto?</b>                | <b>3</b>  |
| <b>2. Anlass und Vorgeschichte</b>                                       | <b>5</b>  |
| 2.1 Der SmILE                                                            | 5         |
| 2.2 VW und das Drei-Liter-Auto                                           | 6         |
| 2.3 Die „Drei Liter“ im heutigen Kontext                                 | 6         |
| <b>3. Warum der Golf?</b>                                                | <b>7</b>  |
| <b>4. Das Umfeld – wer hat welche Interessen?</b>                        | <b>8</b>  |
| <b>5. Ausgangssituation: Die besten Golf-Modelle</b>                     | <b>9</b>  |
| <b>6. Vier Schritte zum Drei-Liter-Golf</b>                              | <b>10</b> |
| 6.1 Energie-Bedarf zur Bewegung des Fahrzeuges                           | 11        |
| 6.2 Exkurs: Der Europäische Fahrzyklus – Grundlage der Verbrauchsangaben | 12        |
| 6.3 Der erste Schritt: weniger Gewicht                                   | 14        |
| 6.4 Der zweite Schritt: weniger Rollwiderstand                           | 16        |
| 6.5 Der dritte Schritt: weniger Luftwiderstand                           | 17        |
| 6.6 Effizienzverbesserungen im Bereich Wirkungsgrad des Antriebsstranges | 18        |
| 6.7 Der vierte Schritt: effizienterer Antrieb                            | 19        |
| 6.8 Zusammenfassung: Auswirkungen der Reduktionsschritte für Diesel      | 22        |
| 6.9 Zusammenfassung: Auswirkungen der Reduktionsschritte für Benziner    | 24        |
| <b>7. Ausblick</b>                                                       | <b>27</b> |
| <b>8. Anhang</b>                                                         | <b>28</b> |
| 8.1 Eine kurze Geschichte des Golf                                       | 28        |
| 8.2 Was ist BlueMotion, was ist BlueMotion-Technology?                   | 31        |

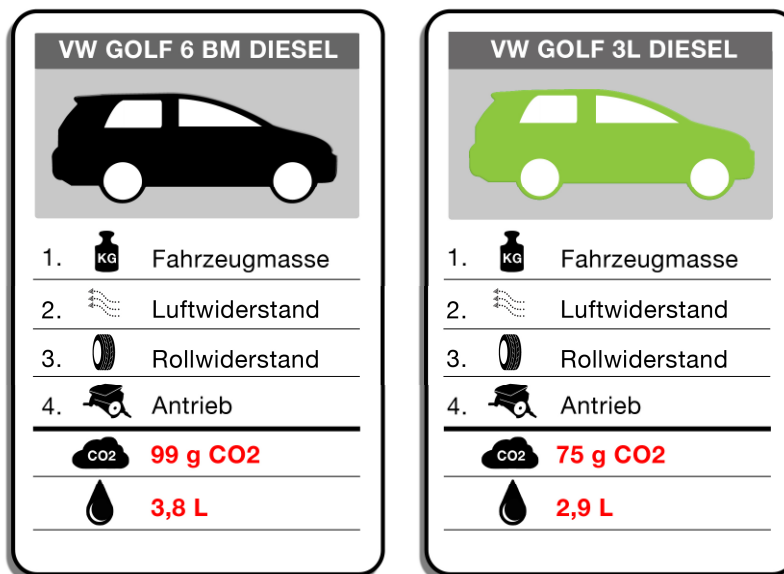
## 1. Der neue Golf VII: Endlich ein Drei-Liter-Auto?

Volkswagen hat als Europas größter, vielleicht bald weltgrößter Autobauer eine besondere Verantwortung für den Klimaschutz, der er nicht gerecht wird. Zeit, endlich zu handeln. Greenpeace fordert Volkswagen seit dem Jahr 2011 mit einer Klimakampagne auf, seine Autos effizienter und klimafreundlicher zu machen. Die Chance, seiner Klimaverantwortung gerecht zu werden, bietet sich für VW mit der Einführung eines Massenmodells Golf VII im Herbst 2012. **In der folgenden Untersuchung weist Greenpeace nach, dass der neue VW Golf (Diesel und Benziner) bei einem Kraftstoffverbrauch von ca. 3,4 Liter Benzin (3 Liter Diesel) mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von nur 80 Gramm auskommen könnte.** Und das allein durch den Einsatz konventioneller Technik – ohne Teilelektrifizierung und ohne Einbußen in Sachen Sicherheit, Komfort und Leistung.

### Der Golf Diesel

Durch einfache technische Maßnahmen und sehr geringe Mehrkosten könnte der neue **Golf VII Diesel** sogar mit 2,9 Liter Kraftstoff (75 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer) auskommen. Damit würde er 25 Prozent weniger CO<sub>2</sub> ausstoßen als der derzeit beste Golf Diesel (BlueMotion, 99 Gramm) und 37 Prozent weniger als der derzeit meistverkaufte einfache Golf Diesel (119 Gramm).

### In 4 Schritten zum 3-Liter Golf

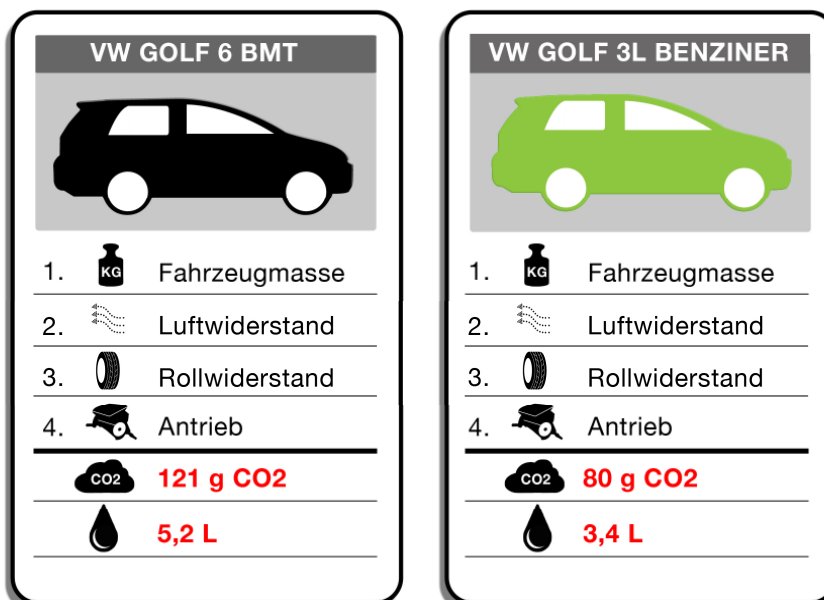


## Der Golf Benziner

Beim **Golf VII Benziner** mit einem künftigen Verbrauch von nur noch 3,4 Liter Benzin (80 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer) würde sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 34 Prozent verbessern gegenüber dem besten heutigen Modell (mit BlueMotion-Technology, 121 Gramm) oder um 41 Prozent im Vergleich zum aktuellen „Durchschnittsbenziner“ (134 Gramm).

Bei Einsatz eines „Mild-Hybrid“ könnte VW den Verbrauch sogar auf 2,6 Liter Benzin (61 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer) senken – eine Verbesserung von fast 50 Prozent gegenüber dem besten heutigen Modell.

### In 4 Schritten zum 3-Liter Golf



© Greenpeace / Maria Feck

Basismodell Spritschlucker? Nein! Greenpeace fordert, dass VW das Basismodell des nächsten Golf (Golf VII) zu einem echten Drei-Liter-Auto macht. 80 g CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilometer bei einem Verbrauch von 3 Liter (Benziner: 3,4 Liter) Kraftstoff und weniger sind schon heute mit konventioneller Technik möglich

## 2. Anlass und Vorgeschichte

Warum der Golf und warum ein Drei-Liter-Auto? Seit mehr als 20 Jahren ist klar, wie wichtig der Spritverbrauch von Autos für den Klimaschutz ist und dass ihr CO<sub>2</sub>-Ausstoß mindestens halbiert werden muss. Klimaschutz ist keine Sonderausstattung. Die Forderung: Fahrzeuge sollten im Schnitt nicht mehr als 3 Liter/100 Kilometer verbrauchen. Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von maximal 80 Gramm/Kilometer.

### 2.1 Der SmILE

Bereits in den 90ern gab es Ansätze, einen Klein- oder Kleinstwagen auf den Markt zu bringen mit einem Verbrauch von ca. 3 Litern. Seitdem gilt die magische „Drei“. Greenpeace zeigte bereits 1996 mit dem SmILE (Abkürzung für *Small, Intelligent, Light, Efficient*): Eine Halbierung des Verbrauchs ist ohne Abstriche und ohne höhere Kosten möglich. Der serienfähige Prototyp – bis heute wegweisend in Technik und Design – konnte durch „Downsizing & Supercharging“ (hohe Kompression der Verbrennungsluft verbunden mit einer radikalen Verringerung des Hubraums) den Spritverbrauch des vergleichbaren Ausgangsmodells halbieren: Der Original-Twingo (Basismodell für den SmILE) verbrauchte 6,6 Liter, der SmILE mit hoch-aufgeladenem Motor und weniger Gewicht – nur 3,3 Liter. Auf zahlreichen Fahrten quer durch Europa verbrauchte der SmILE durchweg sogar weniger als 2,5 Liter/100 Kilometer.



Ziel des SmILE war nicht das Drei-Liter-Auto. Ziel war die generelle Halbierung des Kraftstoffbedarfs für alle Fahrzeugklassen.

## 2.2 VW und das Drei-Liter-Auto

Der Ruf nach einem Drei-Liter-Auto wurde lauter. Volkswagen reagierte und brachte den „Drei-Liter“- Lupo Diesel auf den Markt. Das Öko-Vorzeigemodell fand wegen exorbitant hoher Preise kaum Käufer. Selbst die Händler rieten vom Kauf ab.

Volkswagen erreichte mit diesem Vorgehen aber dennoch zweierlei:

Zum Einen konnte VW nun behaupten, dass die Kunden keine sparsamen Autos wünschen. Bis heute missbraucht der Konzern dieses Argument dafür, dass es kein attraktives Niedrigverbrauchsauto als Massenmodell anbietet.

Zum Anderen etablierte VW die Verknüpfung „Drei-Liter-Auto = Kleinwagen“. Es geht aber um die drastische Senkung von Spritverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen im gesamten Massenmarkt.

## 2.3 Die „Drei Liter“ im heutigen Kontext

Das Greenpeace-Ziel aus dem Jahr 1996 – die Halbierung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs – ist heute noch genauso aktuell wie damals. Die Technik des SmILE, das „Downsizing & Supercharging“, hat sich inzwischen in der Autoindustrie auf breiter Front durchgesetzt. 15 Jahre nach dem SmILE werden die Hubräume kleiner. Aber: Anstatt den Spritverbrauch damit zu senken, werden die Autos immer schwerer, der Verbrauch sinkt im Schneckentempo. **Und das, obwohl das Ziel „Drei-Liter“ heute technisch nicht nur für Kleinwagen, sondern auch für Autos der Kompakt- und Mittelklasse möglich ist.**

Die Zukunft des Autos hängt vom CO<sub>2</sub>-Ausstoß ab. Die von der EU-Kommission festgesetzten Grenzwerte werden weiter sinken. Greenpeace und andere Organisationen fordern 80 Gramm/Kilometer für Neuwagen bis 2020. Dieser Wert ist mit moderaten technischen Mitteln bei einem Verbrauch von ca. 3 Litern Diesel erreichbar. Im Jahr 2025 sollten Autos dann nicht mehr als ca. 60 Gramm/Kilometer CO<sub>2</sub> emittieren. Dies entspricht einem Verbrauch von 2,3 Litern Diesel (2,6 Litern Benzin).

