

CHRISTOPH LEISCHWITZ

# DIE WISSENSCHAFT DES FUSSBALLS

Von der Physik der  
Bananenflanke bis zur  
Biologie des Rasens

riva

© des Titels »Die Wissenschaft des Fußballs« (ISBN 978-3-7423-1341-6)  
2020 by riva-Verlag, Münchner Verlagsgruppe GmbH, München  
Nähere Informationen unter: <http://www.riva-verlag.de>

# EINWURF

Fußball ist nicht nur die schönste Nebensache der Welt, er kann auch Wissen vermitteln. Physiker zum Beispiel nutzen den Fußball gerne, um Schüler für Mechanik oder Thermodynamik zu begeistern. Das funktioniert sehr gut, wenn der Junior am Abend dem Trainer erklärt, wie die Bananenflanke zustande kommt, oder dass der Ball »Derbystar« aus Teijin-Mikrofasern besteht und mit bis zu 0,9 bar aufgepumpt ist.

Das bleibt nicht auf Naturwissenschaften beschränkt. Die Geschichte des Ballsports zeigt, dass der Ball, wie einst in China, pures Freizeitvergnügen sein kann, aber eben auch tödlicher Ernst wie in Mesoamerika, wo über 1500 alte Ballspielplätze wiederentdeckt wurden, die gleichzeitig als Opferaltäre fungierten. Ohnehin ist die Frage, ob es sich bei Fußball um eine Form der Religion handelt, sehr beliebt. Fest steht, dass er quasi-religiöse Züge hat und im Gegensatz zu den großen Kirchen im Lande immer noch einen Zulauf verzeichnet. Seit dem WM-Sieg 1990 in Rom hat der Deutsche Fußball-Bund 2,3 Millionen Mitglieder dazugewonnen, die Katholische und die Evangelische Kirche im selben Zeitraum zusammen fast 15 Millionen Anhänger verloren. Und wenn nicht gerade eine Pandemie herrscht, ist der Fußball omnipräsent, auf dem

© des Titels »Die Wissenschaft des Fußballs« (ISBN 978-3-7423-1341-6)  
2020 by riva-Verlag, Münchner Verlagsgruppe GmbH, München  
Nähere Informationen unter: <http://www.riva-verlag.de>



Dorfplatz wie im Fernseher, und spätestens seit dem Sommermärchen 2006 für alle Gesellschaftsklassen zugänglich.

Er ist außerdem zu einer Hightech-Angelegenheit geworden: Keine fünf Sekunden vergehen im Normalfall, bis das Bild aus dem Stadion unseren Wohnzimmer-Fernseher erreicht hat, Störungen gibt es heute kaum noch. Geliefert wird dabei Fußball aus Dutzenden Perspektiven, in *Super Slow-Motion* und an der Taktiktafel, angereichert mit zahllosen Statistiken, und gespielt wird auf einem 250 000 Euro teuren Rasen, der millimetergenau geschnitten ist und selbst zum Objekt für Deutsche Meisterschaften wurde.

Dieser Rasen steht heute unter der Beobachtung von Wärme- und Mikrowellenkameras; Lauf- und Passwege werden in gigabytegroßen Daten festgehalten und analysiert. Im Scouting-Bereich entscheiden diese Daten mit darüber, wie viele Millionen Euro ein Verein für ein junges Talent ausgibt.

Selbst wenn Spieler mittlerweile überwacht werden wie der Weltmeisterpokal, so gibt es sie trotzdem, die offenen Fragen – es ist noch längst nicht alles erforscht. Beispielsweise gibt es in Deutschland keine Studie zu der Frage, wie sich die Lautstärke im Stadion auf das Spielgeschehen auswirkt; es ist nicht einmal genau bekannt, wie viele Dezibel bei den Spielern ankommen. Dabei war in Corona-Zeiten gut erkennbar, dass der Lärm der Fans ja einen Effekt haben muss: In der Bundesliga ist bei den Geisterspielen die Zahl der Auswärtssiege in die Höhe geschneit. Vielleicht urteilen nur die Schiedsrichter objektiver, wenn es ruhiger ist. Und wie ist es eigentlich



um den Schiri bestellt? Wird seine Rolle an Einfluss verlieren, nachdem der Videobeweis viele Aufgaben übernimmt? Wie viel Gerechtigkeit ist im Fußball überhaupt möglich?

