

PHYSIKALISCHE
FORMELSAMMLUNG (XIII) *

EINE ZIEMLICH SCHRÄGE SACHE

Durch die Entwicklung der Carving-Ski hat sich der Skirennsport verändert. Die starke Tail-lierung erlaubt wesentlich engere Kurvenradien, wie uns das Lindsey Vonn hier eindrucksvoll zeigt. Das bedeutet aber eine höhere Belastung des Bewegungsapparats. Kein Wunder, dass unter anderem die Zahl der schweren Knieverletzungen deutlich zugenommen hat. Wie stark sind aber die Belastungen, die auf die Skifahrerin in einer Kurve wirken? Um das abzuschätzen, braucht man zwei Kräfte: die Zentrifugalkraft F_z und die Gewichtskraft F_G .

Die Physiker sprechen eigentlich nicht gerne von der Zentrifugalkraft F_z . Diese ist nämlich eine sogenannte Scheinkraft, die nur auf die Person in der Kurvenbahn wirkt. Die folgenden Betrachtungen gelten also nur aus der Sicht von Lindsey Vonn.

In der Formel der Zentrifugalkraft kommen die Masse m der Läuferin, ihre Geschwindigkeit v und der Kurvenradius r vor. Man sieht, dass die F_z vom Kehrwert des Radius abhängt. In Worten bedeutet das, dass sich bei Halbierung des Kurvenradius die Zentrifugalkraft verdoppelt, weil 1 durch $\frac{1}{2} \cdot 2$ ist. Weiters ist die Zentrifugalkraft proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit. Wenn sich die Geschwindigkeit verdoppelt, dann vervierfacht sich die Kraft. Das ist schon ganz ordentlich. Die eben beschriebenen Zusammenhänge gelten im Übrigen für jede Kurvenfahrt, auch fürs Radfahren oder Autofahren.

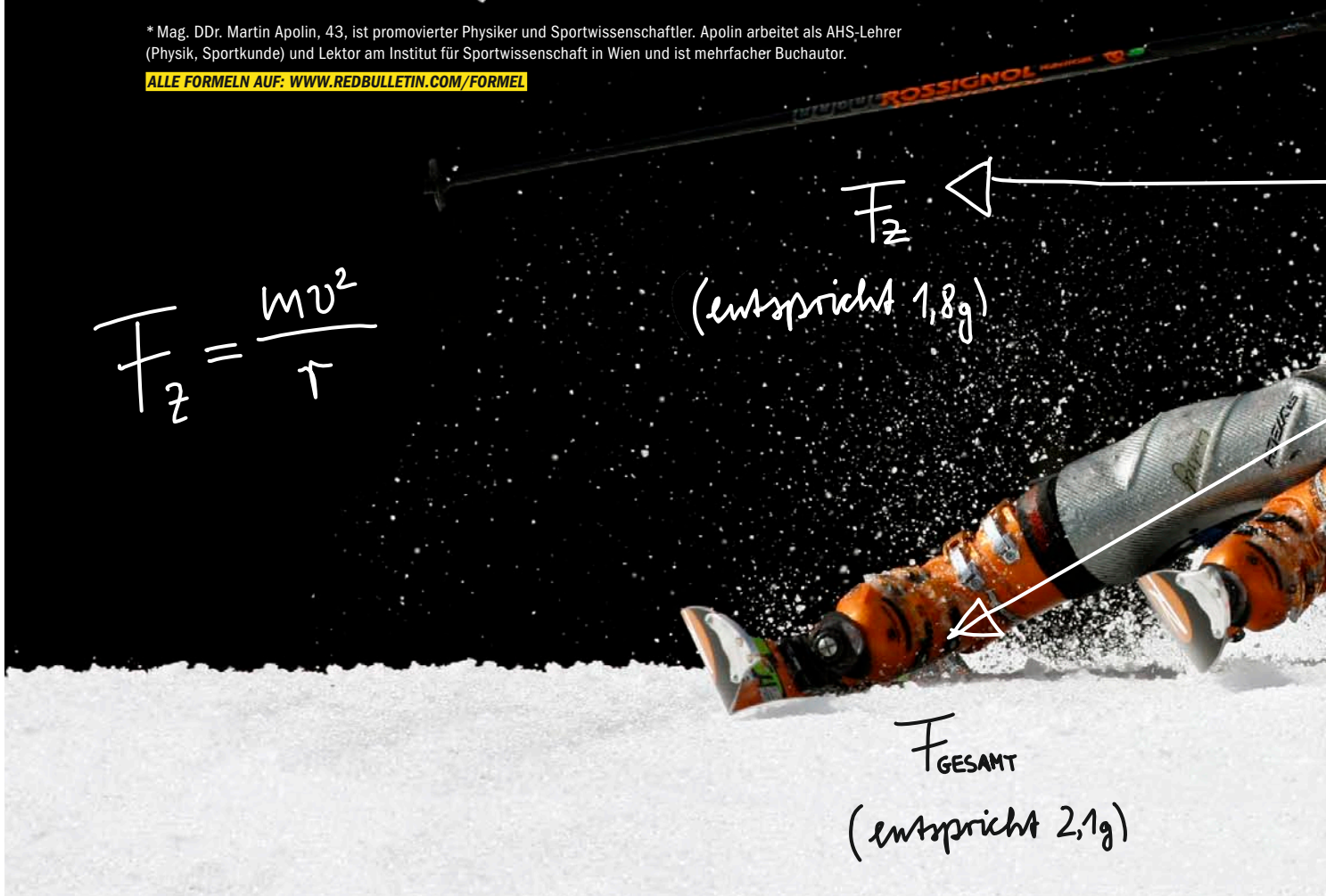
Man kann nun direkt aus dem Bild abschätzen, wie groß die Belastung ist, die Lindsey Vonn und vor allem ihre Knie in diesem Moment aushalten müssen. Dazu muss man nur ein paar Dinge wissen.

