

**Quelle: Berliner Zeitung**

© Berliner Zeitung

Wissenschaft

# Der Ball will auf den Rasen fallen

**Physiker wissen ganz genau, wie ein guter Schütze seinen Freistoß an allen Gegnern vorbei ins Tor zirkelt**

**Denis Dilba**

Der Fußball ist aus der Haut der Kuh gemacht. Die Kuh frisst Gras. Deshalb will der Ball immer auf den Rasen fallen." - Carlos Dunga, Kapitän der brasilianischen Weltmeisterelf von 1994, hat seine eigenen Erklärungen für die Bewegungsgesetze seines Arbeitsgeräts. Rein physikalisch gesehen weist die Theorie des Fußballstars allerdings einige Lücken auf - und auch für den Ball muss heutzutage kein Tier mehr sein Fell lassen.

Fußball war schon immer eine Wissenschaft für sich. Mit dieser Formel gab man sich lange Zeit zufrieden. Der Ball war halt rund - und aus. Von den Zeiten eines Fritz Walter bis 2006 hat sich dieses Bild jedoch grundlegend geändert: In Laboren und auf geheimen Trainingsplätzen versuchen

Aerodynamikexperten, Biomechaniker und Sportmediziner dem Spiel die letzten Geheimnisse zu entreißen. Es geht darum, dass Zusammenspiel von Fuß und Ball zu optimieren, um auf diese Weise den idealen Schuss zu ermöglichen.

**Bloß nicht abbremsen**

"Meistens ist den Fußballspielern selber nicht ganz klar, warum der Ball nun so fliegt, wie er gerade fliegt", sagt Fritz Siemsen, Physikdidaktiker an der Universität Frankfurt am Main. Er und seine Kollegen befassen

sich mit den physikalischen Vorgängen beim Kick. Das beginnt beim Abstoß, geht über in die Analyse des Ballfluges mit anschließender Ballannahme und endet beim idealen Torschuss.

Wenn Jens Lehmann sich heute Abend den Ball für einen Abstoß bereit legt, könne man beobachten, wie es der deutsche Torwart mit Hilfe der Physik schafft, den Ball bis weit in die gegnerische Hälfte zu dreschen. "Das beginnt schon beim Anlauf", sagt Karsten Heyne, Juniorprofessor für Physik an der Freien Universität Berlin. Da sich Lauf- und Schussgeschwindigkeit addieren, sollte der Keeper in dem Moment die größte Geschwindigkeit haben, in dem sein Fuß auf den Ball trifft. "Also bloß nicht abbremsen", sagt Heyne.

Aber das wird Lehmann auch nicht machen: Vier, fünf lange Schritte, dann setzt sein Standbein auf. "Um dem Ball nun die größtmögliche Beschleunigung mitzugeben, ist der Spannstoß am besten geeignet", sagt Heyne. Der Grund dafür ist einfach: Je länger das Bein, desto höher die Geschwindigkeit des Fußes. Die berühmte und zuweilen gefürchtete Picke (fußballdeutsch für Fußspitze) würde das Bein um rund zehn Zentimeter verkürzen. Da die Länge des Beins quadratisch in die Schussgleichung eingeht,

würde der Spieler dadurch etwa 20 Prozent seiner Schusskraft verschenken. Dieses Manko wird aber mehr als wettgemacht durch das abrupte Abknicken des Unterschenkels. Denn das bewirkt eine dreimal größere Beschleunigung des Fußes.

Die Physik birgt aber noch andere Möglichkeiten, um den Schuss eines Fußballers zu verbessern. Durch Gewichte in der Zwischensohle des Schuhs könne der Schwerpunkt des Schuhs an die Stelle verlagert werden, wo der Fuß den Ball treffe, berichtet Siemsen. Auf diese Weise sei theoretisch ein schnellerer Schuss möglich. Siemsen bezweifelt allerdings, dass die neue Schuhtechnik sinnvoll eingesetzt werden kann: "Um die Schusskraft relevant zu steigern, müssten um die hundert Gramm pro Schuh einplant werden" sagt der Physiker. Wie sich das über 90 Minuten auf die Kondition der Spieler auswirke, sei noch gänzlich unerforscht.

Auch die Eigenschaften des Balls beeinflussen seine Flugbahn, sagt der Physiker Metin Tolan aus Dortmund. Wäre der Fußball schwerer und elastischer, würde er auch schneller fliegen. Änderungen beim Gewicht sind allerdings strikt verboten: Nach den Fifa-Regularien muss der Spielball mindestens 410 und darf maximal 450 Gramm wiegen. Elastischer machen lässt er sich

## Quelle: Berliner Zeitung

© Berliner Zeitung

aber ohne Regelverstoß auf einfache Weise: "Aufpumpen wirkt da wahre Wunder", sagt Tolan mit einem Augenzwinkern.

Löst sich der Ball nach dem Schuss vom Fuß, beginnt die Flugphase. Ohne Luftwiderstand flöge der Ball am weitesten, wenn er in einem Winkel von 45 Grad zum Boden abhübe, sagt Heyne. Da im Stadion aber nun mal Luft sei, sei es sinnvoll, den Ball flacher zu halten: "So zwischen 30 und 40 Grad sind optimal." Der Luftwiderstand bremst nämlich die Vorwärtsbewegung des Balles mehr als das Aufsteigen. Durch einen flacheren Schuss wird der Ball in seiner Flugrichtung schneller, er fliegt also weiter. Mit einem Tempo von bis zu 130 Kilometer pro Stunde - beim Torschuss kann der Ball sogar noch schneller werden - gelangt der Ball nun bis weit hinter die Mittellinie. Dahin, wo zum Beispiel Flankengott Bernd Schneider schon nervös auf die Ballannahme wartet.

