

FORMELSAMMLUNG

DER ZAUBER DES DRALLS

Je mehr U/min im Spiel sind, desto mehr km/h sind erlaubt: Klingt nach Motorsport, ist aber Tennis. Warum das so ist, weiß unser Physiker*.

Wie schnell kann ein Tennisball bei einem Grundlinienschlag werden? Machen wir dazu eine Abschätzung. Wir nehmen an, dass der Ball waagrecht und knapp über das Netz fliegt und außerdem keinen Drall hat (Abb. 1). Ein Tennisnetz ist in der Mitte 91,4 cm (1 Yard) hoch. Das ist somit der geringste Abstand zum Boden, mit dem der Ball über das Netz fliegen kann.

Egal, welche Horizontalgeschwindigkeit Bälle haben, vertikal fallen in derselben Zeit alle gleich tief. Das besagt das Unabhängigkeitsprinzip (siehe auch Red Bulletin 8/11). Man muss also zunächst wissen, wie lange ein Ball aus Netzhöhe zu Boden fällt. Der Zusammenhang zwischen Fallzeit t und Falltiefe s lautet: $t = \sqrt{2s/g}$. g ist die Fallbeschleunigung, die wir vereinfacht mit 10 m/s^2 annehmen. Wenn man für die Falltiefe $0,914 \text{ m}$ einsetzt, erhält man für die Fallzeit $0,43 \text{ s}$. Jeder Ball, der ohne Drall waagrecht über das Netz fliegt, fällt nach dieser Zeit zu Boden – unabhängig von seiner Vertikalgeschwindigkeit.

Der Abstand zwischen Netz und Grundlinie beträgt $11,89 \text{ Meter}$ (13 Yards). Damit der Ball nicht ins Out geht, darf er in $0,43 \text{ s}$ also nicht weiter fliegen. Geschwindigkeit ist Weg pro Zeit, also $v = s/t$. Wenn wir den Extremfall annehmen, dass der Ball in dieser Zeit genau ans Ende des Feldes fliegt, dann ergeben sich für die Maximalgeschwindigkeit des Tennisballs $27,7 \text{ m/s}$, das sind ziemlich exakt 100 km/h . Ist er schneller, geht er ins Out.

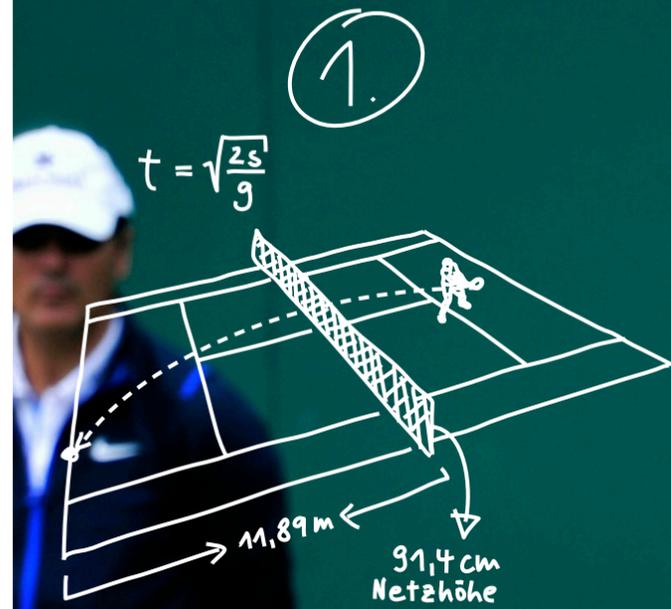
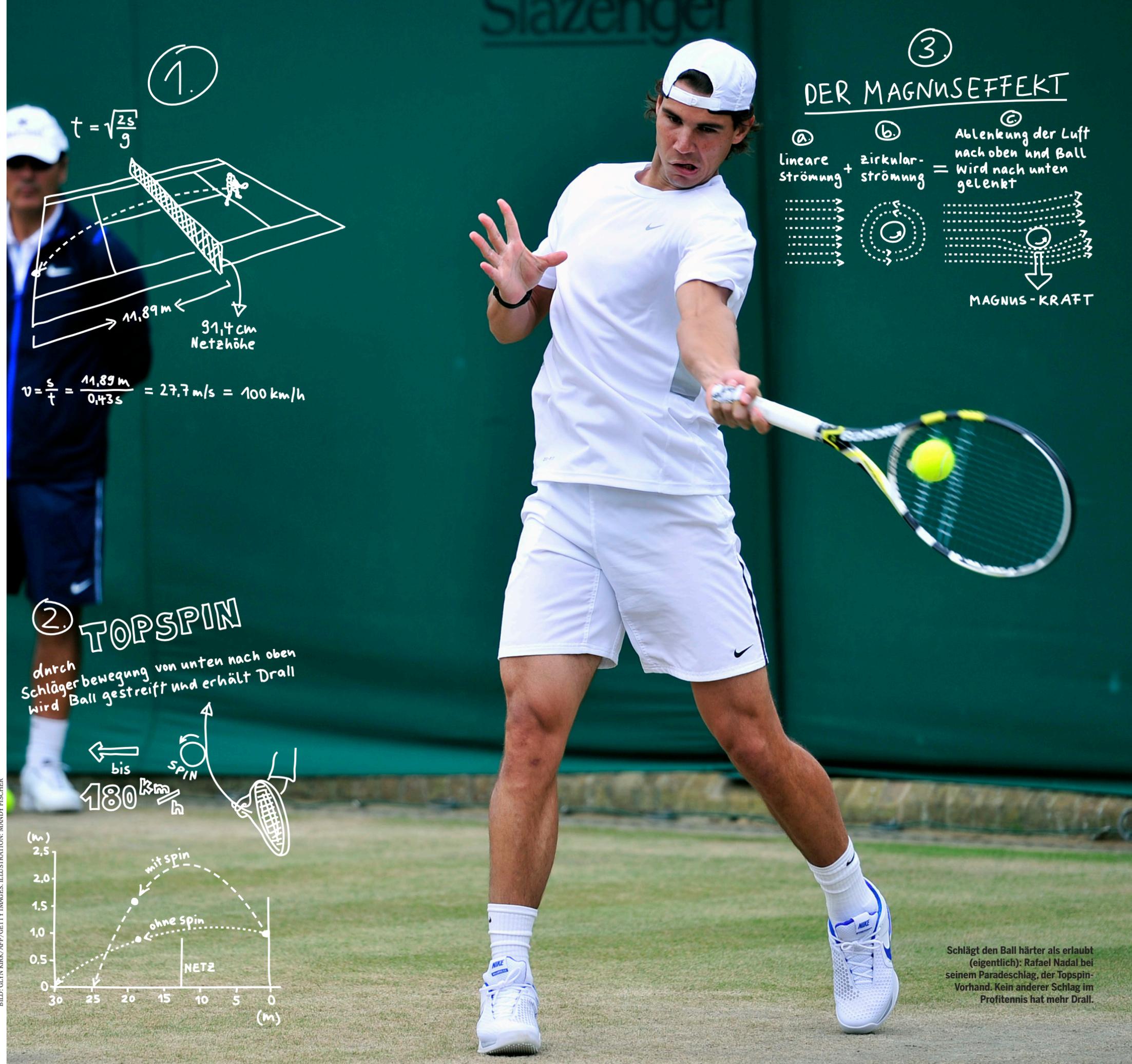
Messungen mit dem Hawk-Eye, einem computergestützten System zur Ballverfolgung, zeigen aber, dass harte Schläger wie Rafael Nadal den Ball von der Grundlinie durchaus mit 180 km/h und in ziemlicher Höhe über das Netz hauen. Doch wie ist es nun möglich, dass der Ball bei diesem Tempo nicht meterweit im Out landet? Die Lösung lautet: Drall! Unsere Abschätzung oben bezog sich ja ausdrücklich auf nichtrotierende Bälle. Dann sind maximal 100 km/h möglich. Wenn man aber den Ball mit einem Mords-Topspin spielt, kann man, wie die Praxis zeigt, auch 180 km/h erreichen. Warum verkürzt der Drall die Flugbahn?

