

# VIA VISION

VOLKSWAGEN GROUP • NACHRICHTEN AUS DER MOBILEN ZUKUNFT

**NR 06**  
**Juli 2012**

Editorial – Dr. Ulrich Hackenberg	2
Windschnittig – Wie Luft Bewegung beeinflusst	2
Kräftemessen – Reale Bedingungen im Windkanal	3
Beeinflussbar – Welche Messwerte eine Rolle spielen	4
Wenig Widerstand – Stromlinienförmige Bauteile	6
Feinschliff – Aerodynamik bis ins kleinste Detail	8
Impressum	8

## Aerodynamik

### Werksspionage im Reich der Natur

**70 Prozent**

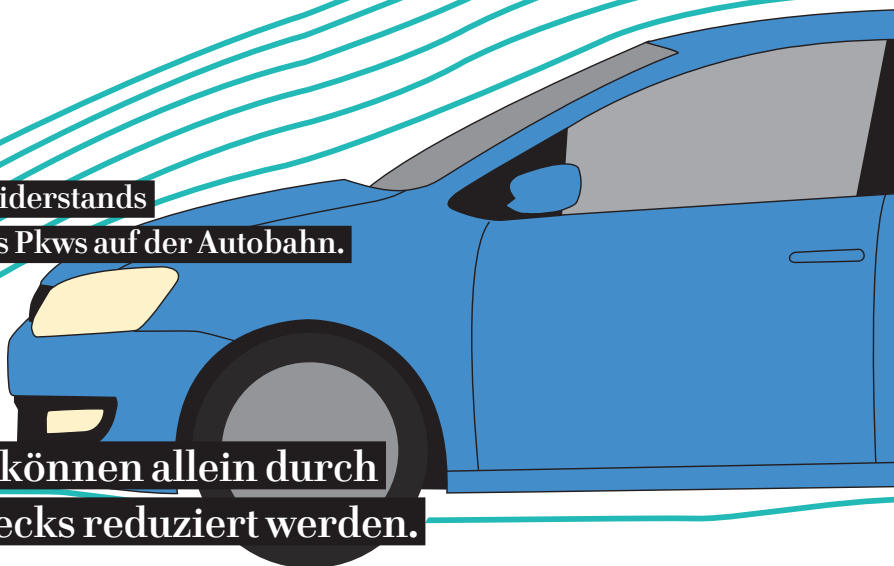
**beträgt der Anteil des Luftwiderstands**

**am Gesamtwiderstand eines Pkws auf der Autobahn.**

**5 bis 15 Prozent**

**des Luftwiderstands können allein durch**

**die Gestaltung des Hecks reduziert werden.**



## Editorial



Dr. Ulrich Hackenberg, Mitglied des Markenvorstands Volkswagen, Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung.

Es gibt viele Wege, um Autos effizienter zu machen und ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken. Eine aerodynamische Bauweise ist einer davon: Je stromlinienförmiger ein Fahrzeug gestaltet ist, desto geringer ist sein Verbrauch. Welche Vorbilder es dafür in der Natur gibt, wie die Aerodynamik des Automobils gemessen und wie sie verbessert wird, erfahren Sie in dieser Ausgabe von VIAVISION.

Viel Spaß bei der Lektüre.

# Windschnittig

## Wie Luft Bewegung beeinflusst

Luft bremst – diesen Effekt kennt jeder, der schon mal bei Gegenwind Fahrrad gefahren ist und dabei kräftig in die Pedale treten musste. Das gilt auch für Autos: Mit steigendem Luftwiderstand muss der Motor stärker arbeiten, und der Kraftstoffverbrauch erhöht sich. Darum rückt die Aerodynamik bei der Gestaltung von Pwks immer mehr ins Zentrum. Vorbilder finden die Designer in der Natur. Um die aerodynamischen Eigenschaften von Prototypen zu verbessern, werden Tests in Windkanälen gemacht und Berechnungen angestellt – immer im Kampf gegen die bremsenden Luftwiderstände.

### Aerodynamische Vorbilder aus der Natur:

Wassertropfen



$c_w$ -Wert\*: etwa 0,05

Pinguin



$c_w$ -Wert\*: etwa 0,03

Lange Zeit galt der Wassertropfen als aerodynamisch unschlagbar, mittlerweile ist bekannt, dass der Pinguin noch stromlinienförmiger ist: Beim Wassertropfen liegt die dickste Stelle recht weit vorne, beim Pinguin hingegen ist die Verdickung lang gezogen. Aerodynamisch betrachtet unterscheiden sich Luft und Wasser nur in ihrer Dichte, deshalb kann der Pinguin als Vergleichsobjekt herangezogen werden.

