

FORMELSAMMLUNG

# KRAFT IST NICHT ALLES

*Man muss sie auch auf den Boden bringen. Mit aerodynamischen Kniffen und unterschiedlichen Reifen holt sich die Formel 1 im Regen jenen Grip zurück, den ihr die Physik wegnimmt.*

Ein Formel-1-Bolide hat über den Daumen eine Leistung von 590 kW (800 PS). Das Problem ist nun, die entstehenden Kräfte auf die Straße zu bringen. Denn Kraft ist nicht alles, es kommt auch auf die Reibung an. Die Reibungskraft ( $F_R$ ) zwischen Reifen und Boden ist der leistungslimitierende Faktor, und die Antriebskraft kann  $F_R$  niemals überschreiten. Nehmen Sie als Extrembeispiel, der Bolide stünde auf blankem Eis. Er würde sich aufgrund der fehlenden Reibung nicht vom Fleck rühren.

Reibungskraft ist Reibungskoeffizient mal Gewicht, also  $F_R = \mu G$ . Das Gewicht ist wiederum Masse mal Erdbeschleunigung ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ), also  $G = mg$ . Daraus folgt  $F_R = \mu mg$ .

Ein allgemeiner Zusammenhang zwischen auftretender Kraft,  $F$ , und daraus resultierender Beschleunigung,  $a$ , wird durch das 2. Newtonsche Grundgesetz beschrieben und lautet  $F = ma$ . Wenn Sie diese Gleichung umformen, sehen Sie – nebenbei erwähnt – sofort, warum mit der Tankfüllung im Grand Prix geknausert wird, denn die Beschleunigung ist indirekt proportional zur Masse: je kleiner die Masse, desto größer die Beschleunigung.

Setzt man beide Formeln für die Kraft gleich ( $F = F_R$ ), erhält man für die maximale Beschleunigung  $a = \mu g$ . Die Beschleunigung ist also proportional zum Reibungskoeffizienten. Für Gummi und trockenen Asphalt beträgt dieser im Extremfall 1,1. Man kann daher für die Beschleunigung 1,1g oder  $a = 10,8 \text{ m/s}^2$  berechnen, das bedeutet von 0 auf 100 km/h (27,8 m/s) in 2,6 Sekunden. Für höhere Beschleunigungen muss man tricksen.

In der Formel 1 wird durch Heck- und Seitenflügel ein aerodynamischer Abtrieb erzeugt, der quasi das Gewicht und somit auch die Reibung erhöht.

Wasser auf der Fahrbahn wirkt sich sehr unangenehm aus, denn dadurch sinkt  $\mu$  auf etwa 0,8 ab. Das bedeutet ein Absinken der Reibung und somit der Beschleunigung um rund 30 Prozent. Weil die Kurvengeschwindigkeit proportional zur Wurzel aus  $\mu$  ist (vgl. Red Bulletin 02/09), muss man diese bei Nässe um etwa 15 Prozent reduzieren – oder man erzeugt mehr Abtrieb.

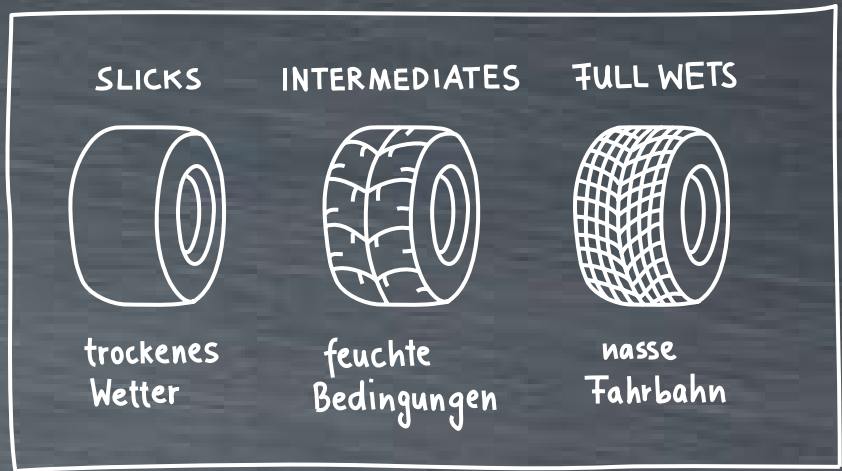
Wenn auf der Strecke Wasserlachen stehen, muss man von den profillosen Slicks auf Regenreifen umsteigen. Diese haben zwar im Trockenen eine schlechtere Haftung, ihre Rillen leiten aber das Wasser zur Seite ab und verhindern somit Aquaplaning.

\* Mag. DDr. Martin Apolin, 44, ist promovierter Physiker und Sportwissenschaftler. Apolin arbeitet als AHS-Lehrer (Physik, Sportkunde) und Lektor am Institut für Sportwissenschaft in Wien und ist mehrfacher Buchautor.

**Formel-1-Grand-Prix von Italien: 13. September 2009, Monza**  
[www.redbullracing.com](http://www.redbullracing.com)  
 Alle Formeln auf: [redbulletin.com/formel/de](http://redbulletin.com/formel/de)



BILD: GETTY IMAGES/RED BULL PHOTOFILES; ILLUSTRATION: MANDY FISCHER



$$F = F_R \Rightarrow ma = \mu mg \Rightarrow a = \mu g \Rightarrow a \sim \mu$$



$$a = \frac{\Delta v}{t} \Rightarrow t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{27,7 \text{ m/s}}{10,8 \text{ m/s}^2} = 2,6 \text{ s}$$