Nehmen wir an, der Ball fliegt von rechts nach links. Wir fliegen in Gedanken mit dem Ball mit. Dieser „spürt“ einen Gegenwind von links (Abb. 3a). Da sich der Ball dreht, werden in einer dünnen Grenzschicht Luftmoleküle mitgerissen, die sich mit dem Ball mitdrehen. Immerhin rotieren beim Topspin die Filzkugeln bis zu 5000 Mal pro Minute, also über 80 Mal pro Sekunde! Das erzeugt eine um den Ball zirkulierende Luftströmung (Abb. 3b). Beide Strömungen addieren sich wie in Abb. 3c dargestellt.

Wie man sieht, wird die Luft in Summe hinter dem Ball nach oben abgelenkt. Da der Gesamtimpuls erhalten bleiben muss, muss als Reaktion der Ball nach unten abgelenkt werden. Die dabei entstehende Kraft nennt man die Magnus-Kraft. Diese wirkt in unserem Fall zusätzlich zur Gravitation nach unten und lässt den Ball quasi schneller fallen als normal. Dadurch ist es möglich, Bälle schneller und höher zu schlagen, als man sie eigentlich schlagen dürfte.

www.rafaelnadal.com

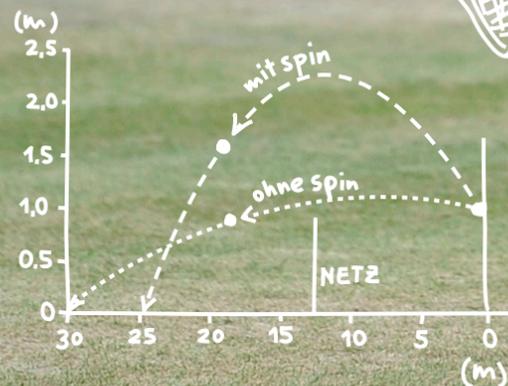
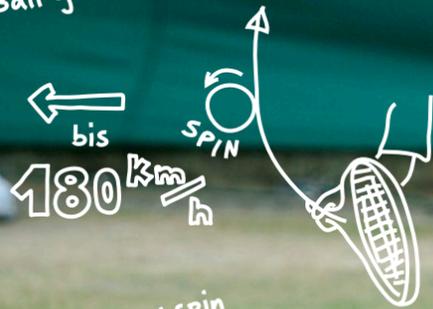
* Mag. DDr. Martin Apolin, 46, promovierter Physiker und Sportwissenschaftler, arbeitet als AHS-Lehrer (Physik, Sportkunde) und Lektor an der Fakultät für Physik in Wien und ist mehrfacher Buchautor.



$$v = \frac{s}{t} = \frac{11,89 \text{ m}}{0,43 \text{ s}} = 27,7 \text{ m/s} = 100 \text{ km/h}$$

2. TOPSPIN

durch Schlägerbewegung von unten nach oben wird Ball gestreift und erhält Drall



3. DER MAGNUSEFFEKT



Schlägt den Ball härter als erlaubt (eigentlich): Rafael Nadal bei seinem Paradeschlag, der Topspin-Vorhand. Kein anderer Schlag im Profitennis hat mehr Drall.

BILD: GLYN KIRK/AFP/GETTY IMAGES; ILLUSTRATION: MANDY FISCHER