

7. September 2010 08:37 Physik und Fußball

## Der Dreh ins Tor

**Vor 13 Jahren schien Brasiliens Roberto Carlos bei einem Freistoß gegen Frankreich die Gesetze der Physik außer Kraft zu setzen. Jetzt finden Forscher endlich eine Erklärung für den legendären Schuss.**

*Von Christopher Schrader*

Es war die 21. Minute, als sich Roberto Carlos im Stade de Gerland in Lyon den Ball für einen Freistoß zurechtlegte. An jenem 3. Juni 1997 war der Verteidiger von Real Madrid mit der brasilianischen Nationalmannschaft zum Freundschaftsspiel gegen Frankreich angetreten.



So gelang Roberto Carlos sein legendäres Tor. (Foto: SZ-Graphik: Daniel Braun, Quelle: New Journal of Physics)

Carlos platzierte den Ball sorgfältig in 35 Metern Entfernung vor dem Tor auf dem Rasen. Dann nahm er bis zum Mittelkreis Anlauf, stürmte los, traf den Ball mit dem Spann des linken Fußes und zog ihn rechts an der französischen Mauer vorbei. Weit neben dem Tor duckte sich ein Balljunge. Der Drall der Kugel bog ihre Flugbahn nach links. Kurz vor dem Tor aber vergrößerte sich deren Krümmung: Der Ball traf zur Überraschung des regungslosen Torwarts Fabien Barthez den Innenpfosten und landete im Tor. ([Video](#))

Hinterher wusste keiner der Kommentatoren so recht, was er sagen sollte. Gewiss, auch Spieler wie David Beckham oder Michel Platini konnten Freistöße mit Effet um Gegenspieler herumzirkeln, aber dann flogen die Bälle auf gleichmäßig

gekrümmten Kreisbahnen und waren im Prinzip zu berechnen. Aber Carlos' Schuss mit der plötzlich zunehmenden Krümmung schien "die Gesetze der Physik zu verletzen", hieß es schnell.

Das konnten die Physiker eigentlich nicht auf sich sitzen lassen. Aber es hat doch 13 Jahre gedauert, bis ein französisches Team eine Erklärung fand, die sich nicht hilflos auf irgendwelche Besonderheiten der Ballherstellung stützt. "Carlos hat dem Ball einen solchen Drall gegeben, dass er auf einer spiralförmigen Bahn flog, die am Ende deutlich von einem Kreis abwich", sagt Christophe Clanet von der École Polytechnique in Palaiseau. "Das konnte nur klappen, weil die Entfernung zum Tor so groß war und Carlos mit solcher Wucht getreten hat."

Clanet und sein Team haben damit eine Besonderheit des bekannten Magnus-Effekts aufgeklärt. Er bewirkt, dass ein Ball, der sich um die eigene Achse dreht, wegen der ungleichmäßigen Luftreibung zur Seite abgelenkt wird. Seine Flugbahn ergibt sich dann im Wechselspiel zwischen dieser aerodynamischen Kraft und der Schwerkraft.

Um beide Effekte unabhängig zu untersuchen, haben die französischen Physiker ein Experiment gemacht, das gar nicht nach Fußball aussah: Sie haben mit einer Gummizwille Plastikugeln in einen Wassertank geschossen. Die Projektile hatten dabei fast die gleiche Dichte wie das Wasser.

Darum wurde ihre Bahn im Tank allein vom Drall bestimmt, der sich durch eine unterschiedliche Spannung der Gummis an der Schleuder regulieren ließ. Bei manchen Versuchen wurden die Kugel durch die Eigendrehung so stark abgelenkt, dass sie wieder aus dem Wasser herausflog (*New Journal of Physics*, online).

Die mit einer Hochgeschwindigkeits-Kamera bestimmten Flugbahnen erwiesen sich schnell als Spiralen. Sie hätten die Projektile bei genügend hohem Anfangstempo auf einer immer engeren Bahn um ein Zentrum herum gelenkt - also zwischendurch auch einmal zurück in die Richtung, aus der sie gekommen waren. "Das Wasser bremst die Geschwindigkeit", sagt Clanet, "aber die Magnus-Kraft, die die rotierende Kugel zur Seite drückt, nimmt langsamer ab als das Tempo und wird darum im Verhältnis immer größer." Das erklärt die sich immer enger zusammenziehende Bahn des Projektils.

Am Ende haben die Physiker eine Formel gefunden, mit der sie ihr Ergebnis auf Sportarten wie Tennis, Basketball oder eben Fußball umrechnen konnten. Hier fliegen Bälle anderer Formen, Größen und Massen durch Luft und sind dabei außer der Aerodynamik auch der Schwerkraft ausgesetzt. Anhand der Kenngrößen über Spielgeräte und -felder zeigte sich schnell, dass kaum ein Sport Raum lässt für überraschende Folgen des Magnus-Effekts.

Beim Volleyball müsste ein Aufschlag doppelt so lang sein wie der Platz, beim Tennis gar dreimal so lang, damit eine Spirale erkennbar würde. Beim Basket- und Handball hingegen dominiert sowieso die Schwerkraft das Verhalten des Balles.

Fußballer sind aber in einer besonderen Situation: Die Schüsse, bei denen die Aerodynamik die Flugbahn auf eine für Gegenspieler überraschende Art verändern kann, passen gut in eine Hälfte des Spielfelds. Der Ball muss dazu sehr hart getreten werden, damit der Drall sein Werk schnell verrichten kann, bevor am Ende die Schwerkraft siegt - aber auch nicht zu schnell, weil die überraschende Krümmung sonst erst hinter der Torlinie auftritt. "Es ist ein schmaler Bereich", sagt der Physiker Clanet. "Bei Roberto Carlos' Freistoß 1997 stimmte alles."

Allerdings muss Clanets Team seine Theorie noch auf dem Fußballplatz verifizieren. Womöglich spielte bei dem Schuss in Lyon ja auch eine Rolle, dass der brasilianische Verteidiger auf besondere Weise gegen das Ventil oder die Nähte des Balles getreten hatte. "Wie so oft liegt auch hier die Mitte in der Wahrheit", hätte Rudi Völler vielleicht dazu gesagt.

**URL:** <http://www.sueddeutsche.de/wissen/physik-und-fussball-der-dreh-ins-tor-1.996484>

**Copyright:** Süddeutsche Zeitung Digitale Medien GmbH / Süddeutsche Zeitung GmbH

**Quelle:** SZ vom 07.09.2010/mcs

Jegliche Veröffentlichung und nicht-private Nutzung exklusiv über Süddeutsche Zeitung Content. Bitte senden Sie Ihre Nutzungsanfrage an [syndication@sueddeutsche.de](mailto:syndication@sueddeutsche.de).