Der Einfluss des Fußballs wird zunehmend größer, auch wenn man diesen schleichenden Prozess nicht jeden Tag wahrnimmt. Linguisten können ihn jedoch bestätigen, indem sie zum Beispiel nachforschen, wie schnell sich der Ausdruck »Der Drops ist gelutscht« verbreitete, nachdem Felix Magath ihn gesagt hatte. Ganz zu schweigen von Formulierungen wie »Der Ball liegt jetzt in Ihrer Hälfte« und anderen Fußballassoziationen, die vor einem halben Jahrhundert in der Wirtschaftswelt undenkbar gewesen wären – weil sich niemand mit Fußballern identifizieren wollte.

Die medizinische Forschung hat davon profitiert, dass sie von Profifußballern so sehr benötigt wird. Heutzutage ist es möglich, sogar noch nach dem vierten Kreuzbandriss auf höchstem Niveau zu spielen, so wie der ehemalige Nationalspieler Jens Nowotny. Viele Ärzte haben seit den 1980er-Jahren viel Energie in die Optimierung von Operation und Heilung investiert, die auch Nichtsportlern mit dieser schweren Verletzung zugutekommt.

Immens ist der wirtschaftliche Einfluss. Ein Bundesligafußballer verdient im Schnitt mittlerweile 1,38 Millionen Euro pro Jahr und das ist nur das Fußballergehalt. In Sachen Markenkleidung, Mode und Lifestyle gehören die besten Kicker heutzutage zu den bedeutendsten gesellschaftlichen Influen-



cern. Selbst wenn einige von ihnen Steuern hinterziehen: Andere wiederum sind manchmal moralische Vorreiter.

Ebenso ist Fußball nicht mehr aus der Politik wegzudenken. Der DFB hat mittlerweile mehr als 7 Millionen Mitglieder; die CDU hat 407 000, die SPD 419 000 – da kann es sich kein Politiker leisten, die große Fußballbühne zu ignorieren, wenn sie sich anbietet. Zusätzlich wird Politik mehr und mehr über die Kurve ins Stadion getragen, vor allem die Ultras sehen im großen Event einen gesellschaftlichen Auftrag. In Deutschland ist die Fußballarena längst keine exklusive Angelegenheit für den Arbeiter mehr, der sich unterhalten lassen und mal die Sau rauslassen will; sie ist vielmehr zu einem originalgetreuen Abbild der Gesellschaft geworden. Und der Fußball verändert sich mit, er wird immer leistungsorientierter, wird an Laptops durchgeplant und dient der Gewinnmaximierung wie dem Massenbedürfnis Unterhaltung. Ein großer Spaß – auch wenn es manchmal ganz schön ernst zugehen kann.



# PHYSIK DER BANANENFLANKE

Es gibt zwei fußballhistorische Möglichkeiten, dieses Kapitel zu beginnen: mit Manfred Kaltz und mit Roberto Carlos. Bei Kaltz, dem Spieler des Hamburger SV zu seinen größten Zeiten in den 1970ern und 1980ern, hat man direkt schon eine Banane vor dem geistigen Auge, wenn man nur den Namen hört. Er hält quasi das Copyright an dieser Formulierung; Kaltz gilt in Deutschland als der Begründer der gekrümmten Flanke.

