

## Luftwiderstand

Die Luftreibungskraft  $F_L$  ist die hinderliche Kraft, die man aufbringen muss, um gegen den Luftwiderstand anzukämpfen und kann näherungsweise nach folgender Formel berechnet werden:

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$

Der Luftwiderstandsreibungskraft  $F_L$  hängt somit ab von folgenden Parametern:

- die Luftwiderstandsbeiwert  $c_w$  (auch  $C_w$ -Zahl genannt) ist ein dimensionsloses Mass für den Strömungswiderstand eines von einem Fluid umströmten Körpers. Die  $C_w$ -Zahl ist abhängig von der Geometrie des Körpers. Je geringer die  $C_w$ -Zahl, desto weniger Kraft kann der Wind auf den Körper ausüben.
- $A$  ist die Querschnittsfläche des Körpers (Projektion des Fahrzeugs auf eine Ebene senkrecht zur Bewegungsrichtung). Sie liegt für einen Pkw von 1.7 m<sup>2</sup> bis 2.0 m<sup>2</sup>.
- $\rho$  ist die dichte des strömenden Mediums. Zum Beispiel Luftdichte beträgt ca. 1.29 kg/m<sup>3</sup>.
- $v$  ist die Relativgeschwindigkeit (Rückenwind, Gegenwind, Windschattenfahren,...). Der Luftwiderstand wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit:  $F_L \propto v^2$  (Im Gegenteil sind Gleit- und Haftreibung unabhängig von der Geschwindigkeit). Ein Auto mit 200 PS kann nicht doppelt so schnell fahren wie ein Auto mit 100 PS.

Ein fallender Körper, z.B. ein Regentropfen, bewegt sich daher nur solange beschleunigt, als seine Gewichtskraft grösser als die Bremskraft ist. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit werden die beiden Kräfte gleich gross, der Körper ist dann im Gleichgewicht und wird nicht mehr schneller.

Strömt ein Medium an einem bewegten Körper vorbei, so bilden sich im Medium Wirbel (turbulente Strömung). Je stärker die Reibung ist, um so mehr Wirbel bilden sich. Die Wirbelbildung ist daher ein Mass für die Reibung und wird verwendet, um die Reibung experimentell zu untersuchen (Windkanal).

Tabelle 1: Typische  $c_w$ -Werte von geometrischen Formen (siehe FoTa s. 189).

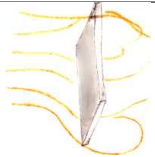
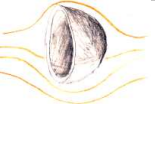
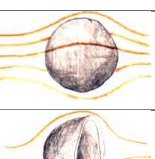


Abbildung	Form	$c_w$ -Wert
	Scheibe	1.1
	Halbkugelschale, Hohlung gegen die Strömung	1.33
	Kugel	0.47
	Halbkugelschale, Rundung gegen die Strömung	0.34
	Stromlinienform (Tropfenform)	0.05

Tabelle 2:  $C_w$  von verschiedenen Fahrzeugen und Objekten.

Fahrzeug	$C_w$ -Wert <sup>a</sup>
Strassenrad	1.1
Rennrad, Rennposition	0.88
PKW	0.2 - 0.6
LKW	0.8 - 1.5
Citroen 2 CV	0.5
Porsche Cayenne	0.39
VW Touareg W12 (2005)	0.37
VW Golf V (2003)	0.325
Audi A4 (2007)	0.27
VW Lupo (2000)	0.29
Mercedes Bionic (2005)	0.19
PAC-Car II <sup>b</sup>	0.075
Mensch (stehend)	0.78
Pinguin, Kofferrisch	ca. 0.04
Gleitschirm	0.6

<sup>a</sup> $C_w$  von einige PKW auf der Seite:

<http://rc.opelgt.org/indexcw.php>

<sup>b</sup>Weltrekordfahrzeug der ETH-Zürich, 5385 km pro Liter Benzinäquivalente