

# NEW 2011

Der neue Red Bull Racing RB7 für die Formel-1-Saison 2011. Hinter dem Lenkrad: Weltmeister Sebastian Vettel. Hinten am Auto sehen wir den neuen, verstellbaren Heckflügel, der den Boliden (noch) schneller macht.



oberer Teil des Heckflügels (Flappe) verstellbar



$$F = \frac{P}{v}$$

$$F_w = 0,5 \cdot \rho \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

KLEINE GESCHWINDIGKEIT

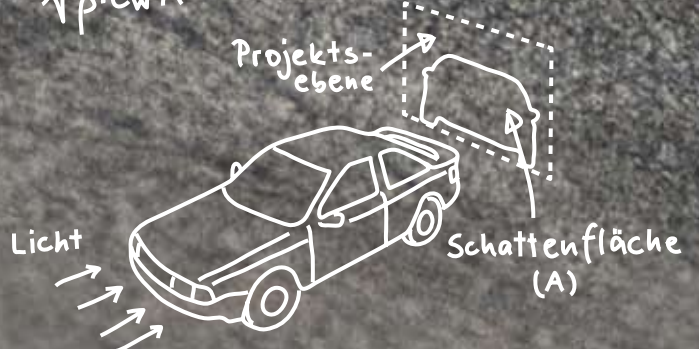
$F > F_w \rightarrow$  Beschleunigung



$$v_{max} = \sqrt[3]{\frac{2P}{\rho \cdot c_w \cdot A}}$$

MAXIMALGESCHWINDIGKEIT

$F = F_w \rightarrow$  keine Beschleunigung



FORMELSAMMLUNG

# FLÜGELKRAFT

*In der Formel-1-Saison 2011 wird das Verstellen der Heckflügel erlaubt sein. Welchen Effekt das hat, erklärt uns der Physiker\*.*

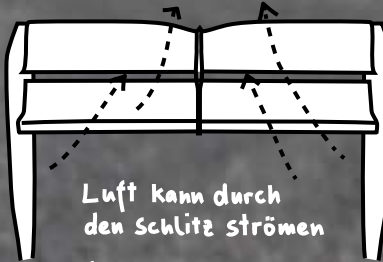
FLAPPE GESCHLOSSEN



Luft wird über den Heckflügel geleitet

per Knopfdruck im Cockpit kippt Flappe nach oben

FLAPPE OFFEN



Luft kann durch den Schlitz strömen

Luftwiderstandsbeiwert ( $c_w$ ) verringert sich

Arbeit ( $W$ ) ist ganz allgemein Kraft ( $F$ ) mal Weg ( $s$ ), also  $W = Fs$ . Leistung ( $P$ ) ist Arbeit pro Zeit, also  $P = W/t$ . Und die Geschwindigkeit ( $v$ ) ist Weg pro Zeit, also  $v = s/t$ . Wenn wir alle drei Formeln in einen Topf werfen, erhalten wir  $F = P/v$ .

Wie schnell kann, ganz allgemein gesagt, ein Auto werden? Beim Beschleunigen wächst der Luftwiderstand und somit die bremsende Kraft. Diese Kraft zeigt gegen die Fahrtrichtung:  $F_w = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$ .  $\rho$  ist dabei die Luftdichte,  $c_w$  der Luftwiderstandsbeiwert und  $A$  die Anströmfläche oder, plakativer, die Schattenfläche. Die Maximalgeschwindigkeit ist erreicht, wenn  $F_w$  genau gleich groß wird wie die Antriebskraft.

Setzen wir die beiden Formeln gleich und lösen sie nach  $v$  auf, erhalten wir die Maximalgeschwindigkeit, bei der sich beschleunigende und bremsende Kräfte die Waage halten:

$$v_{max} = \sqrt[3]{\frac{2P}{\rho c_w A}}$$

Nun können wir  $v_{max}$  abschätzen. Die Leistung der F1-Boliden ist bekannt und liegt bei etwa 800 PS (589 kW). Das Energierückgewinnungssystem KERS bringt weitere 60 PS (44 kW). Auch die Luftdichte ist kein Mysterium und beträgt  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . Schwierig wird es beim  $c_w$ -Wert und der Schattenfläche. Diese werden, ähnlich Staatsgeheimnissen, gut gehütet. Daher müssen wir vernünftige Schätzungen treffen. Ich schätze den  $c_w$ -Wert mit 1 ab. Das ist erstaunlich hoch, hat ein aerodynamisches Straßenauto doch unter 0,3. Wie das? Ein Grund sind die frei stehenden Räder und die daraus resultierenden Luftwirbel. Ein zweiter Grund ist, dass die Heckflügel, die im Prinzip verkehrt montierte Tragflächen sind, eine Menge Abtrieb erzeugen müssen, damit die Autos in der Kurve am Boden kleben bleiben. Der hohe Abtrieb hat aber den Preis, dass auch der  $c_w$ -Wert steigt. Die Anströmfläche schätze ich mit  $1,3 \text{ m}^2$  ab. Setze ich alle Werte in die Formel ein, erhalte ich eine Maximalgeschwindigkeit von  $93 \text{ m/s}$  ( $335 \text{ km/h}$ ).

Jetzt können wir mit der Formel herumspielen. Würde man es etwa schaffen, zehn PS mehr aus dem Motor herauszukitzeln, würde sich die Maximalgeschwindigkeit trotzdem nur um etwa  $1,3 \text{ km/h}$  erhöhen. Was extrem wenig ist. Warum? Weil die Leistung unter der dritten Wurzel steht! Viel schlauer ist es, wenn man auf der Geraden den Heckflügel zum Überholen flacher stellen kann. Dadurch verändert sich der  $c_w$ -Wert. Wir nehmen vereinfacht an, dass sich die Anströmfläche nicht verändert. Wenn man es schafft, den  $c_w$ -Wert von 1 auf 0,95 zu reduzieren, liegt die Höchstgeschwindigkeit immerhin um etwa  $5,8 \text{ km/h}$  höher. Der Effekt ist immer noch nicht groß, aber doch viereinhalbmal so hoch wie infolge einer Erhöhung der Leistung.

Der Heckflügel soll laut Reglement dann flacher gemacht werden dürfen, wenn man sich weniger als eine Sekunde hinter dem Konkurrenten befindet. Dadurch soll es mehr Überholmanöver geben – möglich macht's wieder einmal die Physik!

\* Mag. DDr. Martin Apolin, 45, promovierter Physiker und Sportwissenschaftler, arbeitet als AHS-Lehrer (Physik, Sportkunde) und Lektor an der Fakultät für Physik in Wien und ist mehrfacher Buchautor.

[www.redbullracing.com](http://www.redbullracing.com), [www.scuderiatororosso.com](http://www.scuderiatororosso.com)

A entspricht der Fläche des Schattens, den das Objekt werfen würde, wenn man es mit parallelem Licht in oder gegen die Bewegungsrichtung beleuchtet.

BILD: GETTY IMAGES/RED BULL CONTENT POOL; ILLUSTRATION: MANDY FISCHER