

HEYNE <

Aeneas Rooch

RUBBEL
DIE
KATZ



oder wie man
Wasser biegt



Die wunderbare
Welt der
Alltagsphysik



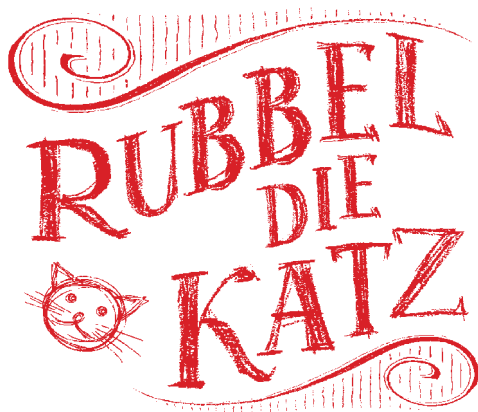
HEYNE <

Über den Autor

Aeneas Rooch, geboren 1983, hat Mathematik und Physik studiert. Er arbeitet in der Softwarebranche und ist als freier Wissenschaftsjournalist tätig. Er spielt gerne Klavier und Badminton (aber selten gleichzeitig).

www.rooch.de

Aeneas Rooch



oder wie man Wasser biegt

Die wunderbare Welt
der Alltagsphysik

Mit Illustrationen von
Katharina Bitzl

WILHELM HEYNE VERLAG
MÜNCHEN

Die in diesem Buch aufgeführten Experimente wurden sorgfältig ausgearbeitet. Ihre Durchführung kann jedoch auch bei ordnungsgemäßer

Vorbereitung und Handhabung mit Gefahren verbunden sein. Jede Durchführung der in diesem Buch aufgeführten Experimente erfolgt auf eigene Gefahr. Verlag und Autor übernehmen keine Haftung für Schäden, die bei der Durchführung der hier beschriebenen Experimente entstehen.

Die Verlagsgruppe Random House weist ausdrücklich darauf hin, dass im Text enthaltene externe Links vom Verlag nur bis zum Zeitpunkt der Buchveröffentlichung eingesehen werden konnten. Auf spätere Veränderungen hat der Verlag keinerlei Einfluss. Eine Haftung des Verlags für externe Links ist stets ausgeschlossen.



Verlagsgruppe Random House FSC® N001967

Originalausgabe 03/2017

Copyright © 2017 by Wilhelm Heyne Verlag, München,
in der Verlagsgruppe Random House GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

Redaktion: Ute Daenschel

Fachlektorat: Prof. Dr. Andreas Wieck

Umschlaggestaltung: Nele Schütz Design

Satz: Schaber Datentechnik, Austria

Druck und Bindung: Těšinská tiskárna, Český Těšín

Printed in the Czech Republic

ISBN: 978-3-453-60411-7

www.heyne.de

Für Lena und Ida

Inhalt

Vorwort	11
Die brutal beschleunigte Weinflasche <i>Wie öffnet man eine Flasche Wein ohne Korkenzieher?</i>	13
Der Blitz im Briefumschlag <i>Wie kann man mit einem Briefumschlag Funken sprühen lassen?</i>	19
Kühles, dampfendes Bier <i>Woher kommt der Nebel beim Öffnen einer Bierflasche?</i>	25
Rubbel die Katz <i>Wie kann man Wasser biegen?</i>	32
Salziges Plastik am Babypopo <i>Warum bleiben Windeln trocken?</i>	39
Edle Ballons im Sektglas <i>Wieso perlt Sekt im Glas?</i>	47
Tanzende Sterne, stoischer Mond <i>Weshalb funkeln die Sterne, aber nicht der Mond?</i>	53
Geheime Wärme im Eis <i>Warum kühlen Eiswürfel so gut?</i>	59

Filzstifte mit Disco-Effekt	66
<i>Wie leuchtet ein Textmarker?</i>	
Wasser steht Kopf	73
<i>Wie kann man Wasser schweben lassen?</i>	
Luft zerlegt Licht	81
<i>Warum ist der Himmel blau?</i>	
Hose ohne Wiederkehr	89
<i>Wieso ist nasse Kleidung dunkler?</i>	
Der Gesang des Cappuccinos	94
<i>Wie kann man mit einem Cappuccino eine Tonleiter spielen?</i>	
Der leuchtende Fingerabdruck des Gases	101
<i>Was leuchtet in einer Neonröhre?</i>	
Machtkampf in der Flasche	109
<i>Wie entstehen die Töne beim Blasen über eine Flasche?</i>	
Nebel im Milchglas	115
<i>Warum tauchen Dinge im Nebel so plötzlich auf?</i>	
Doppelt so warm ist halb so kalt?	123
<i>Wieso sind 40 Grad nicht doppelt so warm wie 20 Grad?</i>	
Ausbruchshelfer für tiefe Töne	132
<i>Wieso haben viele Blasinstrumente einen Trichter?</i>	
Kristalle in der Jackentasche	139
<i>Woher nimmt ein Taschenwärmer seine Wärme?</i>	
Gas lässt die Korken knallen	147
<i>Was knallt beim Öffnen einer Sektflasche?</i>	