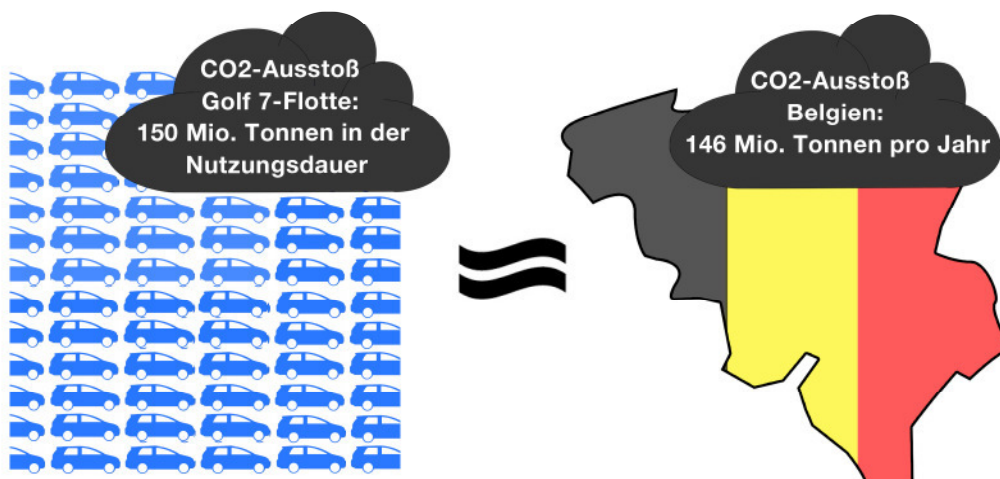
**Der neue Golf wird den Automobilmarkt für die nächsten zehn Jahre wesentlich bestimmen. VW muss deshalb die beste vorhandene Technik fürs Spritsparen serienmäßig einbauen – Ziel: 3 Liter.**

### 3. Warum der Golf?

Basismodell „Drei-Liter-Golf“? Der technische Fortschritt macht es möglich. Der neue Golf VII muss ein echtes Drei-Liter-Auto werden. Denn: In der Kompakt-beziehungsweise unteren Mittelklasse („Golf-Klasse“) fallen die Entscheidungen für klimapolitische Fortschritte. Hier entscheidet sich auch die Frage, ob es mit den von der EU-Kommission erlassenen Flotten-Grenzwerten vorangeht.

Ende 2012 kommt der Golf VII auf den Markt – DAS Großereignis für VW, denn der Golf ist das „Brot-und Butter-Auto“ des Konzerns. In den nächsten 10 Jahren wird er wohl wieder das meistverkaufte Auto sein, nicht nur in Europa, denn der Autobauer aus Wolfsburg will an die Spitze des Weltmarktes. Voraussichtlich zehn Millionen Mal wird er vom Band laufen. Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung und einem durchschnittlichen Verbrauch von 5 Liter/100 Kilometer (ca. 120 Gramm CO<sub>2</sub>/Kilometer) wird er etwa 150 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> ausstoßen. Auf den ersten Blick scheint die Differenz zwischen 120 Gramm und 80 Gramm CO<sub>2</sub>-Ausstoß nicht besonders groß. Durch die riesige Anzahl an Fahrzeugen sind die Auswirkungen jedoch enorm: Mehrere -zig Millionen (Größenordnung 50 Millionen) Tonnen CO<sub>2</sub> könnten eingespart werden.

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen: Golf 7-Flotte



Der Drei-Liter-Golf VII hat Vorbildfunktion für eine ganze Generation von Autos der Kompakt- und unteren Mittelklasse. Und – er wird nicht nur als Neuwagenmodell bis zum nächsten Wandel (etwa 2020) die Höhe der Emissionen und Kraftstoffverbräuche bestimmen, sondern noch weit länger im Gebrauchtwagenmarkt.

**Zeit für andere Autos: Die neue Golf-Generation ist DAS prägende Massenauto für den Automobilmarkt der nächsten 10 Jahre. Eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauches um wenige Prozent reicht nicht aus. Der Verbrauch muss drastisch sinken.**

## 4. Das Umfeld – wer hat welche Interessen?

Dass eine deutliche Absenkung des Kraftstoffverbrauches von PKW aus ökonomischen und ökologischen Gründen erforderlich ist, wird niemand bestreiten. Bundesregierung, Automobilindustrie, Autofahrerclubs und Umweltverbände vertreten jedoch recht unterschiedliche Positionen über den Weg dorthin.

- Für die Bundesregierung liegt die Lösung in der „Elektromobilität“ – also Autos, die mit aus dem Stromnetz geladenen Batterien betrieben werden. Für den Übergang soll mehr Kraftstoff aus Pflanzen produziert werden.
- Für die Autoindustrie sind rein elektrisch betriebene Autos (plug-in cars) auf lange Sicht nur ein Nischenmarkt. Der Politik sagt man dies allerdings nicht so deutlich, nimmt man doch die Fördermittel gerne mit. Und die Anrechnung der E-Autos als „Nullemissionsautos“ erleichtert das Erreichen der geforderten CO<sub>2</sub>-Ziele. Der weitaus größere Teil der Fahrzeuge soll aber auch künftig von Verbrennungsmotoren angetrieben werden.
- Für die Autoclubs sind sparsamere Fahrzeug-Antriebe im Interesse der Geldbörsen ihrer Mitglieder wünschenswert. Noch besser wäre es aus ihrer Sicht natürlich, wenn der Staat für billigen Kraftstoff sorgen und die Mineralölsteuer senken würde. Ansonsten verfolgt man wohlwollend alles, was die Autoindustrie an Neuigkeiten zu bieten hat.
- Umweltverbände teilen die Begeisterung für Elektroautos eher nicht. Verbrennungsmotoren sind zwar veraltet, bieten angesichts ihrer Dominanz aber das weit größere Reduktionspotenzial. Und gegen pflanzliche Kraftstoffe gibt es zunehmend ökologische Bedenken.

### Weitere grundsätzliche Fragen:

Wieviel mehr darf ein sparsameres Auto kosten? Müssen Autos künftig immer größer, schneller, sicherer und komfortabler werden? Wird Kraftstoffsparen künftig so wichtig, dass Höchstgeschwindigkeiten begrenzt werden? Welche Rahmenbedingungen will und kann die Politik für die Kraftstoffeinsparung setzen?

Wie sparsam ein Auto werden kann, hängt von den Anforderungen an das Fahrzeug und vom Verhalten des Nutzers ab. Wesentlich für den Verbrauch sind das Fahrzeuggewicht, die Fahrzeugabmessungen, die Motorgröße (Hubraum und Leistung) sowie die Getriebeuntersetzung. Diese Faktoren werden wiederum wesentlich beeinflusst von den Wünschen der Käufer und den gesetzlichen Anforderungen (Straßenverkehrs-Zulassungsordnung – StVZO), zum Beispiel hinsichtlich Unfallsicherheit und Emissionen.

Fahrzeugtechnische und individuelle Faktoren beeinflussen einander. Autofahrer werden mit bestimmten Fahrzeugen schneller fahren, während Autohersteller neue Fahrzeugmodelle danach ausrichten, was Käufer vermutlich wünschen. Volkswagen-Folgemodelle wurden größer, stärker und komfortabler, auch der Kraftstoffverbrauch konnte leicht gesenkt werden. (Siehe dazu im Anhang: „Kurze Geschichte der Golf-Modelle“). Diese Effizienzverbesserungen sind bisher allerdings erheblich schwächer ausgefallen als in anderen Verbrauchssektoren z.B. Industrie und Haushalte. Andererseits hat die wachsende Autoflotte diese spezifischen Verbesserungen konterkariert. Ein deutlicher Schritt zu mehr Effizienz ist überfällig.

**Nachfolgend wird aufgezeigt, mit welchen technischen Maßnahmen der Golf ein echtes Drei-Liter-Auto mit weniger als 80 Gramm/Kilometer CO<sub>2</sub>-Ausstoß werden kann.**

## 5. Ausgangssituation: die besten Golf-Modelle

Ausgangspunkt sind die heute schon vorhandenen verbrauchsgünstigsten Modelle, jeweils in der Benzin- und Dieselfersion. Es soll gezeigt werden, welche Verbräuche durch sinnvolle Verbesserungen erreichbar sind. Dabei ist es notwendig, die Ausführungen getrennt nach Diesel- und Ottomotor zu betrachten – bekanntlich ist der Energiegehalt eines Liters Diesel um 13 Prozent höher als der von Benzin, sodass ein 3-Liter-Diesel energetisch und auch hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes einem 3,4-Liter-Benziner entspricht. Die Berechnungen gehen vom jetzigen Golf VI aus. Zunächst werden die möglichen Schritte diskutiert, damit der nächste Golf VII ein Drei-Liter-Auto werden kann.

Hinsichtlich des Dieselantriebes wird vom verbrauchsgünstigsten Modell ausgegangen:

Golf BlueMotion, 1.6 l Hubraum, TDI 77 kW (105 PS), 5-Gang, DPF, Verbrauch Ø: 3,8 l/100 km (Stadt: 4,7, Land: 3,4) CO<sub>2</sub>-Ausstoß: 99 g/km Leergewicht 1.314 kg, ZulGG 1.750 kg, mitgeschlossenen Grill, abgedunkelten Rückleuchten, Tieferlegung um 15 Millimeter mittels Sportfahrwerk sowie markanten Spoilern und Schwellern. Mit speziellen Boden- und Hinterachsverkleidungen, reibungsoptimierten Gelenkwellen, längerer Übersetzung, abgesenkter Leerlaufdrehzahl, rollwiderstandsarmen Reifen, Gangempfehlung sowie Start-Stopp-System.

Hinsichtlich des Otto-Motor-Antriebes wird vom verbrauchsgünstigsten Modell ausgegangen:

Golf BlueMotion Technology, 1,2 l Hubraum, TSI, 77 kW (105 PS), 6-Gang, Verbrauch Ø: 5,2 l/100 km (Stadt 6,5, Land: 4,5), CO<sub>2</sub>-Ausstoß: 121 g/km, Leergewicht 1.234 kg, ZulGG 1.750 kg.

### Vergleich der Ausgangsmodelle für die Kalkulation

| Diesel                                                                                   | Benziner                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1,6 l Hubraum, TDI, BlueMotion                                                           | 1.2 TSI BlueMotion Technology                                                            |
| 77 kW (105 PS) 5-Gang, DPF                                                               | 77 kW (105 PS) 6-Gang                                                                    |
| Kraftstoffverbrauch kombiniert 3,8 l/100 km                                              | Kraftstoffverbrauch kombiniert 5,2 l/100 km                                              |
| Leergewicht 1.314 kg                                                                     | Leergewicht 1.234 kg                                                                     |
| Höchstgeschwindigkeit 190 km/h                                                           | Höchstgeschwindigkeit 190 km/h                                                           |
| Beschleunigung 0-100 km/h 11,5 sec                                                       | Beschleunigung 0-100 km/h 10,5 sec                                                       |
| <b>CO<sub>2</sub>-Emissionen kombiniert 99 g/km</b>                                      | <b>CO<sub>2</sub>-Emissionen kombiniert 121 g/km</b>                                     |
| Außenmaße: Länge mal Breite mal Höhe<br>4199mm x 1786mm (mit Spiegel 2048mm)<br>x 1512mm | Außenmaße: Länge mal Breite mal Höhe<br>4199mm x 1786mm (mit Spiegel<br>2048mm) x 1512mm |

Für den neuen Golf VII wird unterstellt (neben dem Ziel der verbesserten Verbrauchseffizienz) dass die Fahreigenschaften für den Nutzer unverändert bleiben.

