

FORMELSAMMLUNG

# DIE ASSE UND DER ÄRMEL

Was Sie theoretisch beachten müssen, wenn Sie so aufschlagen wollen wie Andy Roddick. (Und wieso Ihnen das in der Praxis vielleicht nicht ganz gelingen wird.) Physiker Martin Apolin\* mit einer analytischen Desillusion.

Welche Faktoren müssen erfüllt sein, damit ein Tennis-Service mit weit mehr als 200 km/h ins gegnerische Feld kracht? Zunächst die schlechte Nachricht: Kanonenaufschläger vom Schlage eines Andy Roddick müssen vor allem über eine schnellkräftige Muskulatur verfügen. Und dummerweise wird diese in die Wiege gelegt und kann durch Training nur marginal verbessert werden. Zum Kanonenaufschläger wird man geboren oder nicht – wie auch zum exzellenten Sprinter oder Speerwerfer.

Weiters muss der Beschleunigungsweg des Schlägerkopfs möglichst lang sein, damit die Endgeschwindigkeit groß ist. Deshalb führt man diesen beim Ausholen fast bis an den Rücken. Es muss beim Aufschlag der ganze Körper eingesetzt werden, wobei die Bewegung von den Beinen zum Arm läuft – man spricht vom Peitscheneffekt. Und dann sollte man den Ball mit dem Sweet Spot treffen, damit es zu möglichst wenigen Vibrationen kommt und maximaler Impuls übertragen wird.

Hat der Ball einmal den Schläger verlassen, fliegt er entlang einer Parabel. Und hier kommt die Formel des Monats ins Spiel, mit der sich diese berechnen lässt:

$$y = -\frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} x^2 + (\tan \alpha)x + h$$

$x$  und  $y$  sind horizontale und vertikale Koordinate (m),  $g$  die Fallbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>),  $v$  die Anfangsgeschwindigkeit des Balles (m/s),  $\alpha$  der Abflugwinkel und  $h$  die Abflughöhe (m).

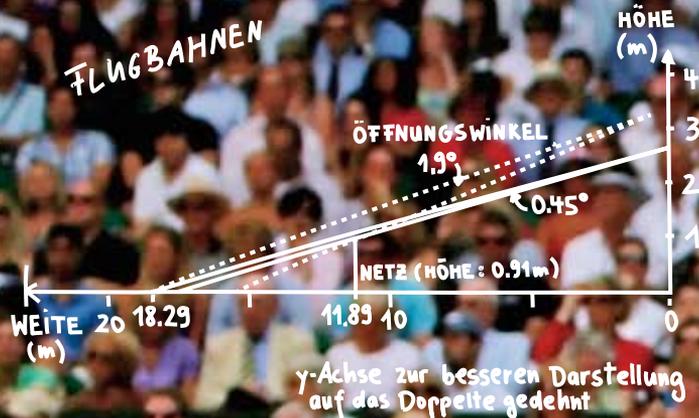
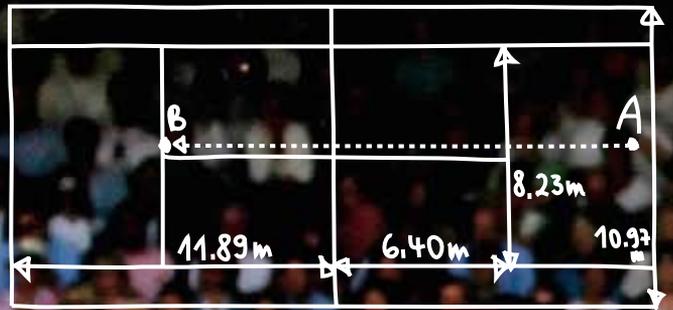
Ich nehme an, dass der Aufschlag von A in Richtung B erfolgt (siehe Grafik) und der Ball eine Geschwindigkeit von 249,4 km/h (= 69,3 m/s) erreicht. Das entspricht dem aktuellen Geschwindigkeitsrekord von Roddick. Der Ball muss einerseits übers Netz, andererseits aber im Aufschlagfeld landen. Mit der Formel lassen sich die Flugbahnen berechnen, die diese Forderungen erfüllen.

Ein kleiner Spieler (Reichhöhe 2,7 Meter inklusive Schläger) müsste bei diesem Hammerservice den Abflugwinkel auf 0,45° genau treffen – unmöglich! Wenn ein Spieler aber 30 Zentimeter weiter hinaufreicht, beim Service 30 Zentimeter in die Höhe springt und den Ball, wie im Bild, einen Meter weit im Feld trifft, dann vervierfacht sich die tolerierbare Winkelungenauigkeit. Das ist in Ausnahmefällen und mit Glück anscheinend zu schaffen.

Die Formel führt uns also weitere Kanonenaufschlag-Faktoren vor Augen: Man muss den Ball hoch über dem Boden treffen – groß zu sein ist daher gut – und möglichst weit im Feld. Außerdem muss der Spieler über geradezu chirurgische Präzision bei der Schlagauführung verfügen – und das bei diesem Tempo!

\* Mag. Dr. 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.

## SPIELFELD



Andy Roddick, US-Amerikaner, ist brachialster Aufschläger der Tenniswelt. Er hält mit 249,4 km/h den aktuellen Geschwindigkeits-Weltrekord der Herren.

BILD: IMAGO SPORTFOTODIENST; ILLUSTRATION: MANDY FISCHER



$$y = -\frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} x^2 + (\tan \alpha)x + h$$