"So einen langen Ball würde ich nicht mit dem Kopf annehmen wollen", sagt der Fußballphysiker Siemsen. Bis zu 4 Kilonewton wirken da auf den Schädel ein - der Ball hat dann ein gefühltes Gewicht von 400 Kilogramm. "Das ist deutlich mehr als die schlimmsten Schläge beim Profiboxen." Muss Schneider aber doch mit dem Kopf ran, hilft ihm ein Trick: Durch ein blitzschnelles Entspannen der Nackenmuskulatur wird die Hals-Kopf-Kombination elastischer und kann auf diese Weise besser die Kraft aufnehmen. Zudem werden die Halswirbel dadurch eher vor Verletzungen geschützt. Siemsen rät allerdings dazu, den Ball zunächst mit der Brust zu

stoppen: "Der Brustkorb ist etwas flexibler als der Kopf und kann die Wucht des Schusses dadurch besser aufnehmen."

Ist der Ball unter Kontrolle gebracht, kann Schneider die Geheimwaffe Bananenflanke anwenden. Berühmt geworden ist diese Variante durch den HSV-Star Manni Kaltz. Zwei Dinge seien dabei entscheidend, sagt der Dortmunder Physiker Tolan. Der Ball muss fest getreten und dabei zugleich in eine Drehbewegung versetzt werden. Dazu ist es erforderlich, den Ball seitlich, aber nicht zu weit außen zu treffen. "Die besten Resultate kommen heraus, wenn man den Ball genau 7,8 Zentimeter von seinem Mittelpunkt entfernt trifft", hat Tolan berechnet. Bei gelungenen Bananenflanken fliegt der Ball etwa 100 Kilometer in der Stunde schnell und dreht sich dabei mehr als acht Mal pro Sekunde um die eigene Achse. Die Luft, die während des Fluges um den rotierenden Ball strömt, wird auf der Seite in der Drehrichtung mitgerissen, während sie auf der anderen Ballhälfte, die sich entgegen die Flugrichtung dreht, abgebremst wird (siehe Grafik). Dabei fließen die Luftschichten in Drehrichtung schneller am Ball vorbei, wodurch ein Unterdruck entsteht. Auf der anderen Seite entsteht dementsprechend ein Überdruck. Der Ball weicht dem höheren Druck aus und wird von seiner geraden Flugbahn in Richtung des Unterdrucks abgelenkt. "Die Flugkurve der Flanke entspricht der Form einer Banane", sagt Metin Tolan. Physiker bezeichnen dieses Prinzip als Magnus-Effekt - nach dem Berliner Forscher Heinrich Gustav Magnus, der das strömungsphysikalische

Phänomen bei rotierenden runden Körpern 1852 entdeckte.

Das Geheimnis der Nähte

Doch Tolan zufolge reicht Magnus allein zur Erklärung eines Fußballschusses nicht aus: "Es ist einfacher, einen Mann auf den Mond zu schießen, als die genaue Flugbahn eines Fußballs vorherzusagen", behauptet Tolan. Denn das eigentliche Geheimnis seien die Nähte am Ball. Sie ermöglichen es, dass sich Luftwirbel oder Wirbelschleppen schnell von der Oberfläche des Balls ablösen; dadurch wird der Flug stabilisiert. "Ohne die Nähte geht das nicht", sagt Tolan. Deutlich wird das, wenn man versucht, mit einem nahtlosen Plastikkinderfußball zu schießen. Der Ball flattert dabei unkontrolliert in der Luft.

Derselbe Effekt droht, wenn ein Lederball älterer Machart nass wird: Dadurch wird seine Oberfläche glatter, er neigt zum Flattern und wird unberechenbar.

Beim offiziellen WM-Ball 2006 ist dieser Effekt nicht zu befürchten. "Diese Bälle wurden unter allen möglichen Umweltbedingungen im Windkanal getestet", sagt Tolan. Außerdem sei ihre Kunststoffoberfläche so glatt, dass sich das Flugverhalten durch die Nässe nicht weiter verändern würde, sagt der Physiker.

Die Chancen stehen also nicht schlecht, dass Schneiders Bananenflanke kontrolliert vor das gegnerische Tor segelt. Muss also nur noch einer unserer Stürmer das Ding im Tor versenken - ob mit oder ohne Ahnung von Physik.

**Quelle: Berliner Zeitung**

© Berliner Zeitung

//	geschossen, folgt der Fußball	nach seinem Berliner Entdecker
	einer gekrümmten Flugbahn.	Heinrich Gustav Magnus als
Mit dem richtigen Dreh	Das liegt an unterschiedlichen	Magnus-Effekt.
geschossen, folgt der Fußball ...	Luftwiderständen auf beiden	
	Seiten des Weges. Physiker	
Mit dem richtigen Dreh	bezeichnen dieses Phänomen	

Quelle: Berliner Zeitung

© Berliner Zeitung