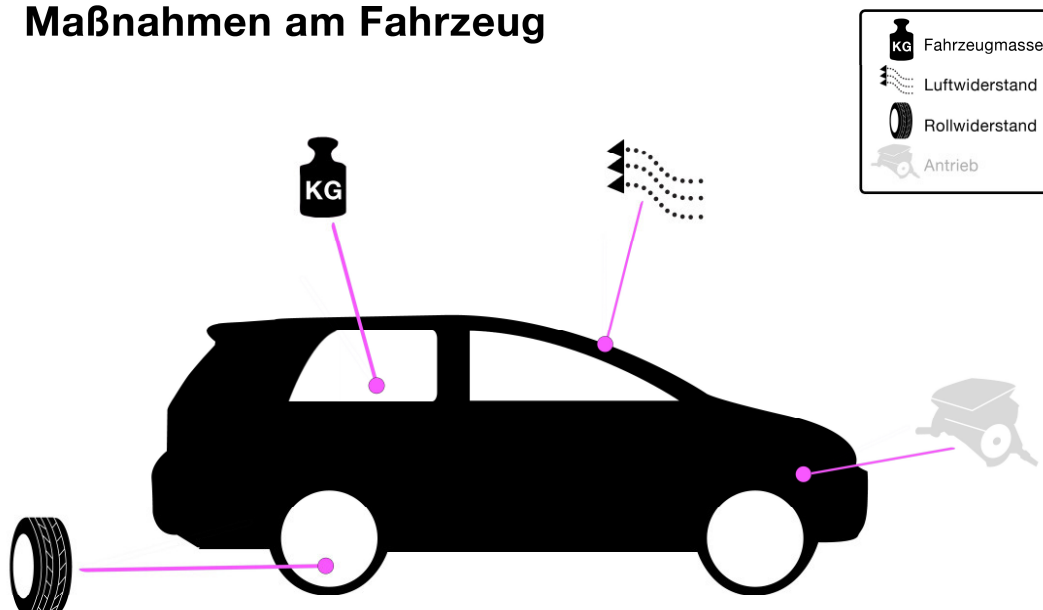
## 6. Vier Schritte zum Drei-Liter-Golf

Um den spezifischen Energieverbrauch eines PKW-Modells zu reduzieren, muss es in all seinen Komponenten optimiert werden. Systematisch zu trennen sind zwei Bereiche:

### 1. Bereich: Energiebedarf (Maßnahmen am Fahrzeug):

Der Energiebedarf zur Bewegung des Fahrzeuges: Wie viel Kraft muss das Antriebsaggregat wie lange aufbringen, um das Auto auf der Strecke zu bewegen?

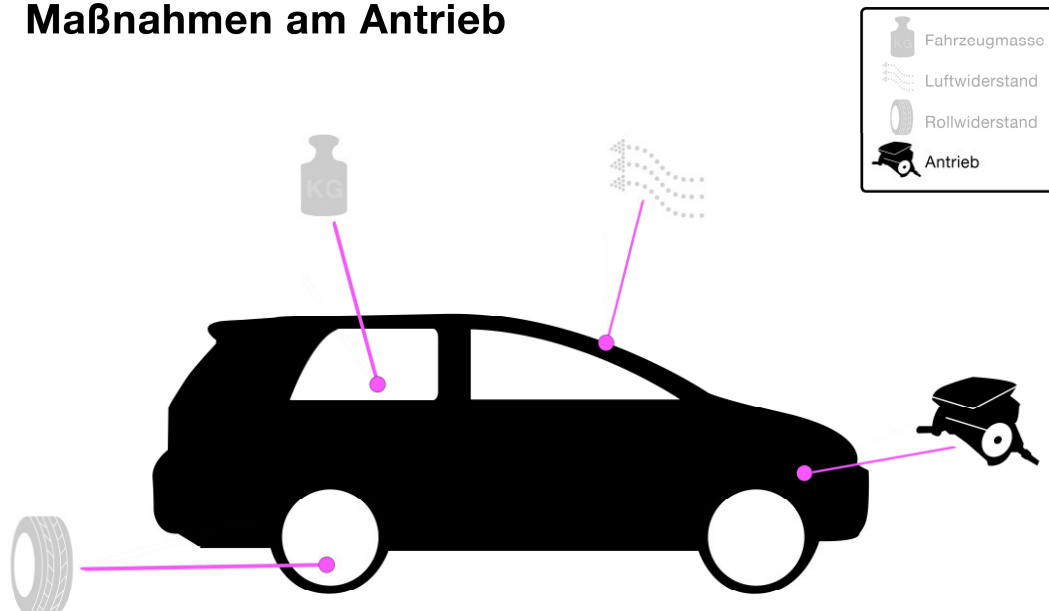
### Maßnahmen am Fahrzeug



## 2. Bereich: Wirkungsgrad (Maßnahmen am Antrieb):

Der Wirkungsgrad des Antriebes: Wieviel Kraftstoff muss verbrannt werden, um die erforderliche mechanische Energie für den Antrieb zu erzeugen?

### Maßnahmen am Antrieb



© Greenpeace / Maria Feck

Für die Ermittlung des Verbrauchsminderungspotenzials des Golf VII wird zunächst im Schritt 1 der Energiebedarf zur Bewegung des Fahrzeugs in Simulationsrechnungen reduziert. Im Schritt 2 geht es um motorische Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades des Antriebs. Bei Schritt 1 sind die Maßnahmen für Diesel- und Otto-Modelle praktisch identisch. Bei Schritt 2 muss differenziert vorgegangen werden.

## 6.1 Energie-Bedarf zur Bewegung des Fahrzeuges

Für welche Fahrzeugbewegungen im vorgeschriebenen Neuen Europäischen Testzyklus (NEFZ) muss mechanische Energie bereitgestellt werden? Der Zyklus enthält folgende Phasen:

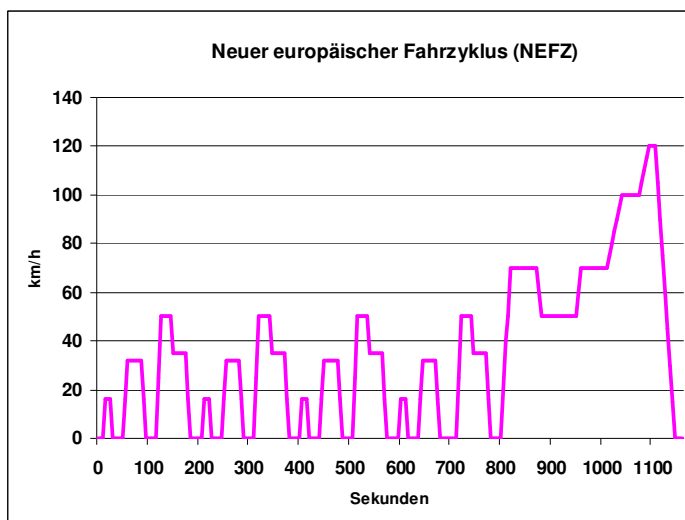
- Stehendes Fahrzeug (der Motor steht oder dreht im Leerlauf)
- Beschleunigung
- Konstantfahrten
- Verzögerungen (ggf. mit Bremsen)

In modernen Konzepten schaltet sich der Motor beim stehenden Fahrzeug selbst ab und spart den Leerlaufverbrauch. Durch das Start-Stopp-System der beiden Referenzmodelle (Diesel-BlueMotion und Benzin-BluMotion-Technology) sowie die Leerlauf-Absenkung kann man diesen Verbrauchsanteil vernachlässigen. (Ansonsten wären es im NEFZ umgerechnet rund 0,35 Liter/100 Kilometer).

Die für Beschleunigung und Konstantfahrten notwendige mechanische Energie ist je nach Zyklus-Abschnitt unterschiedlich hoch; die Beschleunigungselemente variieren. Sie umfassen z. B. Beschleunigungen von 0 auf 20, von 0 auf 50 oder von 70 auf 120 km/h. Konstantfahrten werden z. B. jeweils kurzfristig mit 30, 50, 70, 90 und 120 km/h absolviert. Die dazu notwendige Antriebsenergie wird jeweils abschnittsweise berechnet und aufaddiert.

In den Verzögerungsphasen muss keine Energie zugeführt werden. (Im Gegenteil: In den Verzögerungsphasen kann Energie gewonnen werden; auf diese Rekuperation wird später noch eingegangen.)

## Exkurs: Der Europäische Fahrzyklus: Grundlage der Verbrauchsangaben



Die Zulassungsvorschriften der StVZO sind identisch mit den Richtlinien-Anforderungen der EU. Sie basieren hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen auf einem im NEFZ – Neuer Europäischer Fahrzyklus – beschriebenen Fahrverhalten. Die im NEFZ gemessenen Verbrauchswerte liegen meist deutlich unterhalb der Werte für den durchschnittlichen Praxisverbrauch. Der Prüfzyklus beschreibt nicht das tatsächliche

*Verkehrsverhalten. In der Realität wird beispielsweise stärker beschleunigt und schneller gefahren. Die Zykluswerte täuschen insgesamt zu niedrige Verbrauchswerte vor. Die Diskrepanz wird bei den neuen Prüfbedingungen für Hybridfahrzeuge mit elektromotorischen Fahrtabschnitten besonders groß.*

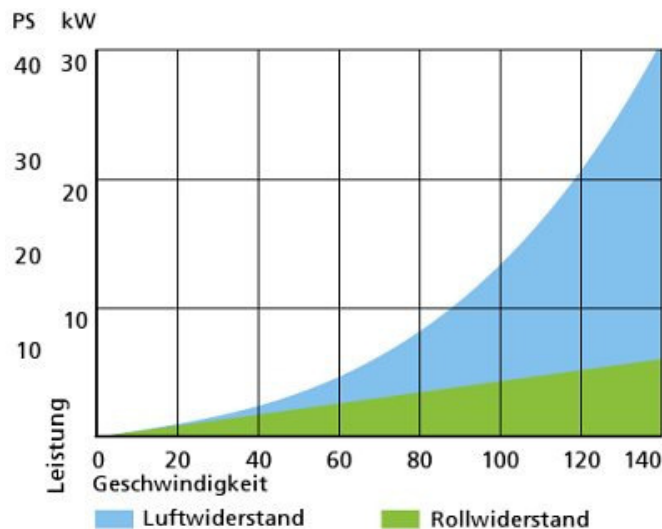
*Trotz der Schwierigkeiten bei der Verwendung des NEFZ wird man diese Testbedingungen auch bei den im vorliegenden Text diskutierten Einsparmöglichkeiten verwenden müssen. Für den Kraftstoffverbrauch und die Einsparmöglichkeiten müssen die einzelnen Elemente des Fahrzyklus getrennt betrachtet werden. Zu unterscheiden sind zunächst die beiden Abschnitte von etwa 4 Kilometer Innenstadtverkehr mit einer*

*Dauer von insgesamt 780 Sekunden im Geschwindigkeitsbereich bis 50 km/h und mehreren simulierten Wartephasen an Ampeln, sowie danach etwa 7 Kilometer Außerortsverkehr innerhalb von rund 400 Sekunden mit Geschwindigkeiten von (nacheinander) 70, 50, 100 und schließlich 120 km/h. Die im Stadtverkehrsteil (a) und die im Außerortsteil (b) gemessenen Verbrauchswerte werden zum Gesamt-Verbrauchswert gemittelt.*

---

Einige Anmerkungen zu den Phasen:

