





FORMELSAMMLUNG

WURF-MASCHINE

Nervenstärke trifft auf Technik: Unser Physiker erklärt den perfekten Basketball-Freiwurf.

RONDOS WINKELPROBLEM

Im Bild links sehen wir Boston-Celtics-Star Rajon Rondo beim Freiwurf-Versuch. Die Frage lautet: Bei welchem Abwurfwinkel ist seine Treffsicherheit am größten?

In der US-Profiliga NBA hat der Ball einen Durchmesser von 23,9 cm (d_B), die Innenkante des Netzringes 45 cm (d_R). Würde der Ball mittig genau von oben kommen, wären also rundherum mehr als 10 cm Platz. Es gibt aber auch einen flachsten Winkel, unter dem der Ball einfliegen muss, damit er gerade noch durch den Ring passt, ohne diesen zu berühren. Diesen Winkel kann man mit $\sin\beta = d_B/d_R$ bzw. $\beta = \arcsin(d_B/d_R)$ berechnen – er liegt in unserem Fall bei rund 32° (siehe Abb. 1).

Die Wurfbahn lässt sich mit der Gleichung $y = -gx^2/(2v_0^2 \cos^2 \alpha) + xt \tan \alpha + h_0$ herausfinden: g ist die Fallbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$), v_0 die Abwurfgeschwindigkeit (m/s), α der Abwurfwinkel, x und y horizontale und vertikale Raumkomponente (m) und h_0 die Abwurfhöhe (m). Der Basketballring hängt auf 3,05 m, die Freiwurflinie ist 4,19 m von der Mitte des Ringes entfernt. Rajon Rondo ist 1,85 m groß, daher hat der Schwerpunkt des Balls beim Abwurf eine geschätzte Höhe von 2,20 m.

Wenn man die Gleichung oben nach v auflöst, bekommt man den Zusammenhang zwischen Abwurfgeschwindigkeit und -winkel (Abb. 2). Dabei nehmen wir an, dass Rondo genau in die Mitte des Ringes trifft.

Damit der Einflugwinkel β größer als 32° ist und der Ball direkt durch den Ring passt, muss der Abwurfwinkel α mindestens knapp 47° betragen. Man sieht, dass Rondo bei steilem Abwurf deutlich schneller werfen müsste, was eine Quelle für Ungenauigkeiten darstellt.

Um wie viel flacher oder steiler könnte Rondo bei gleicher Abwurfgeschwindigkeit werfen, ohne den Ring zu treffen? Dieses Problem löst man mithilfe numerischer Simulationen, wobei man den Winkel so lange verändert, bis der Ball den Ring berührt. Die Auswertung ergibt Abb. 3: Bei rund 47° kann sich Rondo keine Abweichung erlauben. Zwischen 48° und 53° liegt aber ein „Fenster“, in dem sich eine Winkelgenauigkeit von 6 bis 8° ausdehnt. Wirft er noch steiler, sinkt die erlaubte Ungenauigkeit dramatisch und liegt nur noch bei etwa 2° . Erfreulicherweise fällt das „Fenster“ genau in den Bereich um die Minimalgeschwindigkeit. Das ist praktisch, denn wenn Rondo mit mindestens 47° und kleinstem Krafteinsetz wirft, trifft er automatisch den Winkelbereich mit der größten erlaubten Streuung. Diese Überlegungen gelten übrigens auch für größere Spieler – nur werden die Abwurfwinkel dann flacher.

www.bostonceltics.com

ILLUSTRATION: MANDY FISCHER; BILD: ANDREW D. BERNSTEIN/GETTY IMAGES

*Mag. DDr. Martin Apolin, 47, Physiker und Sportwissenschaftler, arbeitet als AHS-Lehrer und Lektor an der Fakultät für Physik in Wien und ist mehrfacher Buchautor.