Die zweite Möglichkeit: Roberto Carlos. Denn er erzielte auf der Basis desselben zugrunde liegenden physikalischen Phänomens eines der spektakulärsten Tore der Fußballgeschichte. Im Fall des brasilianischen Nationalspielers war es allerdings so, dass sein Tor von 1997 gegen Frankreich, erzielt aus 35 Metern Entfernung, selbst die Physiker nicht sofort erklären konnten, sondern ein wenig hinterherforschen mussten, weil es nämlich noch einen zusätzlichen Effekt gab. Deshalb ist es wohl besser, man fängt mit Kaltz an. Auch wenn dessen Mitspieler Charly Dörfel, der auf der linken Seite spielte, einmal proklamierte, die Banane sei eigentlich in die andere Richtung gekrümmt, sprich: von ihm erfunden.

© des Titels »Die Wissenschaft des Fußballs« (ISBN 978-3-7423-1341-6)  
2020 by riva-Verlag, Münchner Verlagsgruppe GmbH, München  
Nähere Informationen unter: <http://www.riva-verlag.de>



Zunächst muss erst einmal erklärt werden, was die Luft mit einem Fußball grundsätzlich anstellt. Bei Pässen über den Boden kann der Einfluss der Luft meistens vernachlässigt werden, Gleiches gilt für schwach getretene, hohe Bälle. Die Reibung mit der Luft verlangsamt einfach nur den Ball, der dann wieder zu Boden fällt, das ist alles.

Ab etwa 40 km/h wird es interessant. Ein hoch geschossener Ball erzeugt nämlich fast immer eine kleine Turbulenz direkt hinter sich. Sogenannte laminare Strömungen, dass die Luft einfach am Ball vorbeizieht, gibt es im Fußball so gut wie nie. Die kleinen Turbulenzen entstehen, wenn sich die Luft vom Ball ablöst. Sie tut das an einer bestimmten Stelle, da sie von sich aus keine Kurve machen kann. Man nennt die Luft ein viskoses Medium, was so viel bedeutet wie: zähflüssig.

Diese Turbulenzen besitzen kinetische Energie, und weil sie hinter dem Ball herumwirbeln, wirken sie sich negativ auf die Vorwärtsbewegung des Balls aus, so bremsen sie ihn also ein wenig. Um die dabei wirkende Kraft zu errechnen, gilt folgende Formel: Der halbe Wert des Luftwiderstandsbeiwerts mal der Dichte der Luft (etwa 1,3 kg pro Kubikmeter) mal der Querschnittsfläche des Balls mal der Geschwindigkeit des Balls zum Quadrat. Das bedeutet unter anderem: Je fester man schießt, umso größer wird auch die Bremskraft, die wenig später am Ball zieht.

Der Luftwiderstandsbeiwert beschreibt die Stromlinienförmigkeit eines Objekts, er liegt bei einer Kugel zwischen  $c_w$  0,3 und 0,5. Die Tatsache, dass in der Bundesliga oder bei großen



Turnieren immer wieder unterschiedliche Bälle präsentiert werden, ist der Tatsache geschuldet, dass hier im wahrsten Sinne des Wortes die einzige Angriffsfläche vorliegt, um das Ergebnis aus der obigen Formel zu verändern: um das Wesen des Spiels zwischendurch in Nuancen zu modifizieren, und zwar in Form geänderter Flugeigenschaften.

Werden neue Bälle entwickelt, wird meist ein großes Geheimnis um sie gemacht. Sie sind im Labor getestet, dann mal von »Nasa-Wissenschaftlern« geprüft, jede neue Generation umgibt eine Hightech-Aura. »Die ganz große Wissenschaft steckt aber nicht dahinter«, sagt Metin Tolan, Physiker und Fußballfan, der sich schon lange mit den Flugeigenschaften des Balls beschäftigt. Die immer neue Spielerei schreibt er auch ein wenig der Tatsache zu, dass ein anderer Zufallsfaktor, der das Spiel bestimmt, in Bundesligastadien meist wegfällt: der Wind. In die komplett überdachten Arenen verirrt sich nämlich selten eine Böe, die wirklich sichtbar eine Flugkurve verändern würde.