- Für den Energiebedarf in **Beschleunigungsphasen** ist die **Fahrzeugmasse** direkt entscheidend: Je schwerer das Auto, desto mehr Energie muss für die Beschleunigung aufgewandt werden. Die genannten 1.500 Kilogramm markieren den oberen Bereich im Golf VI-Spektrum. Für die Modelle mit mittlerer Ausstattung und Motorisierung kann man 1.300 bis 1.350 Kilogramm annehmen. Eine Reduzierung des Energiebedarfes um rund 23 Prozent würde eine Senkung der Leergewichte auf 850 bis 900 Kilogramm erfordern.
- In den **Konstantphasen** sind der **Rollwiderstand** (bei niedriger Geschwindigkeit) und der Luftwiderstand (ab ca. 50 km/h) die wichtigen Parameter. Den Rollwiderstand ermittelt man als Produkt des spezifischen Rollwiderstandes der Reifen (cr) und der Fahrzeugmasse. Grundsätzlich ist der Widerstandsbeiwert von Reifen in der Vergangenheit immer niedriger geworden, andererseits ist der Trend zu breiteren Reifen nachteilig. Im Allgemeinen verursachen schmalere Reifen weniger Rollwiderstand. Auch sind sie vorteilhaft für den Luftwiderstand. Der Rollwiderstand variiert im heutigen Reifenmarkt zwischen 0,008 und 0,012 variieren. Die Wahl der besten (Leichtlauf-)Reifen statt der schlechtesten hier genannten (es gibt noch schlechtere) ergäbe eine Senkung des Energiebedarfes um rund 12 Prozent. Allerdings dürften die Hersteller bei ihren offiziellen Messungen bereits relativ gute Reifen aufgezogen haben, so dass das Potenzial niedriger (etwa von 0,011 auf 0,008) wäre.
- Der **Luftwiderstand** des Fahrzeugs ergibt sich aus dem spezifischen "Luftwiderstands- Beiwert" (cw), der beschreibt, wie "windschnittig" ein Körper gestaltet ist, und der Frontfläche (Breite x Höhe) des PKW. Ein sehr guter cw allein genügt also nicht, wenn die Fläche größer wird. Die Fahrzeuglänge geht nicht direkt in den Luftwiderstand ein, jedoch indirekt: Der Luftwiderstandsbeiwert cw sinkt bei längeren Fahrzeugen („Länge läuft“). Dass Kürze für den cw-Wert von Autos nachteilig ist, sieht man auch an den schlechten cw-Werten des Smart. Eine Reduzierung des cw-Wertes von beispielsweise 0,35 auf 0,29 könnte den Zyklusbedarf um rund 10 Prozent reduzieren; verringert man die Stirnfläche (Fahrzeugbreite mal -höhe) von 2,6 auf beispielsweise 2,2 m<sup>2</sup>, sinkt der Energiebedarf um etwa 7 Prozent. Unterstellt man die oben genannten Verbesserungen im Luftwiderstand (0,35 auf 0,29), in der Stirnfläche (2,2 statt 2,6 m<sup>2</sup>) und im Rollwiderstand (0,011 auf 0,008), dann sinkt der Energiebedarf von etwa 35 Prozent (von etwa 13,5 kWh je 100 Kilometer auf 8,8 kWh je 100 Kilometer).



Die linke Grafik zeigt eindrucksvoll, wie sich insbesondere der Luftwiderstand bei wachsenden Geschwindigkeiten auswirkt:

In den Verzögerungsphasen, also beim Bremsen, geht die für Beschleunigungsphasen aufzubringende Energiemenge verloren. Gelänge es, diese Energie vollständig zu speichern und für den Fahrbetrieb zu nutzen, könnte der Energiebedarf im Fahrzyklus allein aus den für den Verbrauch bei

Konstantfahrt notwendigen Antriebsenergien ermittelt werden. Allerdings: Eine Rückgewinnung von 100 Prozent ist nicht möglich, allenfalls um die 50 oder 60 Prozent. Doch auch dann käme man auf unter 2 Liter/100 Kilometer. Wie könnte eine Bremsenergie-Rückgewinnung überhaupt aussehen? Umgesetzte Beispiele gibt es bei Hybridautos. Notwendig ist ein „leichter“ Hybrid mit etwas vergrößerter Batteriemenge (und leider auch Masse) und der Fähigkeit, in Beschleunigungsphasen einen Elektromotor hinzuschalten, um die beim Bremsen gespeicherte Energiemenge dann abzurufen.

**Es gibt also drei Stellschrauben zur Reduzierung des Antriebs-Energiebedarfes:**

1. Fahrzeugmasse
2. Rollwiderstand
3. Luftwiderstand

### 6.3 Der erste Schritt: weniger Gewicht

Hier ging es über Jahrzehnte in die falsche Richtung – der Golf wurde immer schwerer. Welche Möglichkeiten gibt es, die Golf-VI-Modelle leichter zu machen? Aus der technischen Literatur ergeben sich folgende Massenverteilungen:

- 35 % Karosserie (davon 58 % Rohkarosse, 25 % Anbauteile, 19 % Verglasung etc.)
- 22 % Antriebsstrang (davon 50 % Motor, 17 % Getriebe)
- 20 % Fahrwerk (davon 36 % Quer- und Vertikaldynamik, 32 % Räder / Reifen, 20 % Bremsen)
- 16 % Interieur (davon 36 % Sitze, 30 % Innenverkleidung)
- 7 % Sonstiges

Dieser Report konzentriert sich auf die wesentlichen Massenanteile: Rohkarosse, Antriebsstrang, Fahrwerk. Beim Golf VI wiegt die Rohkarosse etwa 440 Kilogramm, ohne bewegliche Teile wie Türen und Motorhaube ca. 300 Kilogramm. Nach den Ergebnissen des 2008 abgeschlossenen EU-Projektes „SuperLIGHT-Car“, an dem VW zentral beteiligt war und das ein Fahrzeug der Golf-Kategorie zum Gegenstand hatte, kann die starre Rohkarosserie – unter Beibehaltung des Sicherheitslevels in den Crash-Tests (Frontalaufprall, Seiten- sowie Heckaufprall) – um 115 Kilogramm leichter gestaltet werden. Dafür wurden Mehrkosten von 10 € pro Kilogramm ermittelt.

Mit leichteren Anbauteilen (Motor- und Kofferraumhaube, Türen und Leichtglasscheiben) können weitere 65 kg Gewichtseinsparung erreicht werden. (Abgeleitet aus den Einsparmaßnahmen am VW Lupo 3 Liter mit 52 kg weniger Gewicht bei den Anbauteilen der Karosserie mit u. a. Aluminium-Türen, Aluminium-Magnesium-Heckklappe, Scheiben aus dünnerem Glas, gewichtsoptimiertem Unterbodenschutz.) Die Rohkarosse wurde damals aus Kosten- und Sicherheitsgründen nicht verändert. Die Übertragung der Erkenntnisse aus dem Lupo auf den größeren Golf VI führt zu einem Einsparpotenzial von 65 kg. Damit beträgt die Massenreduzierung in der Gesamt-Rohkarosse 180 kg. Durch diese Massenreduzierung wird nun, wie eine Studie der RWTH Aachen von 2011 ermittelt hat, eine „sekundäre Gewichtsreduktion“ möglich, die pro 100 kg reduzierter Fahrzeugmasse nochmals mehr als 45 kg weniger Gewicht in wichtigen anderen Bauteilen ermöglicht.

Beispiele: Das leichtere Fahrzeug benötigt etwas weniger Bremsfläche, die Radaufhängung muss nicht so stark dimensioniert werden, gleiche Beschleunigungswerte werden mit weniger Hubraum erzielt. Bei einem leichteren Auto müssen Antrieb und Fahrwerk, Bereifung und Tank, Batterie etc. weniger Leistung übertragen und Drehmoment aushalten. Das ermöglicht den Einstieg in eine Gewichtsreduzierungs-Spirale.

Die sekundäre Gewichtsreduzierung bei Motor, Fahrwerk usw. auf Grund der oben abgeleiteten 180 Kilogramm geringeren Gewichts könnte nochmals 50 bis 70 Kilogramm betragen. Ein weiterer Reduktionsbereich betrifft die Innenausstattung (Sitze u.a). Diese beiden Minderungen sollen hier nicht separat quantifiziert werden, sie können das ökonomisch verfügbare Reduktionspotenzial auf – geschätzt – 220 Kilogramm erhöhen. Wir verwenden im Weiteren als konservativen Wert für den neuen Golf VII eine Gewichtsreduktion von 180 Kilogramm gegenüber den entsprechenden Golf VI-Varianten. (Anm.: Das würde das Leergewicht des Golf VII auf das Niveau des früheren Golf IV bringen. VW-Vertreter haben dies in Interviews als Ziel genannt).

Angewandt auf die Golf-VI-Referenzmodelle (Diesel 1.6 TDI Blue Motion (BM) und Benzin 1.2 TSI Blue Motion Technology (BMT) ergeben sich Verbesserungen:

- **Golf VII Diesel BM: Verringerung Leergewicht 1.314 kg auf 1.134 kg verringert den Antriebs-Energiebedarf (und damit Verbrauch sowie CO<sub>2</sub>-Ausstoß) um etwa 9 % gegenüber Golf VI.**

- **Golf VII Benziner BMT: Verringerung Leergewicht 1.234 kg auf 1.054 kg verringert den Energiebedarf (und damit Verbrauch sowie CO<sub>2</sub>-Ausstoß) um etwa 9 % gegenüber Golf VI.**

## 6.4 Der zweite Schritt: weniger Rollwiderstand

Im weiteren Rechnungsgang wird von den um jeweils 180 Kilogramm reduzierten Leergewichten ausgegangen. Die zur Bewegung notwendige Antriebskraft errechnet sich aus dem Produkt von Fahrzeugmasse und dem Rollwiderstandskoeffizienten oder -beiwert  $c_r$ . Bei gegebenem Fahrzeuggewicht geht es um die Eigenschaft des Reifens. Diese Reifeneigenschaft wird insbesondere beeinflusst von Reifendruck, Reifendurchmesser, Reifenbreite, Reifenaufbau und vom Reifenprofil. Je höher der Luftdruck – man kennt das vom Fahrradfahren – desto leichter rollt das Rad. Für die BlueMotion-Modelle schreibt VW einen um 0,3 bar höheren Luftdruck vor.

Der dimensionslose [-] Parameter  $c_r$  ist als Quotient aus Rollwiderstandskraft (N) und Reifenlast definiert. In den veröffentlichten Daten für moderne Reifen (<http://www.recodrive.eu/docs/35/03pkw-reifenliste.pdf>) wird der spezifische Widerstand in Prozent angegeben – ein üblicher Wert von 1 Prozent entspricht also  $c_r = 0.01$ . Die EU-Reifenkennzeichnungsverordnung 1222/2009 schreibt die Klassifizierung der  $c_r$ -Werte zwischen <6,5 (Kategorie A) und >12,1 kg/t (Kategorie G) vor; das entspricht nach den genannten anderen Darstellungen  $c_r$ -Werten zwischen 0,65 Prozent und 1,21 Prozent beziehungsweise 0,0065 und 0,0121 [-]. (Anmerkung: Weiteres Verbesserungspotenzial ergibt sich aus den bisher für Elektroautos konzipierten höheren und schmalen Reifen mit Durchmessern von mehr als 60 Zentimetern).

Nachdem die Kennzeichnungs-Richtlinie 2012 in Kraft getreten ist, haben renommierte Reifenhersteller bekannt gegeben, dass sie bereits Modelle der Rollwiderstands-Kategorie A entwickelt hätten. Bemerkenswert ist, dass mit diesen auch der Stand „A“ in der ebenfalls zu kennzeichnenden Bremseigenschaft erreicht wird.

Für den energieeffizienten Golf VII unterstellen wir vorsichtig eine Verbesserung des  $c_r$ -Wertes der Reifen von 0,01 (bei den Golf VI-Referenzmodellen) auf 0,007.

Es ergeben sich folgende Verbesserungen:

- **Golf VII Diesel BM: Antriebs-Energiebedarf (und damit Verbrauch sowie CO<sub>2</sub> Ausstoß) um etwa 17 % niedriger als beim Golf VI.**
- **Benziner BMT: Antriebs-Energiebedarf (und damit Verbrauch sowie CO<sub>2</sub> - Ausstoß) um etwa 17 % niedriger als beim Golf VI.**

## 6.5 Der dritte Schritt: weniger Luftwiderstand

Für den Schritt vom Golf VI zum Golf VII wird unterstellt, dass die Stirn- oder Querschnittsfläche mit 2,2 m<sup>2</sup> unverändert bleibt. In der Entwicklung des Golfs wurde die Stirnfläche ständig vergrößert, hauptsächlich durch mehr Breite. Dass der Golf – mit Ausnahme der Entwicklung vom Golf V zum Golf VI – immer länger wurde, nutzt der Verbesserung des Luftwiderstandes. Wie bei Booten gilt auch bei Autos gegenüber der Luftströmung, dass „Länge läuft“.

