

Kaninchen drin. Das Ding ist eine Katastrophe!«, schimpfte Thomas Tuchel. Besonders benachteiligt fühlten sich die Torhüter, weil die Flugkurve so schwer zu berechnen war. Einige sagten, der Name des Balls solle wohl Programm sein und das Spiel künstlich aufregender machen.

Es gab eine Kehrtwende. Der »Derbystar« ist allseits beliebt. Er besteht aus 20 Fünf- und zwölf Sechsecken, klassisch zusammengenäht. Außerdem hat er natürlich die kleinen Einbuchtungen, ähnlich wie bei einem Golfball, die sogenannten Dimples. Dies alles führt dazu, dass sich zwar noch mehr Wirbelschleppen ausbilden – diese sind aber sehr viel kleiner. Und wenn kleinere Wirbel entstehen, »wird dem Ball auch weniger Bewegungsenergie entnommen. Die Unebenheit der Oberfläche des Fußballs ist also sehr wichtig«, erklärt der Physiker Thomas Wilhelm von der Goethe-Universität Frankfurt in einem anschaulichen Text über die Flugeigenschaften des Fußballs. Ähnlich wie Tolan verfolgt Wilhelm ein pädagogisches Ziel: Die Physik des Fußballs soll Schüler und Studenten dazu bringen, sich mehr für Physik zu interessieren. Das scheint gut zu klappen.

Die Technik, die einen Ball mit möglichst geringen Bremswirkungen hervorbringt, ist eine Wissenschaft für sich und es gibt dafür unterschiedliche Ansätze. Zumindest scheint man in jüngster Zeit davon abgekommen zu sein, das Design (und damit den erhofften Verkauf) der Bälle über die Flugeigenschaften zu setzen. Es ist mit der »Torfabrik« also wieder etwas Ruhe eingeleitet. Dennoch sind die Unterschiede nicht so groß, wie es sich anhört. Natürlich, das Spiel werde



durch die minimalen Veränderungen durchaus »ein kleines bisschen spektakulärer«, findet Tolan. Als sich jedoch die Torhüter über die vielen Flatterbälle beschwerten, die nun auf sie zukämen, »habe ich immer versucht, diese auch im Fernsehen zu sehen. Und es ist mir ehrlich gesagt nicht gelungen.« Womöglich habe da einer auch nur eine Ausrede gebraucht, wenn er einen 30-Meter-Schuss aus dem Netz holen musste.

Da der Ball beim Torwartabschlag so weit fliegt, lassen sich an ihm ein paar weitere physikalische Phänomene veranschaulichen. Schnell beantwortet ist die Frage, in welchem Winkel ein Ball am weitesten fliegt: bei 45 Grad. Denn so hat er die ideale Mischung zwischen Höhe und Weite: Wenn man einen Ball senkrecht in die Luft schießt (= 90 Grad), erreicht er die maximale Höhe. Pölt man einen Ball knapp über die Grasnarbe hinweg, hätte er kurz die höchstmögliche Geschwindigkeit, weil er, salopp gesagt, keine Energie verbraucht hat, um in die Höhe zu steigen. Die exakte Mitte zwischen diesen beiden Extremen ist meistens ideal.

Wenn man sich nun vorstellt, dass der Ball völlig ohne Effet durch die Luft fliegt, dann würde er die Luft, durch die er sich bewegt, an allen Seiten etwa im gleichen Ausmaß verdrängen. Sie würde an seiner Oberfläche entlangströmen und hinter ihm Wirbel bilden. Rein physikalisch bedeuten diese Wirbel nichts anderes als Bremskraft. Bei einem Ball mit Effet befindet sich die Bremse nun an einer anderen Stelle, sie wirkt seitlich.



Und da kommt Manni Kaltz ins Spiel. Er steht im rechten Halbfeld, legt sich den Ball zurecht, nimmt Anlauf. Dann schlägt er mit dem Innenrist des rechten Fußes eine Bananenflanke in den Strafraum. Der Ball dreht sich also, wenn man von oben draufsieht, gegen den Uhrzeigersinn. Auf seiner linken Seite dreht er sich mit der (Fahrt-)Windströmung, auf der rechten gegen sie. Dadurch wird die Luft an seiner linken Seite weiter herumgeführt als auf der rechten, löst sich also erst später ab. Somit entstehen die Wirbel an anderen Stellen als im oben genannten Beispiel – bildlich gesprochen jetzt nicht mehr auf sechs Uhr, sondern beispielsweise auf acht und auf zwei Uhr. Die Kraft, die auf den Ball wirkt, kommt nun von der Seite.