So war der »Teamgeist«, der WM-Ball 2006, ein relativ glatter Ball, ebenso der »Jabulani« von 2010 und auch der »Brazuca« von 2014, bei ihm begannen die Turbulenzen schon bei rund 50 km/h. Das Problem ist nämlich: Ein glatter Ball erzeugt unter Umständen sehr viel mehr Luftwiderstände als ein rau-er, unebener. Das Besondere an dieser Ballgeneration war, dass die Bälle verschweißt waren und keine Nähte mehr hatten, also auch nicht mehr aus den berühmten 32 Einzelteilen bestanden. Besonders aufgeregt haben sich viele Profis über den Ball namens »Torfabrik«. »Er schlägt Haken, als säße ein





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 eingekehrt. 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



der Hand, wenn man sich ein wenig seitlich zum Ball stellt und ihn volley unterhalb der Mitte trifft), der Effet gibt dem Ball dann einen kleinen Auftrieb. Bei einem Schuss über 30 Meter macht er ungefähr einen zusätzlichen Meter aus.

Ein wichtiger Faktor für die Fluglänge des Balls ist natürlich noch der Wind, der im Stadion herrscht. Wilhelm hat dafür folgende Modellierung vorgenommen: Ein Torwart schlägt einen Ball mit 110 km/h in einem Winkel von 45 Grad ab. In der oben erwähnten Formel muss nun die Geschwindigkeit durch die relative Geschwindigkeit ersetzt werden, das heißt, dass die Windgeschwindigkeit, je nach Richtung, zu der des Balls addiert oder subtrahiert wird. Dabei muss davon ausgegangen werden, dass der Wind immer konstant bläst, was in der Praxis nie der Fall ist, doch die Unterschiede sind frappierend: Bei einem Gegenwind von 24 km/h flog der Ball im Modellversuch nur 41 Meter weit, bei Windstille immerhin 54 Meter, bei 24 km/h Rückenwind kam er auf 67 Meter. Bei starkem Wind um 70 km/h landete der Ball im gegnerischen Strafraum. Solch ein Wind kann sich dann übrigens sehr wohl auch auf einen Flachpass auswirken.

Was nun Roberto Carlos mit seinem legendären Freistoß im Länderspiel Frankreich gegen Brasilien gelang, sah auf den ersten Blick etwas danach aus, als sei der Ball nach ungefähr 25 zurückgelegten Metern plötzlich von der Seite von einer Böe erfasst worden. Doch solch einen Trick hat er gar nicht nötig, das kriegt er allein hin. Am 3. Juni 1997 legt Roberto Carlos sich in der 22. Minute im Stade de Gerland den Ball so aufreizend lange zurecht, dass man schon ahnen konnte:



Da passiert gleich etwas Besonderes. Frankreichs Torwart Fabien Barthez fängt an zu schreien, er fordert einen zusätzlichen Mann in der Mauer. Der glatzköpfige Außenverteidiger hat viele sehenswerte Fernschusstreffer erzielt, die meisten davon aber mit brachialer Gewalt. Eine Weile hielt er sogar den Weltrekord für den härtesten gemessenen Schuss, mit 202 km/h. Diesmal war das ein bisschen anders.

Roberto Carlos nimmt einen sehr weiten Anlauf, er geht zurück, bis er auf der Linie des Anstoßkreises steht. Dann ein paar Trippelschritte, neun ganz lange Anlaufschritte, der linke Fuß trifft die Kugel, wumms! Der Ball schießt so weit rechts an der Mauer vorbei, dass wohl niemand eine Torgefahr kommen sieht. Hinter der Torlinie, aber etwa 5 Meter neben dem Tor, duckt sich ein Balljunge oder ein Fotograf nieder. Doch plötzlich macht der Ball eine so starke Linkskurve, dass er an den Innenpfosten klatscht und von dort ins Tor fällt. Fabien Barthez kann nur ungläubig zusehen, er steht wie angewurzelt da. Das Spiel endete übrigens 1:1.