Doch welche Potenziale liegen im spezifischen Luftwiderstandsbeiwert  $c_w$ ? Der  $c_w$ -Wert des Golf VI BlueMotion wurde im Vergleich zu den anderen Modellen von 0,3 auf 0,29 verbessert, und zwar durch Maßnahmen etwa am Kühlergrill und am Unterboden. Generell sind Aerodynamik-Verbesserungen kostengünstig, andererseits ist der Stellenwert des Luftwiderstandes für den Kraftstoffverbrauch im Testzyklus mit seiner Durchschnittsgeschwindigkeit von 32 km/h erheblich niedriger als im realen Verkehr, für den sich eine mittlere Geschwindigkeit von 80 km/h annehmen lässt.

In der Fachliteratur werden Verbesserungen bis etwa 0,2 bei Beibehaltung des Stirnflächen- / Länge-Verhältnisses genannt; bei schlankeren Fahrzeugen wie dem Ein-Liter-Fahrzeug werden weniger als 0,16 erreicht. Für die kommende Golf-Generation wird konservativ ein Luftwiderstandsbeiwert  $c_w$  von 0,25 für Diesel (jetzt 0,29) und 0,26 für Benzin (jetzt 0,31) angesetzt. Der etwas niedrigere Wert für den Diesel resultiert daraus, dass die geringere Abwärme beim Diesel-Verbrennungsprozess geringere Kühlluft einströmung erfordert.

Es ergeben sich dadurch folgende Verbesserungen im Antriebs-Energiebedarf:

- **Golf VII Diesel BM: Antriebs-Energiebedarf (und damit Verbrauch sowie CO<sub>2</sub>-Ausstoß) um etwa 22 % niedriger als beim Golf VI Diesel BM.**
- **Benziner BMT: Antriebs-Energiebedarf (und damit Verbrauch sowie CO<sub>2</sub>-Ausstoß) um etwa 22 % niedriger als beim Golf VI Benzin BMT.**

Trotz der etwas unterschiedlichen Ausgangslagen und Verbesserungen bezüglich der Parameter Gewicht, Roll- und Luftwiderstand ergibt sich für die beiden Ausgangsmodelle eine Reduzierung des Energiebedarfes für die Bewegung im Fahrzyklus um 22 Prozent.

Ohne weitere Veränderungen auf Seiten des Antriebes (insbesondere Motor und Getriebe) können durch Verbesserungen bei der Fahrzeugmasse, dem Rollwiderstand und dem Luftwiderstand dadurch folgende Absenkungen des Kraftstoffverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Emission erreicht werden:

- **Golf VII Diesel BM: Senkung Kraftstoffverbrauch von 3,8 auf rund 3,0 l/100 km sowie Senkung CO<sub>2</sub> -Ausstoß von 99 auf etwa 78 g/km.**
- **Benziner BMT: Senkung Kraftstoffverbrauch von 5,2 auf rund 4,0 l/100 km sowie Senkung CO<sub>2</sub> -Ausstoß von 121 auf etwa 94 g/km.**

## 6.6 Effizienzverbesserungen im Bereich Wirkungsgrad des Antriebsstranges

Wie beim Gesamtfahrzeug soll auch bei der Abschätzung der Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Antriebsstrang die Prämisse gelten, dass keine Nutzungseinschränkungen abverlangt werden. So wie bei den oben aufgeführten Gewichtseinsparungen auf Modellrechnungen von VW im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten verwiesen werden kann, nach denen das Sicherheits- und Komfortniveau unverändert hoch bleiben, gilt dies sinngemäß auch für die nachfolgenden Ausführungen zum Antriebsstrang.

Bei den Messungen der Verbrauchs- und Abgaswerte im Europäischen Fahrzyklus wird dem Antrieb nur ein geringer Teil der verfügbaren Leistung und des Drehmomentes abverlangt. Dass ein Golf VI mit mindestens 77 kW Motorleistung verkauft wird, liegt daran, dass VW für die Beschleunigung von 0 auf 100 km/h einen Wert von weniger als 11,5 Sekunden garantieren will. Wäre man mit einem Wert von etwa 15 Sekunden zufrieden, würde eine maximale Motorleistung von etwa 58 kW (statt 77 kW) genügen.

Energiebedarf und Motorleistung sind für einen Beschleunigungsvorgang proportional von der Fahrzeugmasse abhängig. Bei einer Gewichtsreduzierung um 180 Kilogramm würde eine Maximalleistung des Motors von rund 65 kW ausreichen, um den bisher mit 77 kW erzielten Beschleunigungswert von 11,5 Sekunden zu realisieren.

Auch für Beschleunigungsfähigkeit und Höchstgeschwindigkeit der Golf VI-Referenzmodelle sind die 77 kW Maximalleistung wichtig. Mit der oben dargestellten Gewichtsreduktion kann bereits ein vergleichbares Beschleunigungsverhalten mit rund 10 kW weniger Leistung (68 kW statt 77 kW) bei entsprechend geringerem Hubraum erreicht werden. Berücksichtigt man die Verbesserungen im cr-Wert und im cw-Wert, dann reichen weniger als 65 kW. (Damit die heutige maximale Geschwindigkeit des Golf VI von 190 km/h nicht überschritten wird, müsste man abregeln).

Als analoge Motorisierung werden für den Golf VII Diesel ein 1,4-Liter-Motor und für den Benzinmotor ein 1,0-Liter-Motor vorgeschlagen, jeweils mit 65 kW.

Welche Maßnahmen zur Effizienzverbesserung sind nun für die beiden Antriebe anzusetzen? In Frage kommen insbesondere

- (A) eine Reduzierung der Reibung sowie anderer Energieverluste innerhalb des Systems Motor-Getriebe**
- (B) die Erhöhung des Wirkungsgrades der Verbrennung in den Zylindern**
- (C) eine Hybridisierung, d. h. Einführung eines zusätzlichen elektrischen Antriebes**

## 6.7 Der vierte Schritt: effizienterer Antrieb

### Zu (A): Reibung und andere Energieverluste

Leichtlauföle für Motor und Getriebe wirken insbesondere in den ersten Betriebsminuten nach dem Zyklus-Kaltstart. Laut Ifeu et al. ([http://www.ifeu.de/energie/pdf/NKI\\_Endbericht\\_2011.pdf](http://www.ifeu.de/energie/pdf/NKI_Endbericht_2011.pdf)) erreicht man 3 Prozent Einsparung gegenüber konventionellen Motorölen. Es ist unklar, wie hoch die Einsparung im Zyklus etwa eines Öls der Klasse 0W-40 gegenüber bereits von VW empfohlenen beziehungsweise genutzten Ölen der Klasse 5W-30 ist. Daten zu sparsamen Getriebeölen liegen nicht vor.

Weitere Verbesserungen dürften durch bessere Materialien und optimierte Passungen der Reibpartner erreichbar sein. Stichwort: „Reibungsoptimierte Gelenkwellen“ beim Diesel BlueMotion und den Otto-BMT-Modellen. Dies lässt sich konsequent im Motor und im Antrieb (von der Kolbenreibung über alle Stufen bis zum Antriebsgelenk) durchziehen, dazu noch in allen Nebenaggregaten. Deren Einsparpotenziale werden in größerem Umfang in der mechanischen Entkopplung vom Verbrennungsmotor und der Umstellung auf elektrische Aggregate liegen.

Beispiele dafür sind die Kühlerlüftung, die Umstellung aller Umwälzpumpen an Motor und Getriebe auf elektrischen Betrieb, ferner die Lenkung (die sich im Messzyklus NEFZ nicht niederschlägt), die Bremsen u.v.m. Die bisher hydraulisch und teilweise mit dem Ansaugunterdruck angetriebenen Nebenaggregate können von der Batterie angetrieben werden. Was natürlich dann Sinn macht, wenn diese (a) entweder „mit kostenfreier Energie“ durch Rekuperation bei Verzögerungsvorgängen oder (b) „verbrauchsgünstig“ bei Betriebszuständen mit optimalem Wirkungsgrad geladen wird.

Die abschnittsweise Rekuperation und Entkopplung der Nebenaggregate vom Verbrennungsmotor wird teilweise bereits bei BlueMotion angewandt. Das noch bestehende Potenzial kann bei beiden Antriebsarten auf 3 Prozent (Diesel) bis 5 Prozent (Benziner) angenommen werden.

Es ergeben sich folgende Verbesserungen:

- **Golf VII Diesel BM: Weitere Absenkung Kraftstoffverbrauch von 3,0 l/100km auf 2,9 l/100km sowie Senkung CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 77 auf etwa 75 g/km.**
- **Benziner BMT: Senkung Kraftstoffverbrauch von 4,0 auf rund 3,8 l/100km sowie Senkung CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 94 auf knapp 90 g/km.**

## **Zu (B): Wirkungsgrad der Verbrennung**

Um möglichst große Anteile des NEFZ-Zyklus mit hohem Wirkungsgrad zu betreiben, muss der Ottomotor dort mit hoher Last, also hohem Verdichtungsverhältnis, betrieben werden. Weil der Leistungsbedarf insbesondere im ersten Zyklusteil, der den Innenstadtverkehr abbilden soll, gering ist, können nur hubraumkleine Motoren mit hoher Last betrieben werden – sonst hat man zu viel mechanische Energie. (Eine andere Möglichkeit, Überschussenergie zu speichern, wird unter C: Hybridantrieb behandelt).

Der konstruktive Aufwand rechtfertigt die Maßnahme insbesondere für Benziner, da die Verbrennung nach dem Otto-Prinzip im Vergleich zum Dieselmotor einen besonders schlechten Wirkungsgrad bei niedriger Motorleistung hat.

Folgende technische Maßnahmen sind im Golf VII Benzinern anzuwenden:

Variable Ventilsteuerung (VVS): Damit kann die Luftmenge im Zylinder reduziert werden, was einen geringeren Kraftstoffumsatz pro Arbeitsspiel ermöglicht. Im Unterschied zur üblichen Gestaltung der Teillast im Ottomotor durch Ansaugdrosselung sind die Strömungsverluste weit geringer. Allerdings weisen die entsprechenden Teillast-Arbeitsspiele ein geringeres Verdichtungsverhältnis auf als die Volllastzyklen. Durch VVS könnten im NEFZ etwa 2 bis 3 Prozent Kraftstoffverbrauch, also z.B. 0,15 Liter/100 Kilometer eingespart werden.

Zylinderabschaltung: Ein 1,2-Liter-Motor mit vier Zylindern wird durch die Abschaltung (meist) der mittleren beiden Zylinder zum 600-ccm-Motor, der dann viele Zyklus-Abschnitte nahe Volllast durchführen kann. In solchen Phasen würde der Wirkungsgrad etwa von 20 auf über 30 Prozent steigen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass hier bereits ein Motor mit geringerem Hubraum (1,0 Liter) angenommen wird. Für den gesamten Zyklus erreicht die Zylinderabschaltung lt. Fachliteratur eine Verbesserung um 10 bis 15 Prozent, lt. VW im Zyklus 0,4 Liter/100 Kilometer weniger.

Die Maßnahmen a. und b. können miteinander kombiniert, die Einsparwirkung kann aber nicht einfach addiert werden. Als konservativer Ansatz wird das Verbesserungspotenzial um 0,4 Liter/100 Kilometer (nur Otto!) angesetzt.

Die Bilanz lautet wie folgt:

- **Golf VII Diesel BM: Keine Anwendung. Kraftstoffverbrauch bleibt 2,9 l/100km sowie Senkung CO<sub>2</sub>-Ausstoß 75 g/km.**
- **Benziner BMT: Senkung Kraftstoffverbrauch auf rund 3,4 l/100km sowie Senkung CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf etwa 81 g/km.**

## **Zu (C): Hybridantrieb**

Die Elektrifizierung der Nebenaggregate und die Nutzung von „überschüssigem“ Strom (entweder gewonnen aus der Bremsenergie oder bei gutem Wirkungsgrad aus dem Verbrennungsmotor) kann man als Einstieg in die Hybridisierung betrachten. Das Speicherpotenzial der Batterie kann in diesem Fall relativ klein bleiben- das ist bereits heute der Stand der Technik.