Quelle: Technische Universität Ilmenau (Stand 2012)

### Historischer Vorreiter:



Foto: Volkswagen Aktiengesellschaft

Der Rumpeler-Tropfenwagen, den der Konstrukteur Edmund Rumpler 1921 auf der Deutschen Automobilausstellung in Berlin vorgestellt hat, hat einen  $c_w$ -Wert\* von 0,28 und ist damit deutlich windschnittiger als viele heutige Pkws. Von oben betrachtet sieht er aus wie ein Wassertropfen, den man damals für die ideale aerodynamische Form hielt. Das Bild stammt aus dem Windkanal von Volkswagen, wo 1979 getestet wurde, wie aerodynamisch der Wagen nun wirklich ist.

Quelle: Deutsches Museum

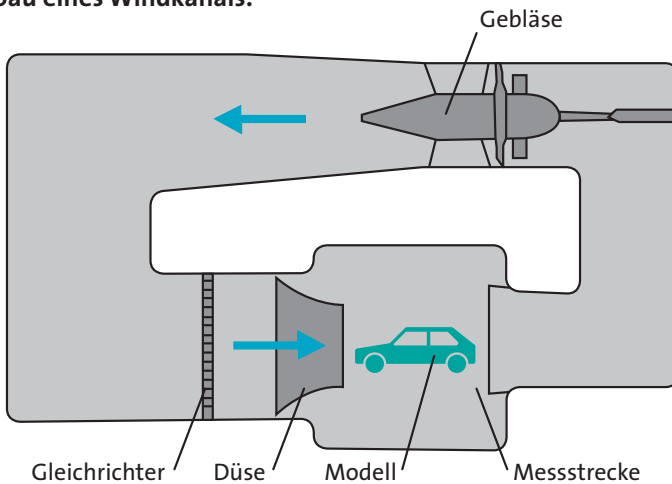
\* Der  $c_w$ -Wert (auch Luftwiderstandsbeiwert oder Strömungswiderstandskoeffizient) wird im Windkanal ermittelt. Je geringer er ist, desto aerodynamischer ist der jeweilige Gegenstand (siehe auch Seiten 4 und 5).

# Kräftemessen

## Reale Bedingungen im Windkanal

Aerodynamische Messungen in einem Windkanal sind aufwendig, weil die Versuchsbedingungen so realitätsnah wie möglich sein müssen. Alle relevanten Kräfte und Momente, die auf das Fahrzeug einwirken, können hier gemessen werden. Die großen Automobilhersteller haben meist eigene Anlagen, in denen sie ihre Tests machen. Um den genauen Verlauf der Luftströmung um den Wagen herum sichtbar zu machen, wird der Luft Nebel beigemischt. So werden Verwirbelungen und Durchströmungen besser erkannt.

### Aufbau eines Windkanals:



Windkanäle von Autoherstellern bestehen meist aus einem rechteckigen Gang. Darin wird die Luft von vorne durch einen Gleichrichter und eine Düse auf das Fahrzeug geblasen und an der Rückwand abgeführt. Das Gebläse kann dabei eine Windgeschwindigkeit von bis zu 300 Kilometern pro Stunde erzeugen.

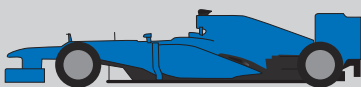
Quelle: Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (Stand 2012)

### Messung

Der Wagen steht auf einer Drehscheibe, damit das Fahrzeug quer zur Düse gestellt und Seitenwind simuliert werden kann. In diese Drehscheibe sind Laufbänder integriert, die eine Bewegung der Räder und der Fahrbahn simulieren. Außerdem ist eine Waage in den Messstreckenboden eingebaut. Diese misst alle Kräfte und Momente, die durch den Wind auf den Pkw einwirken, wie die Auftriebskraft, die Seitenkraft und die Längskraft. Daraus wird anschließend der  $c_w$ -Wert\* berechnet.

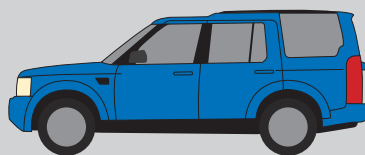
### Autos und ihre $c_w$ -Werte\*:

Formel-1-Wagen



$c_w$ -Wert\*: 1,2

Land Rover Discovery



$c_w$ -Wert\*: 0,4

Die Silhouette eines Fahrzeugs lässt noch nicht auf seinen  $c_w$ -Wert\* schließen. Formel-1-Fahrzeuge sind nicht so sehr auf Aerodynamik ausgelegt. Besonders windschnittig sind hingegen das Ein-Liter-Auto von Volkswagen, der XL1, und das Forschungsfahrzeug der Technischen Hochschule Zürich, PAC-Car II.