Diese Impulsänderung wird durch das zweite Newtonsche Axiom erklärt, sie geht auf die Bernoulli-Gleichung zurück: Diese besagt (für unseren Fall), dass sich eine Kraft in die Richtung entwickelt, an der die Luft leichter vorbeiströmt. Fälschlicherweise wird diese Kraft oft als der Magnus-Effekt bezeichnet, sie ist aber genau genommen nur die Vorstufe. Der Magnus-Effekt erklärt sich erst durch das dritte Newtonsche Axiom: die Reaktion auf diesen Kraftimpuls. Der Ball drückt, vereinfacht gesagt, mit der gleichen Kraft zurück, die auf ihn einwirkt. So ergibt sich eine schiefe Flugbahn, in unserer Szene in Flugrichtung nach links, weil dort die Luft leichter entlangströmen kann. So dreht und dreht er sich weiter, rotiert etwa zehnmal um sich selbst, bis er auf dem Kopf von Horst Hrubesch landet und einen anderen Weg einschlägt. Hrubesch erklärte das dann gerne so: »Manni Flanke, ich Kopf, Tor!«



Zusammengefasst: Die Bernoulli-Gleichung ist sehr gefragt im Fußball, sie wird deshalb oft erwähnt, doch für die Bananenflanke hat sie nur einen untergeordneten Effekt. Sie erklärt den Unterdruck, der bei einem rotierenden Ball auf seiner Außenseite entsteht, man könnte von einem Mini-Tiefdruckgebiet sprechen. Aber dieser Unterdruck ist entgegen landläufiger Meinung nicht der Grund für die Bananenform der Flanke.

Nun bekommt man eine Bananenflanke auch gut hin, wenn man im Physik-Unterricht nicht aufgepasst hat. »Einige Spieler trainieren das ein paarmal, dann haben die das drin«, sagt Tolan. Die physikalische Erklärung interessiert die meisten gar nicht. Aber: Was muss man genau üben?

Für eine richtig gute Bananenkrümmung sind zwei Faktoren entscheidend: wie schnell man den Ball schießt und wie schnell er rotiert. Es gilt, die ideale Mischung aus den beiden Faktoren zu finden, denn das Problem ist: Um ihn hart zu schießen, sollte man den Ball möglichst punktgenau in der Mitte treten. Damit er den nötigen Effekt mit auf den Weg bekommt, sollte man ihn aber möglichst an der Seite treffen. Man kann das leicht selbst ausprobieren: Wenn man die Kugel mit dem Innenrist komplett am Rand anschneidet und der Ball sich dann in die Luft hebt, kann man ihm zwar beim Rotieren zusehen, aber er würde seine Flugbahn kaum ändern – und es als Eckstoß wahrscheinlich nicht einmal bis in den Sechzehner schaffen. Das liegt daran, dass die Luft an der Innenseite des Balls wegen der fehlenden Geschwindigkeit immer noch zu leicht vorbeikommt und kein ausreichender



Unterdruck entsteht. Drischt man hingegen mit dem Vollspann auf den Ball ein, dann rotiert er nicht, er wird höchstens durch Luftströmungen abgelenkt.

Es gilt also, den richtigen Punkt zu finden. Natürlich empfiehlt es sich, das erst einmal mit einem ruhenden Ball zu tun. Und das ist auch genau das, was Spieler wie David Beckham perfektioniert haben, um einen direkten Freistoß um eine Mauer herumzuzirkeln. Physiker wie Tolan können diesen idealen Punkt für den Kontakt ausrechnen: Er befindet sich 70 Prozent von der Mitte entfernt. Bei einem Ball mit einem Umfang von 70 Zentimetern hat er einen Radius von gut 11 Zentimetern. Demnach sollte man ihn idealerweise auf der Höhe der Mittelachse 7,8 Zentimeter links oder rechts vom Mittelpunkt treten.

Wie schnell man das Ganze lernt, hat relativ wenig mit Mechanik und Aerodynamik zu tun, sondern mit Ballgefühl: Kick it like Beckham – immer noch leicht dahingesagt, selbst wenn man die Theorie dahinter verstanden hat. Noch schwieriger wird es ohnehin, eine ordentliche Bananenflanke zu schlagen, wenn Spieler und Ball in Bewegung sind. Um den richtigen Punkt zu treffen, bedarf es einer guten Koordinierung und schlichtweg viel Erfahrung.

Beim Fußball kommt der Magnus-Effekt vor allem auf der horizontalen Ebene zum Tragen, in seltenen Fällen kann er aber auch in der Senkrechten eintreten. Zum Beispiel dann, wenn ein Torwart einen Abschlag macht und dem Ball einen Unterschnitt mitgibt (das funktioniert auch bei einem Abschlag aus