Um zu einem Hybridantrieb zu gelangen, mit dem zum Beispiel innerstädtisch bei Geschwindigkeiten bis 50 km/h mehr als 50 Kilometer zurückgelegt werden können, müsste die Batterie deutlich größer sein als bei den bekannten japanischen Hybrid-Fahrzeugmodellen. Es wird von einer „milden“ Hybridisierung ausgegangen, die erlaubt, einen Teil der Beschleunigungsenergie zurückzugewinnen und den Verbrennungsmotor in sehr ungünstigen Betriebszuständen ausgeschaltet zu lassen.

Reizvoll ist an dem Konzept zweierlei: 1. Der Verbrennungsmotor wird nur bei höherem Antriebsenergie-Bedarf mit relativ günstigem Wirkungsgrad benutzt. In wesentlichen Teilen des NEFZ könnte man von einem Otto-Motor-Wirkungsgrad von zum Beispiel 28 Prozent statt – wie üblich – unter 20 Prozent ausgehen. 2. Ein Teil der Bremsenergie kann zurückgewonnen werden. Allerdings muss man mit einem um 150 Kilogramm und mehr erhöhten Fahrzeuggewicht und rund 2.000 EUR höheren Herstellungskosten rechnen. Wegen der – relativ – guten Wirkungsgrade von Dieselmotoren macht das Hybrid-Konzept allenfalls Sinn, wenn der Hauptantrieb ein Ottomotor (Benziner) ist.

Wie hoch wären nun die für das entsprechende Golf VII-Referenzmodell erzielbaren Einsparmöglichkeiten? Wir gehen vereinfachend von einem um 180 Kilogramm höheren Fahrzeuggewicht aus (Analog zum Golf VI,1,2-Liter TSI BMT). Das erhöht den Antriebsenergiebedarf um etwa 11 Prozent. (Der oben bis zu A. erreichte Verbrauchswert von 3,8 Liter/100 Kilometer würde auf etwa 4,2 Liter/100 Kilometer steigen.) Steigt mit dem Hybridbetrieb der mittlere Motorwirkungsgrad etwa von 20 Prozent auf 25 Prozent (wegen der Konzentration auf größere Last und Aufladung der Batterie für den elektrischen Antrieb bei wenig Energiebedarf), könnte dies die Benziner-Hybrid-Kombination auf 3,3 Liter/100 Kilometer bringen.

Hinsichtlich der Rekuperation (Bremsenergie-Rückgewinnung) bieten die Bestimmungen des NEFZ ideale Bedingungen, weil die Bewegungsänderungen sehr viel sanfter als im realen Verkehr sind. Dadurch könnte man etwa 50 Prozent der Beschleunigungsenergie zurück gewinnen. Eine Überschlagsrechnung zeigt, dass 39 Prozent der Antriebsenergie für Beschleunigung verbraucht wird. Beim Hybridkonzept werden nun alle Verzögerungsphasen für die generatorische Gewinnung von Strom (Rekuperation) für die Batterie genutzt; daraus wird dann Antriebsenergie entnommen.

Der Umfang der aus den Verzögerungen im NEFZ theoretisch maximal gewinnbaren Energie entspricht demjenigen der Beschleunigung. Geht man einschließlich aller Verluste in dem Systemweg von einem mittleren Wirkungsgrad von 50 Prozent für die Rekuperation aus, dann würden 19,5 Prozent der Antriebsenergie im NEFZ (50 Prozent

von 39 Prozent) eingespart. Das bedeutet allerdings nicht zwangsläufig, dass der Kraftstoffverbrauch in diesem Umfang durch die Rekuperation reduziert wird, weil bei der oben beschriebenen Teil-Nutzung des Elektroantriebes aus der Batterie der Verbrennungsmotorbetrieb ohnehin nur bei hoher Effizienz stattfindet. Die folgende Mengenabschätzung weist daher erhebliche Unsicherheiten auf und ist sehr hypothetisch.

Bilanz für die Hybridisierung (nur Benziner !):

- **Benziner BMT: Senkung Kraftstoffverbrauch von 4,2 l/100 km auf – theoretisch – etwa 2,6 l/100km sowie Senkung CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 121 g/km auf etwa 60 g/km. Das wäre eine Halbierung von Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Golf-VI-Referenzmodells.**

## 6.8 Zusammenfassung: Auswirkungen der Reduktionsschritte für Diesel

Mit einem vereinfachten Rechenmodell wurden schrittweise für den Diesel BlueMotion die Auswirkungen der vorgenannten drei Maßnahmen simuliert: 1. Gewichtsreduzierung von 1.314 Kilogramm auf 1.134 Kilogramm, 2. Rollwiderstandsverbesserung von 0,01 auf 0,007 sowie 3. Verbesserung des cw-Wertes von 0,29 auf 0,26.

Für den Antriebsenergiebedarf bedeutet dies:

1. **Reduzierung des Gewichts:** ergibt Minus ca. **9 % gegenüber Ausgangswert**, plus:
2. **Verbesserung des Rollwiderstands:** ergibt Minus ca. **17 % gegenüber Ausgangswert**, plus:
3. **Verbesserung des Luftwiderstands (cw-Wert):** ergibt Gesamtminus ca. **22 % gegenüber Ausgangswert**.

Für den Antriebsenergiebedarf ergibt sich eine Reduzierung von 22 Prozent, von 3,8 l Diesel/100 km oder 99 g/km CO<sub>2</sub> auf 2,94 l/100km (gerundet 3) oder 77 bis 78 g/km CO<sub>2</sub>.

Bei diesem Fahrzeug ist wegen des reduzierten Energiebedarfs aufgrund von Masse/R/cw-Verbesserungen ein leichtes Downsizing von 77 kW auf 65 kW (Hubraumreduzierung von 1,6 auf 1,4 l) möglich – ohne Einschränkungen bei Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit.

**Maßnahmen beim Golf Diesel im Bereich „Fahrzeugmasse, Roll- und Luftwiderstand“**

| Heutiger<br>sparsamster Golf VI<br>Diesel<br>(1.6 TDI BM 77 kW)    | Maßnahmen                                         | Verbesserter<br>Golf VII<br>(1.4 TDI BM 65<br>kW)   | Effekt:<br><br>Verbrauch/ CO <sub>2</sub>                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parameter heute:                                                   |                                                   | Reduzierung %,<br>alle Maßnahmen<br>aufsummiert     |                                                                                                                                                 |
| Gewicht 1.314 kg                                                   | <u>Maßnahme 1:</u><br>Gewicht 1134 kg             | <u>Maßnahme 1:</u><br>Ca. 9 % besser<br>als Golf VI | 3,5 l/100km<br>90 g/km                                                                                                                          |
| Rollwiderstand 0,01                                                | <u>Maßnahme 2:</u><br>Rollwiderstand <b>0,007</b> | <u>Maßnahme 2:</u><br>Ca. 17% besser<br>als Golf VI | 3,2 l/100km<br>82 g/km                                                                                                                          |
| Cw-Wert 0,29                                                       | <u>Maßnahme 3:</u><br>Cw-Wert 0,25                | <u>Maßnahme 3:</u><br>ca .22% besser<br>als Golf VI | 3 l/100km<br>ca. 78 g/km                                                                                                                        |
| Verbrauch/ CO <sub>2</sub><br><br><b>3,8 l/100 km,<br/>99 g/km</b> |                                                   |                                                     | <u>Verbrauch/ CO<sub>2</sub> des<br/>neuen Golf VII Diesel</u><br>(nur durch<br>Maßnahmen am<br>Fahrzeug):<br><br><b>3 l/100km,<br/>78 g/km</b> |

Effizienzsteigerungen beim Diesel

**Gesamtverbesserung Fahrzeug: ca. 22%**

allein durch fahrzeugseitige Maßnahmen: **Verbrauch: 3 l/100 km**

**CO<sub>2</sub>-Emissionen: 78 g/km**

### Zusätzliche Maßnahmen beim Golf Diesel im Bereich „Antrieb“

| Golf VI Diesel                                                                   | Maßnahme                                                     | Reduzierung um %                                                                                | Effekt: Verbrauch und CO <sub>2</sub>                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  |                                                              | Ausgangspunkt ohne „zusätzliche Maßnahmen“:<br>22 % besser als Golf VI                          | Ausgangspunkt ohne „zusätzliche Maßnahmen“:<br>3 l/100 km,<br>78 g CO <sub>2</sub> /km |
| Bei BM teilweise abschnittsweise Rekuperation und Entkopplung der Nebenaggregate | Weitere Entkopplung der Nebenaggregate vom Verbrennungsmotor | Zusätzliche Minderung ca. 3 %, Gesamtwirkung inklusive „zusätzliche Maßnahmen Antrieb“ etwa 25% | <b>Fazit:</b><br><b>2,9 l/ 100 km</b><br><b>75 g CO<sub>2</sub>/ km</b>                |

Gesamtergebnis Diesel:

**Gesamtverbesserung: ca. 25 %**

**Kraftstoffverbrauch: 2,9 Liter/100 km**

**CO<sub>2</sub> Emissionen: 75 g/km**

## 6.9 Zusammenfassung: Auswirkungen der Reduktionsschritte für Benzin

Geht man von dem (bisher) besten Golf Benzin-Modell 1.2 TSI mit BlueMotion Technology, 77 kW (105 PS), 6-Gang aus, für den ein Zyklusverbrauch von 5,2 l/100 Kilometer (Stadt 6,5, Land: 4,5), CO<sub>2</sub>-Ausstoß: 121 Gramm/Kilometer, lassen sich auf der Seite des Energiebedarfes für die Bewegung zunächst die oben für den Diesel angewandten Maßnahmen umsetzen:

Gewichtsreduzierung um 180 Kilogramm, geringer Rollwiderstand, auf 0,26 verbesserter Luftwiderstand. Das Referenzgewicht ist mit 1.234 Kilogramm niedriger als beim Diesel. Wir gehen ebenfalls von einer Reduzierung um 180 Kilogramm aus.

1. **Gewichtsreduzierung:** ergibt Minus ca. **9 % gegenüber Ausgangswert**, plus
2. **Rollwiderstandsreduzierung:** ergibt Minus ca. **17% gegenüber Ausgangswert**, plus
3. **Luftwiderstandsreduzierung:** ergibt Gesamtminus ca. **22 % gegenüber Ausgangswert**.

Wie beim Diesel erläutert, ermöglichen die Verbesserungen eine Leistungsreduzierung von 77 auf 65 kW und – ohne Effizienzverbesserungen im Verbrennungsmotor selbst – eine Hubraumreduzierung um 15 %, d.h. von 1.200 auf etwa 1.000 bis 1.050 ccm.