# Beeinflussbar

## Welche Messwerte eine Rolle spielen

Ein fahrendes Auto muss permanent Luft verdrängen – wieviel, hängt von seiner Stromlinienförmigkeit ab. Diese wird durch den so genannten  $c_w$ -Wert angegeben. Bei Neuwagen steht er meist in den technischen Daten, ist einheitenlos und liegt für Pkws üblicherweise im Bereich von 0,2 bis 0,4. Er stellt dar, welche Widerstandskraft ein Fahrzeug durch die Luft erfährt und setzt sich aus verschiedenen Kräften zusammen, die in der Regel im Windkanal gemessen werden.

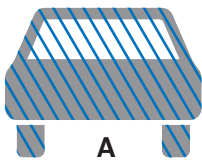
$$c_w = \frac{F_w}{A \times \frac{\rho}{2} \times v^2}$$



$F_w$  ist die Widerstandskraft, umgangssprachlich häufig Luftwiderstand genannt. Sie wird im Windkanal mit einer Kraftwaage bestimmt und in der Einheit Newton angegeben.



$\rho$  ist die Luftdichte. Sie gibt an, wie viel Masse Luft in einem bestimmten Volumen enthalten ist, wird mittels Temperatur und Luftdruck berechnet und in der Einheit Kilogramm pro Kubikmeter dargestellt.

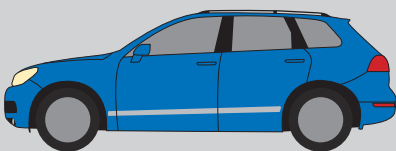


$v$  steht für die Fahrgeschwindigkeit des Autos, sie wird in Metern pro Sekunde angegeben.

$A$  steht für die Stirnfläche des Wagens, denn auf dieser Fläche muss die Luft verdrängt werden. Zur Bestimmung wird das Auto frontal von einer Lampe angestrahlt und der Schattenriss auf einem hinter dem Pkw stehenden Schirm ausgemessen.

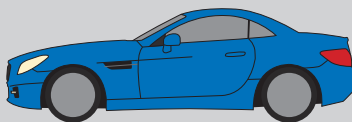
Quelle: Institut für Luft- und Kältetechnik Stuttgart (Stand 2012)

Volkswagen Touareg



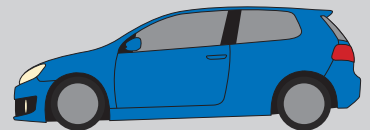
$c_w$ -Wert: 0,35

Mercedes-Benz SLK



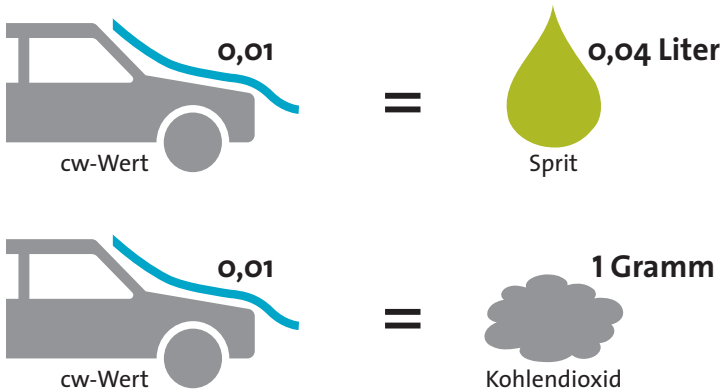
$c_w$ -Wert: 0,3

Volkswagen Golf



$c_w$ -Wert: 0,3

**Zusammenhang von  $c_w$ -Wert und Verbrauch:**



Wird der  $c_w$ -Wert um 0,01 verringert, senkt das den Kraftstoffverbrauch um 0,04 Liter und damit den Kohlendioxid-ausstoß um ein Gramm. Die Angaben beziehen sich auf den Verbrauch, der im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ\*) ermittelt wird. In der Realität kann ein Zehntelliter, bei hohen Autobahngeschwindigkeiten sogar bis zu einem halben Liter Kraftstoff eingespart werden.  
Quelle: auto motor und sport (Stand 2011)

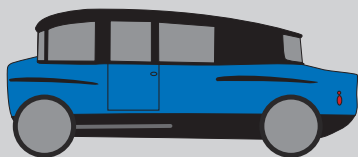
\* Der NEFZ ist ein genormter Fahrzyklus, für den Geschwindigkeit, Strecke sowie Umgebungstemperatur und diverse weitere Voraussetzungen festgelegt sind.