Die Zentrifugalkraft zeigt genau vom Mittelpunkt der momentanen Kreisbahn nach außen. Die Gewichtskraft zeigt natürlich genau nach unten. Und, ganz wichtig, die Summe beider Kräfte muss immer durch die Unterstützungsfläche zeigen. Wäre das nicht der Fall, würde die Skifahrerin nach innen oder nach außen kippen.

Die Gesamtbelastung kann man natürlich ausrechnen, man kann das aber auch, wie in der Abbildung, grafisch lösen. Die Gesamtkraft, die Lindsey Vonn in den Boden drückt, entspricht in diesem Moment mehr als der doppelten Gewichtskraft, also $2g$. Salopp gesagt wirkt das so, als hätte man sich selbst auf den Schultern sitzen und geht dabei in die Hocke. Dass dann jedes Verschneiden gefährlich für die Knie wird, ist naheliegend.

* Mag. DDr. Martin Apolin, 43, ist promovierter Physiker und Sportwissenschaftler. Apolin arbeitet als AHS-Lehrer (Physik, Sportkunde) und Lektor am Institut für Sportwissenschaft in Wien und ist mehrfacher Buchautor.

ALLE FORMELN AUF: WWW.REDBULLETIN.COM/FORMEL



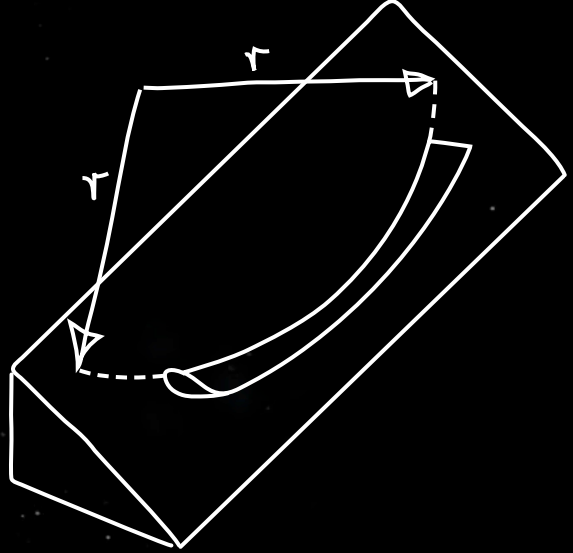
Carving Ski

$$F_z \sim \frac{1}{r}$$

$$F_z \sim v^2$$

starke Taillierung
+ Biegemoment

= unge Kurvenradien



KSP

F_G

(entspricht 1g)