**Maßnahmen beim Golf Benziner bei „Fahrzeugmasse, Roll- und Luftwiderstand“**

| Heutiger sparsamster Golf VI Benziner (1.2 TSI BMT 77 kW)<br><br>Parameter heute: | Maßnahmen                                  | Verbesserter Golf VII Benziner (1.0 TSI 65 kW)<br><br>Reduzierung %, aufsummiert alle Maßnahmen | Effekt: Verbrauch und CO <sub>2</sub>                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leergewicht 1.234 kg                                                              | <u>Maßnahme 1:</u><br>Leergewicht 1.054 kg | <u>Maßnahme 1 :</u><br>Ca. 9 % besser als heutiger Golf VI                                      | 4,8 l/100km<br>110 g/km                                                                                                    |
| Rollwiderstand 0,01                                                               | <u>Maßnahme 2:</u><br>Rollwiderstand 0,007 | <u>Maßnahmen 1+2:</u><br>Ca. 17 % besser                                                        | 4,3 l/100km<br>100 g/km                                                                                                    |
| Cw-Wert 0,31                                                                      | <u>Maßnahme 3:</u><br>Cw-Wert 0,26         | <u>Maßnahmen 1+2+3:</u><br>22 % besser                                                          | 4,0 l /100km<br>94 g/km                                                                                                    |
| Verbrauch/<br>CO <sub>2</sub><br><br>5,2l/ 100km,<br>121 g/km                     |                                            |                                                                                                 | <u>Verbrauch/CO<sub>2</sub> des neuen Golf VII</u> (nur durch Maßnahmen am Fahrzeug:<br><br>4,0 l/100km,<br><b>94 g/km</b> |

Effizienzsteigerungen beim Benziner

**Gesamtverbesserung: ca. 22%**

allein durch fahrzeugseitige Maßnahmen: **Verbrauch: 4 l/100 km**

**CO<sub>2</sub>-Emissionen: 94 g/km**

**Zusätzliche Maßnahmen beim Golf Benziner im Bereich „Antrieb“:**

| Golf VI<br>Benziner | Maßnahme(n)                                                                       | Reduzierung um %, aufsummiert alle Maßnahmen                                          | Effekt: Verbrauch und CO <sub>2</sub>                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                                   | Ausgangspunkt ohne zusätzliche Maßnahmen beim Antrieb:<br><br>22 % besser als Golf VI | Ausgangspunkt ohne zusätzliche Maßnahmen beim Antrieb:<br><br>4,0 l/100km,<br>94 g/km |
|                     | <u>Maßnahme 1:</u><br>Verringerung Energieverluste (Entkopplung Nebenaggregate)   | Zusätzliche Minderung auf gesamt etwa 26%                                             | 3,8 l/ 100 km<br>90 g/ km                                                             |
|                     | <u>Maßnahme 2:</u><br>Erhöhung Wirkungsgrad Motor mit VVS und Zylinderabschaltung | Insgesamt ca 34 % besser als heutiger Golf VI                                         | <b>3,4 l/100km</b><br><b><u>80 g/km</u></b>                                           |

Gesamtergebnis Benziner:

Gesamtverbesserung: ca. 34%  
 Kraftstoffverbrauch: 3,4 l/100 km  
 CO<sub>2</sub> -Emissionen: 80 g/km

|                       |                                                                                            |                                                    |                                                                      |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <u>(Alternativ )</u>  |                                                                                            |                                                    |                                                                      |
| Motor ohne E- Antrieb | <u>Maßnahme:</u><br>Kombination mit leichtem Hybrid, Teilstrecken elektrisch, Rekuperation | Damit wäre der Golf VII insgesamt fast 50 % besser | <b>mit Leichthybrid:</b><br><br>2,6 l/100km<br><b><u>61 g/km</u></b> |

Ergebnis bei Einsatz eines Mild-Hybrid

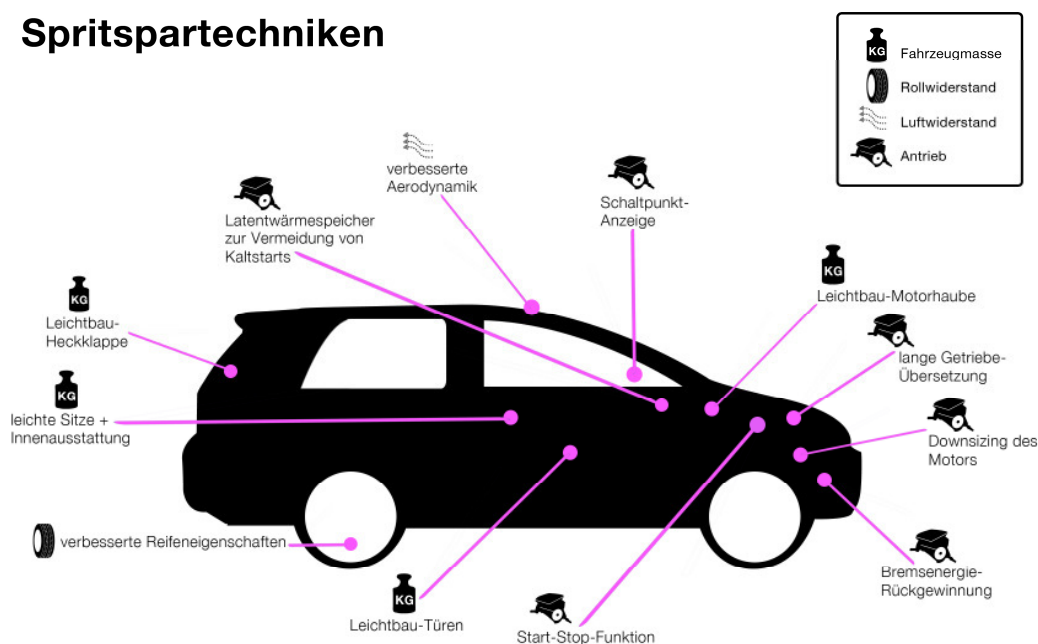
Gesamtverbesserung: knapp 50%  
 Kraftstoffverbrauch: 2,6 l/100 km  
 CO<sub>2</sub>-Emissionen: 61 g/km

## 7. Ausblick

Jedes fünfte in Europa verkaufte Auto gehört zu einer Marke des Volkswagen-Konzerns. Doch nur ein Bruchteil der ausgelieferten Autos entspricht dem Stand seiner eigenen Spritsparteknik. Eins ist klar: Das Auto der Zukunft ist klein, sparsam, intelligent und effizient.

**Wird VW die im Report genannten Maßnahmen umsetzen?** Dem Konzern sind sie alle bestens bekannt, sie sind technisch umsetzbar, greifen an keinem Punkt auf technisches Neuland zu und sie sind ausnahmslos preiswert. Teuerste Einzelmaßnahme ist die „milde Hybridisierung“, die zum Erreichen des Drei-Liter-Ziels noch nicht einmal notwendig ist. Erreicht VW die magische „Drei“ nicht, gefährdet dies die Nachhaltigkeit zukünftiger Autogenerationen. Ein schwarzer Tag für den Klimaschutz. Und für VW: Die Spritpreise werden weiter steigen. Wer die sparsamsten und technisch zuverlässigsten Autos anbietet, wird langfristig Marktführer sein.

### Spritspartekniken



© Greenpeace / Maria Feck

**Klimaschutz ist keine Sonderausstattung:** VW muss seine beste Spritsparteknik als serienmäßigen Standard ohne Aufpreis in jeden PKW einbauen. Schafft Europas größter Autokonzern das nicht, müssen Marketing und Preisgestaltung zumindest dafür sorgen, dass die sparsamsten Modelle den anderen gleichgestellt sind. **Dies alles sind sehr konservative Annahmen, die im Golf VII mindestens erfüllt sein müssen.** In der weiteren Entwicklung sind die hier genannten (und eigentlich selbstverständlichen) Maßnahmen aber längst nicht ausreichend. Der kommende Golf VIII muss sich – durch drastisch verringertes Gewicht und durch noch effizienteren Antrieb – in Richtung auf das Ein-Liter- Auto bewegen.

## 8. Anhang

### 8.1 Eine kurze Geschichte des Golf

Seit mehr als 35 Jahren prägt der Golf die Vorstellung der Deutschen vom Automobil. 1974 kam die erste Modellvariante – später Golf I genannt – auf den Markt. Ihm folgten fünf weitere. Den Golf VI gibt es seit 2008. Der Countdown für den Golf VII läuft.

Der Golf ist für Volkswagen der wichtigste Umsatzträger in der unteren Mittelklasse. Vor dem Golf war der VW Käfer – mit kurzzeitigen Abweichungen - das meistverkaufte Auto. Der Motor des ersten Golf hatte einen Hubraum von 1,1 Litern (50 PS) beziehungsweise 1,5 Litern (70 PS). Die erreichbaren Höchstgeschwindigkeiten von rund 150 km/h galten als hoch. In Testzeitschriften wurden Beschleunigungswerte von 17 oder gar 15 Sekunden für den Sprint von Null auf 100 km/h gelobt. So dynamisch war der Käfer nicht – 135 km/h und 21 Sekunden mussten für das letzte Modell 1973 reichen.

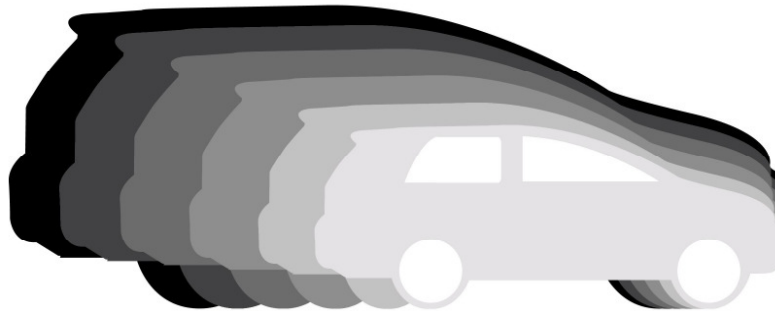
Der Modellschritt 1974 von den Käfer- zu den Golf-Jahren war der Einstieg in das „sportliche“ Fahren. Zwar hatten auch die jeweils neueren Käfermodelle etwas mehr PS als ihre Vorgänger, aber erst mit der Golf-Generation wurden die Hubräume, Motorleistungen und Höchstgeschwindigkeiten gezielt hochgereizt. VW entdeckte schnell, dass die Motorleistung mit relativ geringen Kosten hochgetrieben werden konnte und dass die Zahlungsbereitschaft der Käufer um ein Vielfaches höher lag als die Produktionsmehrkosten. Sondermodelle wie der GTI und immer größere Motoren folgten. Einen Golf VI kann man heute mit bis zu 270 PS kaufen, mit Tempo- und Beschleunigungswerten, die früher einem Ferrari vorbehalten waren. Aus dem Volkswagen wurde so ein Mittelklasseauto mit Rennwagen-Eigenschaften, einschließlich der Breitreifen.

Um immer mehr PS bereitstellen zu können, die man für höhere Fahrgeschwindigkeiten und stärkere Beschleunigungswerte braucht, mussten die Hubräume immer größer werden. Im ersten Modell hatte die Einstiegsmotorisierung 1,1 Liter Hubraum, die stärkere Variante 1,5 Liter. Dann stieg mit dem Golf V (2003) das Angebot auf 1,4 bis 3,2 Liter Hubraum – im Golf arbeitete also ein Motor der Oberklasse. Mit dem Golf VI wurde diese Entwicklung teilweise umgedreht. Die Stichworte: Verbrauchsgrenzwerte und Downsizing mit Aufladung.

Eine andere auffällige Entwicklung betrifft das äußere Wachstum: Der Golf wurde über die Jahrzehnte immer breiter, länger, schwerer. Hatte der einfache Golf I noch mit 750 Kilogramm ein deutlich niedrigeres Leergewicht als der VW Käfer, und war er mit 3,7 Metern auch deutlich kürzer, stieg dieser Wert mit jedem Modell an. Der Golf VI kommt auf mehr als 1.200 Kilogramm in der leichtesten Variante und wuchs in der Länge um gut einen halben Meter. Als Fläche belegte der Golf I 5,9 m<sup>2</sup>, der Golf VI bereits 7,5 m<sup>2</sup> - eine Flächenzunahme um 25 Prozent. Das Gewicht hat – in den leichtesten Varianten – um 60 Prozent zugenommen.