**Anteil des Luftwiderstands am Gesamtwiderstand: (in Prozent)**



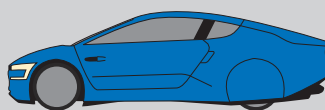
Je geringer die durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit ist, desto geringer fällt auch der Luftwiderstand aus. Bei schnellem Fahren muss mehr Luft verdrängt werden.  
Quelle: RWTH Aachen, Institut für Kraftfahrzeuge (Stand 2009)

Rumpler-Tropfenwagen



$c_w$ -Wert: 0,28

Volkswagen XL1



$c_w$ -Wert: 0,186

PAC-Car II



$c_w$ -Wert: 0,09

Quellen: derstandard.at; Herstellerangaben; Deutsches Museum; Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

# Wenig Widerstand

## Stromlinienförmige Bauteile

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Luftwiderstand eines Autos zu verringern. Oftmals ist das eine Frage der Form: Schon durch die Gestaltung der Karosserie kann ein Fahrzeug aerodynamischer werden – aber auch durch die Verbesserung von einzelnen Bauteilen, an denen Luftverwirbelungen und -widerstände entstehen, wie beispielsweise im Motorraum, am Unterboden und in den Radkästen. Hierbei versuchen die Autodesigner, Aerodynamik mit Komfort und Optik in Einklang zu bringen.

### Scheibe und A-Säulen

Eine Frontscheibe mit gewölbter Oberfläche ist aerodynamisch vorteilhafter als eine ebene Scheibe. Allerdings beeinträchtigt eine zu stark gewölbte Scheibe die Sicht des Fahrers. Auch die A-Säulen an den Seiten der Frontscheibe sollten möglichst abgeflacht sein, damit die Front dem Wind eine geringe Angriffsfläche bietet – das Platzangebot im Innenraum darf dadurch aber nicht zu stark beschnitten werden.

**5** Prozent weniger Luftwiderstand können mit aerodynamisch geformten Scheiben erreicht werden.



Foto: Parco Ayala – Fotolia.com

*Leicht gewölbte Frontscheiben und abgeflachte A-Säulen sind ein Kompromiss zwischen Aerodynamik und Komfort eines Fahrzeugs.*

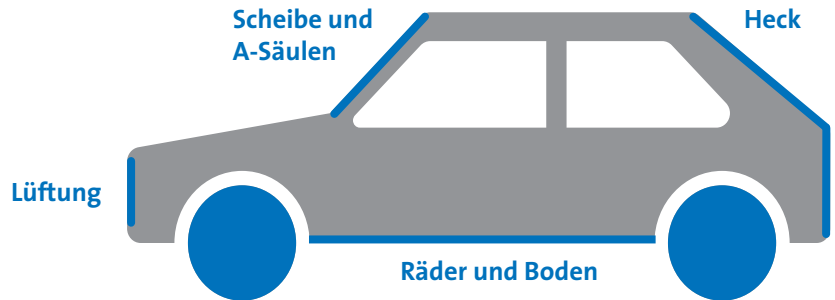


*Fällt das Heck eines Automodells eher in rundem Bogen ab wie beim Volkswagen Beetle, kann die Aerodynamik durch einen Heckspoiler deutlich verbessert werden: Die Luft strömt dadurch gerade weg und verwirbelt nicht.*

### Heck

Optimal ist entweder ein möglichst langes und kantiges oder ein abrupt endendes Heck. In beiden Fällen kann sich der Luftstrom waagrecht vom Fahrzeug lösen. Ist das Heck eher rundlich, kann dieser Effekt auch mit einer Spoilerkante oder einem Heckspoiler erreicht werden. Aerodynamisch ungünstige Heckformen erzeugen Verwirbelungen hinter dem Auto, die eine Sogwirkung haben und damit den Luftwiderstand erhöhen.

**5-15** Prozent des Luftwiderstands können durch die Gestaltung des Hecks reduziert werden.



Die Lüftungsschlitze sind wesentliche Designelemente einer Fahrzeugfront. Lassen sie sich verschließen, wird das Auto aerodynamischer.