Später erklärte Robert Carlos einmal, was er bei seinen Weitschüssen macht: »Ich lege den Ball so hin, dass das Ventil zu mir zeigt. Das Ventil ist der schwerste Teil des Balls. Dann nehme ich 6 bis 8 Meter Anlauf und versuche, den Ball in der Mitte zu treffen. Wenn ich dann noch mit drei Zehen und dem Außenrist treffe, bekommt der Ball den gefährlichen Drall und landet im Tor.« Das ist natürlich eine recht unphysikalische Erklärung.



Bei diesem Schuss gegen Frankreichs Nationalmannschaft passierte Folgendes: Wenn sich der Ball wegen des Luftwiderstands in der Luft stark verlangsamt, bekommt der Effet des Balls mit einem Mal eine stärkere Wirkung. Das tat der Ball in diesem Fall, weil er mit enormer Geschwindigkeit geschossen wurde und besonders lange unterwegs war. Wenn er durch den Luftwiderstand auf die Geschwindigkeit reduziert wird, bei der es wieder zur Bildung von Wirbelschleppen kommt, tritt der Magnus-Effekt plötzlich verstärkt ein. Den starken Effet hatte die enorme Geschwindigkeit des Schusses zunächst kaschiert. Deshalb liegt der Grund dafür, dass man solche Schüsse so selten sieht, tatsächlich auch in Roberto Carlos' Schusskraft begründet: Für solch eine Flugbahn schießen die allermeisten schlicht zu schwach.

Roberto Carlos und Mani Kaltz waren höchst unterschiedliche Fußballer, aber sie hatten etwas gemeinsam: Sie machten aus der Kurve einen neuen Standard. Denn dadurch, dass sie dem Ball eine andere Richtung gaben, bereicherten sie das Spiel um eine neue Komponente. Sie machten den Fußball weniger geradlinig, spannender, unberechenbarer (auch wenn die Flugkurve an sich berechenbar ist). Sie schenken damit dem Fußballspiel eine zusätzliche Zufallskomponente, während das Hightech in den Bällen oder die oben erwähnte Windarmut in großen Arenen andere Zufallskomponenten ausschaltete. Wer diese Besonderheiten für sich nutzen kann, gibt dem Spiel einen zusätzlichen Zauber. Aber natürlich ist es auch so, dass jeder Zaubertrick ganz rational zu erklären ist.





# DER GRÜNE TEPPICH

(Biologie)

© des Titels »Die Wissenschaft des Fußballs« (ISBN 978-3-7423-1341-6)  
2020 by riva-Verlag, Münchner Verlagsgruppe GmbH, München  
Nähere Informationen unter: <http://www.riva-verlag.de>

20. Mai 2017, 17.17 Uhr, es geht fast so toll zu wie am 11.11. um 11.11 Uhr in Köln-Müngersdorf: Der FC führt 2:0 gegen den FSV Mainz, die Nachspielzeit bricht gerade an, Hunderte Fans sind schon über die Zäune geklettert, nur das Sicherheitspersonal mit orangefarbenen Westen trennt sie noch vom Spielfeld. Als dann der Schlusspfiff ertönt, ist Sekunden später der Platz geflutet. Der 1. FC Köln wird sensationell Tabellenfünfter – und ist somit zum ersten Mal seit 25 Jahren für den Europapokal qualifiziert. Ein Traum wird wahr. Und damit der Albtraum für die Greenkeeper.

Es ist ja nicht so, dass die Fußballer nicht ohnehin schon genug Schaden anrichteten: durch Blutgrätschen, bei denen sie Riesenbrocken aus dem Rasen herausreißen. Meist hat der Grätscher noch nicht einmal den Anstand oder die Zeit, das Stück zurückzulegen und wieder festzutreten. Manchmal sind es einfach nur vermeidbare Albernheiten. Dann etwa, wenn ein Angreifer, nehmen wir Lukas Podolski, um in Köln zu bleiben, ein wichtiges Tor erzielt, seinen Emotionen freien Lauf lässt und auf Knien Richtung Eckfahne rutscht: So zieht er mit seinen Schuhen fiese Schleifspuren ins Grün. Was ein