## Golf I-VI: immer schwerer

|                    |
|--------------------|
| <b>VI: 1217 kg</b> |
| <b>V: 1155 kg</b>  |
| <b>IV: 1050 kg</b> |
| <b>III: 960 kg</b> |
| <b>II: 845 kg</b>  |
| <b>I: 750 kg</b>   |



© Greenpeace / Maria Feck

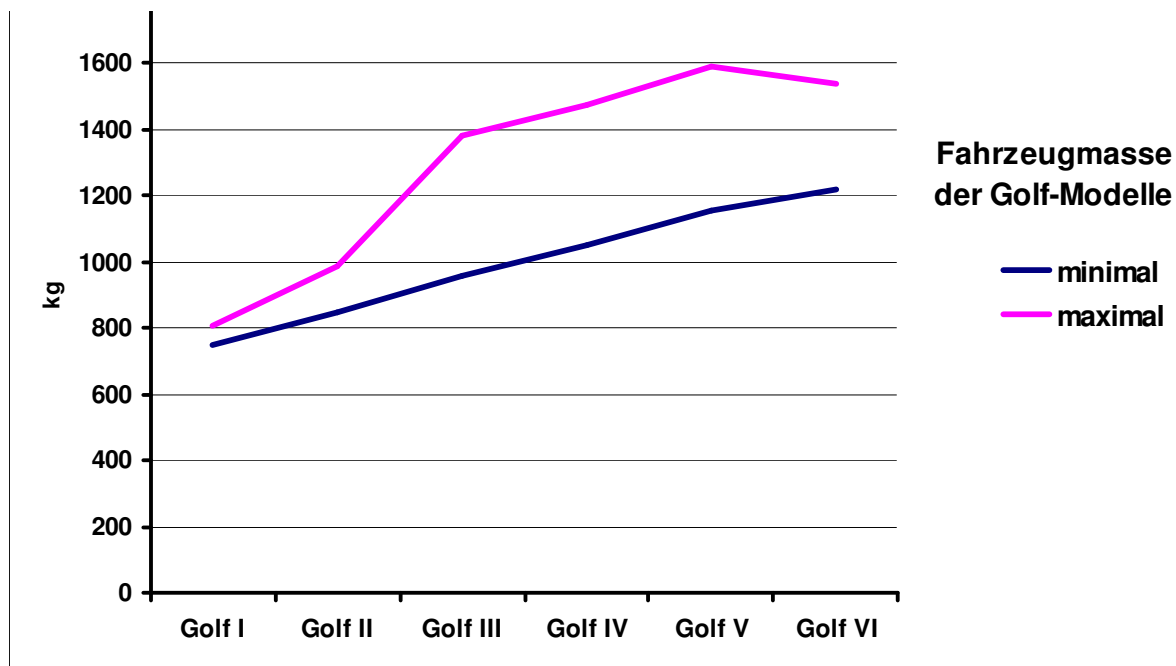
Wie breit und wie hoch ein Auto ist, bestimmt die Querschnitts- oder Stirnfläche; sie ist wichtig für den Luftwiderstand. Die Kombination aus mehr Gewicht und mehr Luftwiderstand bedeutet mehr Energiebedarf. Das Gewicht erhöht den Rollwiderstand und bremst die Beschleunigung beziehungsweise erhöht den Energiebedarf. Der Luftwiderstand bremst mit jeweils höherer Fahrgeschwindigkeit. Ab rund 60 km/h ist er die wesentliche Größe.

Der Luftwiderstand des letzten Golf ist gesenkt worden. Dass für den cw-Wert des sechsten Modells mit 0,3 ein rund 25 Prozent geringerer Wert angegeben wird als beim ersten (cw = 0,4), löst das Problem nur scheinbar. Der Energiebedarf etwa bei 100 km/h wird zwar gemäß der Formel Stirnfläche mal cw-Wert um rund 10 Prozent günstiger, aber in der Realität führen mehrere Faktoren zu höherem Verbrauch:

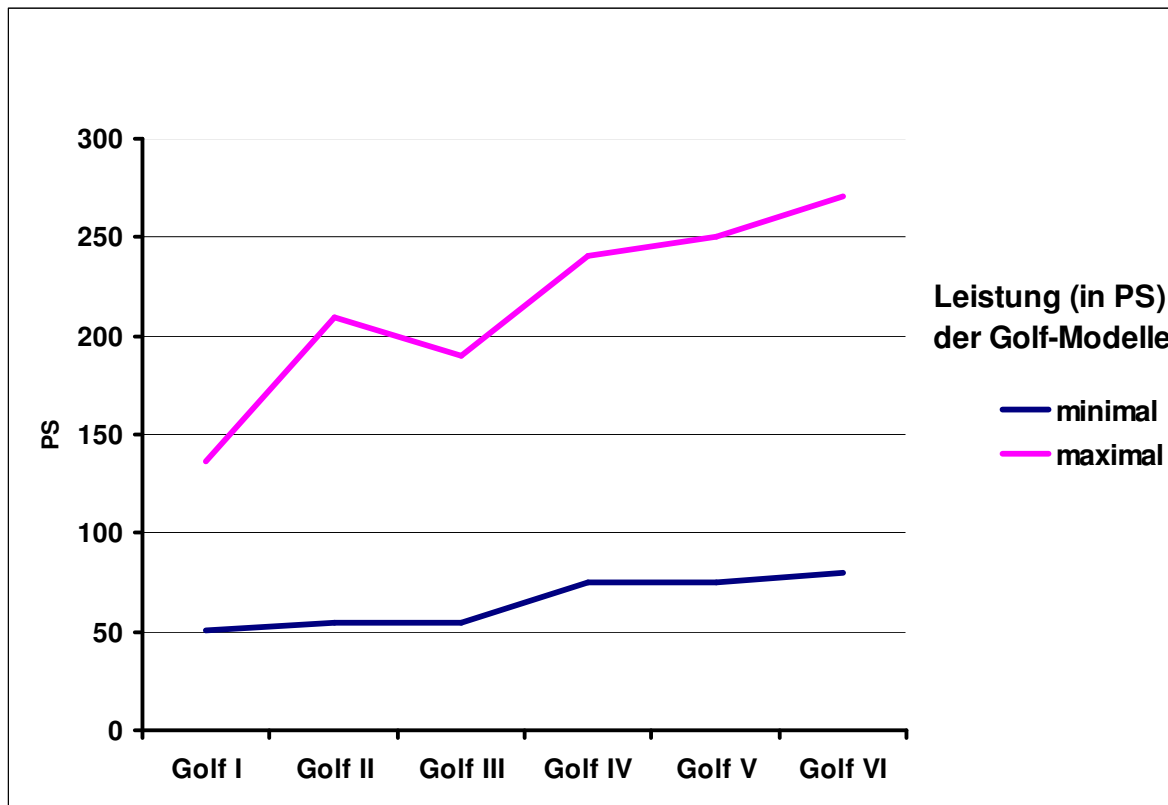
- Es gibt immer mehr Breitreifen (Die cw-Werte werden jedoch nur mit der Standard-bereifung angegeben) und die gefahrenen Geschwindigkeiten sind ständig gestiegen.
- Die Autos werden immer schneller. Für einen Käfer war bei 100 km/h schon bald Schluss, Heute liegen die PKW-Autobahntempi im Mittel bei 130 km/h. Und der Anteil der Autobahn-Kilometer an den Gesamtstrecken steigt.
- Der bessere cw-Wert geht einher mit immer flacheren und größeren Frontscheiben. Dadurch wird der Innenraum durch die Sonneneinstrahlung stärker erhitzt. Die Klimaanlage werden angestellt. Das kann zu einem Kraftstoff-Mehrverbrauch von weit mehr als 1 Liter je 100 Kilometer führen.

Vom Golf 1 bis zum Golf VI:

|                        | Golf I<br>1974 –<br>1983          | Golf II<br>1983 –<br>1992        | Golf III<br>1991 –<br>1997       | Golf IV<br>1997 –<br>2003        | Golf V<br>2003 –<br>2008         | Golf VI<br>2008 –<br>2012        |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Otto-Motoren</b>    | 1,1–1,6<br>Liter, (37–<br>100 kW) | 1,3–1,8<br>Liter (40–<br>154 kW) | 1,4–2,9<br>Liter (40–<br>140 kW) | 1,4–3,2<br>Liter (55–<br>177 kW) | 1,4–3,2<br>Liter (55–<br>184 kW) | 1,2–2,0<br>Liter (59–<br>199 kW) |
| <b>Diesel-Motoren</b>  | 1,5–1,6<br>Liter (37–<br>51 kW)   | 1,6 Liter<br>(40–59 kW)          | 1,9 Liter<br>(47–81 kW)          | 1,9 Liter<br>(50–<br>110 kW)     | 1,9–2,0<br>Liter (55–<br>125 kW) | 1,6–2,0<br>Liter (77–<br>125 kW) |
| <b>Länge mm</b>        | 3705                              | 3985–<br>4040                    | 4020                             | 4149–<br>4397                    | 4204–<br>4206                    | 4199                             |
| <b>Breite mm</b>       | 1610                              | 1665–<br>1680                    | 1695–<br>1710                    | 1735                             | 1759                             | 1786                             |
| <b>Höhe mm</b>         | 1390–<br>1410                     | 1415                             | 1405–<br>1425                    | 1439–<br>1485                    | 1470–<br>1483                    | 1479                             |
| <b>Radstand</b>        | 2400                              | 2475                             | 2471–247<br>4                    | 2512<br>R32: 2517                | 2578                             | 2578                             |
| <b>Leer-Gewicht kg</b> | 750–805                           | 845–985                          | 960–1380                         | 1050–147<br>7                    | 1155–<br>1590                    | 1217–1541                        |



Immer schwerer: Das durchschnittliche minimale Gewicht des Golf hat sich über die Jahre stetig erhöht. Bei den Maximalgewichten gab es beim Golf VI einen leichten Rückgang (Quelle: Eigene Darstellung nach Rudolf Petersen).



Auch die durchschnittliche Motorisierung ging stetig nach oben, besonders extrem bei den stärksten Golf-Modellen (Quelle: Eigene Darstellung nach Rudolf Petersen).

## 8.2 Was ist BlueMotion, was ist BlueMotion-Technology?

Die bei VW für die beiden Referenzmodelle Golf VI eingesetzten und angebotenen Maßnahmen sind:

beim Dieselmodell, BlueMotion (1,6 l, 77 kW):

- Start-Stopp-System
- Rekuperation (Bremsenergierückgewinnung)
- Abgesenkte Leerlaufdrehzahl
- Multifunktionsanzeige mit Gangempfehlung
- Verlängerte Getriebeübersetzung
- Rollwiderstandsoptimierte Reifen
- Spezifische Boden- und Hinterachsverkleidungen

- Aerodynamisch optimierter Stoßfänger und Tieferlegung der Karosserie um 15 mm
- Geschlossener Kühlergrill für einen niedrigeren Luftwiderstand
- Reibungsoptimierte Gelenkwellen
- Spezielle Sitzbezüge

**bei den BlueMotion-Technology-Modellen:**

(1.2 TSI, 77 kW, BlueMotion Technology, 1.6 TDI, 77 kW, BlueMotion Technology)

Im Gegensatz zu den "normalen" Golf 1.2 TSI beziehungsweise 1.6 TDI:

- Start-Stopp-System
- Rekuperation (Bremsenergierückgewinnung)
- Multifunktionsanzeige mit Gangempfehlung
- Rollwiderstandsoptimierte Reifen
- Spezifische Boden- und Hinterachsverkleidungen
- Reibungsoptimierte Gelenkwellen

## ➡ Kein Geld von Industrie und Staat

Greenpeace ist international, überparteilich und völlig unabhängig von Politik, Parteien und Industrie. Mit gewaltfreien Aktionen kämpft Greenpeace für den Schutz der Lebensgrundlagen. Mehr als eine halbe Million Menschen in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt.

**Autor: Wolfgang Lohbeck, unter fachlicher Beratung von Rudolf Petersen**

**Impressum** **Herausgeber** Greenpeace e.V. Große Elbstr. 39, 22767 Hamburg, Tel. 040/306 18-0, Fax 040/306 18-100, mail@greenpeace.de, www.greenpeace.de  
**Politische Vertretung Berlin** Marienstr. 19–20, 10117 Berlin, Tel. 030/30 88 99-0 **V.i.S.d.P.:** Karsten Smid **Gestaltung** zimmermann und spiegel  
**Titelfoto** © Michael Löwa **Stand** 8/2012