### Lüftung

Um den Motor zu kühlen, strömt die Luft durch die Lüftungsschlitze in das Fahrzeug hinein. Der Widerstand, der durch den Kühler erzeugt wird, kann durch eine Verkleinerung der Lüftungsschlitze reduziert werden. Eine andere Möglichkeit, die noch effektiver ist: Mit beweglichen Lamellen vor der Lüftung wird die Kühlluft nur bei Bedarf zugeführt. Sind die Lamellen geschlossen, hat das Fahrzeug bessere Strömungseigenschaften.

**5-10** Prozent des Luftwiderstands können an der Lüftung eingespart werden.

### Räder und Boden

Die Luft, die an den Seiten und am Boden des Autos vorbeiströmt, kann sich in den Radkästen und an anderen Unebenheiten verfangen und dort Luftwirbel bilden, die das Auto bremsen. Aerodynamisch optimal wäre es daher, die Radkästen komplett zu verkleiden. Dies widerspricht aber den optischen Wünschen vieler Autofahrer. Beim Unterboden hat sich hingegen eine weitgehende Verkleidung oder Glättung durchgesetzt.

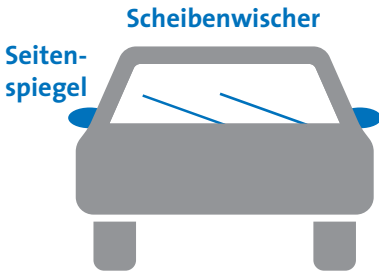
**5** Prozent Reduzierungspotenzial schlummern in den Radkästen.



Für die Strömungseigenschaften sind komplett verdeckte Radkästen optimal. Bislang spielt ein solches Design nur bei Fahrzeugstudien eine Rolle – wie beim XLL, dem Ein-Liter-Auto von Volkswagen.

# Feinschliff

## Aerodynamik bis ins kleinste Detail



Den größten Effekt auf die Aerodynamik eines Fahrzeugs hat die Form der Karosserie. Aber auch viele Details lassen sich so gestalten, dass sie dem Wind so wenig Angriffsfläche wie möglich bieten. Denn der verfängt sich auch in kleinen Unebenheiten wie Scheibenwischern oder Seitenspiegeln.



Foto: Bosch

### Scheibenwischer mit Spoiler

Scheibenwischer unterbrechen die glatte Oberfläche der Frontscheibe und erhöhen damit den Luftwiderstand. Inzwischen gibt es aerodynamisch optimierte Scheibenwischer mit einer Art Mini-Spoiler, der den Luftstrom bei Benutzung lenkt. Sie können je nach Fahrzeugmodell so nah an den A-Säulen neben der Frontscheibe platziert werden, dass sie in Ruhestellung davon verdeckt werden – das reduziert die Luftverwirbelungen im Frontbereich.

Diese aerodynamisch verbesserten Scheibenwischer lenken den Luftstrom durch geschwungene Spoilerkanten.

Quellen: Bosch; SEAT (beide Stand 2012)



### Kameras statt Seitenspiegel

Die seitlichen Rückspiegel unterbrechen die Kontur eines Fahrzeugs besonders stark und bieten dem Wind Angriffsfläche. Werden sie durch Kameras ersetzt, ist diese Fläche deutlich kleiner. Das von ihnen aufgezeichnete Bild wird auf Monitoren links und rechts neben dem Lenkrad angezeigt. Solche Kameras sind in Europa aber erst in vier Jahren gesetzlich erlaubt.

Kameras als Ersatz für die Seitenspiegel, wie hier am XL1, sieht man in Zukunft vielleicht häufiger auf der Straße.

Quellen: auto motor und sport (Stand 2011); Automobiltechnische Zeitschrift (Stand 2012)

## Impressum

[www.viavision.org](http://www.viavision.org)

### Herausgeber

Volkswagen Aktiengesellschaft  
Konzern Kommunikation  
Brieffach 1972, 38436 Wolfsburg  
Telefon: 05361/9-77604, Fax: 05361/9-74629

### Verantwortlich (V.i.S.d.P.)

Stephan Grühsem, Leiter Konzern Kommunikation;  
Peter Thul, Leiter Kommunikation Marke & Produkt

### Redaktion

Susanne van den Bergh,  
Stefanie Hulan,  
Kathi Preppner, Lena Wilde  
Kontakt: [redaktion@viavision.org](mailto:redaktion@viavision.org)

### Verlag

Verlag Rommerskirchen GmbH & Co. KG  
Mainzer Straße 16-18, Rolandshof,  
53424 Remagen, Telefon: 02228/931-0  
[www.rommerskirchen.com](http://www.rommerskirchen.com)

### Druckerei

L.N. Schaffrath GmbH  
Marktweg 42-50, 47608 Geldern