Partnervermittlung im Kochtopf	154
<i>Wie kann man zwei Tassen Zucker in einer Tasse Wasser auflösen?</i>	
Gestreichelte Gläser (glingen wie Glocken)	160
<i>Wie singen Weingläser?</i>	
Ball mit Drall	168
<i>Was ist das Geheimnis der Bananenflanke?</i>	
Eierproblem am Mount Everest	175
<i>Wieso können Bergsteiger keine Eier kochen?</i>	
Bunt wie Schnee	185
<i>Warum ist Schnee weiß?</i>	
Der ungestüme Elan des Champagners	191
<i>Weshalb spritzt Champagner aus der Flasche?</i>	
Es saugt der Wind	201
<i>Wie deckt ein Sturm Dächer ab?</i>	
Wurst/Finger	209
<i>Warum kann man ein Smartphone mit einer Wurst bedienen?</i>	
Waben im Wasser	216
<i>Wieso schwimmen Eiswürfel?</i>	
Danksagung	224

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Physik ist wunderbar. Leider wissen das nur wenige. Alles im Universum scheint Regeln zu folgen, und wir können diese Regeln entdecken und verstehen lernen, indem wir beobachten, was um uns herum passiert. Das ist Physik.

Allerdings ist Physik nicht immer so poetisch, wie ich das eben beschrieben habe, sondern auch ziemlich kompliziert, außerdem hat sie mit Mathematik zu tun – beides Eigenschaften, die nur wenige als Spaßfaktor bezeichnen würden. Physik hat es also schwer.

Dabei ist Physik äußerst partytauglich. Denn die Gesetze, nach denen unsere Welt funktioniert, zeigen sich auf spannende und spektakuläre Weise auch an Gegenständen, die Sie oder Ihre Gastgeber wahrscheinlich im Haus haben – etwa an Bierflaschen, Weingläsern, Eiswürfeln, Textmarkern und Fußbällen. Mit diesen alltäglichen Dingen kann man großartige Experimente anstellen und eine Menge über die Regeln unseres Universums lernen.

Bei meiner Arbeit für das Radio habe ich mich mit dieser Art von spannender und unterhaltsamer Physik beschäftigt. In einer Reihe von Beiträgen habe ich zum Beispiel eben physikalische Phänomene vorgestellt, die uns im Alltag begegnen. Ich wollte zeigen, dass Physik Spaß macht. Diese Serie, die im

Bayerischen Rundfunk und Westdeutschen Rundfunk ausgestrahlt wurde, hat wiederum mir so viel Spaß gemacht, dass ich ein ganzes Buch darüber geschrieben habe. Es liegt nun vor Ihnen (dieses hier!) und wartet darauf, von Ihnen gelesen zu werden. Sie finden darin viele alltagstaugliche Versuche, die Sie zu Hause nachmachen können, Erklärungen der Phänomene, die Sie beobachten werden, Informationen über Dinge, die Sie sonst noch werden wissen wollen, und das eine oder andere, von dem Sie jetzt noch gar nicht ahnen, dass Sie es interessieren wird. Ich hoffe, mein Buch kann Sie dafür begeistern, wie unsere Welt funktioniert.

Bochum, im Sommer 2016
Aeneas Rooch

Die brutal beschleunigte Weinflasche

*Wie öffnet man eine Flasche Wein
ohne Korkenzieher?*

Physik hilft nicht nur, das Universum zu verstehen, sondern auch wenn Sie eine Flasche Wein öffnen wollen, aber keinen Korkenzieher dabei haben. Sie brauchen nur etwas Mut und ein bisschen Gewalt, den Rest erledigt ein physikalischer Effekt, der ansonsten Schiffsschrauben zerstört. Er ruft winzige Stoßwellen hervor, die sogar Stahl zerfressen können und Ihnen beim Öffnen der Weinflasche helfen.

Das Experiment: Sie benötigen eine Flasche Wein und einen Schuh. Erfolgreich getestet habe ich es mit einem 2011er E. Guigal Côtes du Rhône, aber eigentlich ist nur wichtig, dass die Flasche einen Korken hat. Stellen Sie die Flasche aufrecht in den Schuh, das heißt mit dem Flaschenboden gerade auf das Fußbett, und halten Sie beide so, dass die Flasche fest im Schuh sitzt. Weinliebhaber müssen jetzt tapfer sein: Schlagen Sie den Schuh mit der Flasche darin mehrfach kräftig mit dem Absatz gegen eine Wand.

Was Sie sehen: Bei jedem Stoß schwappt der Wein in einem klassischen Rubinrot hin und her. Mit würzigen Noten von Blaubeeren, Kirschen und Pfeffer wird er gegen den Flaschenboden und den Korken geschleudert. Nach und nach steigt der Korken auf, sodass Sie ihn mit einer Zange oder den Zähnen zu fassen kriegen und aus der Flasche ziehen können. Alternativ können Sie

mit dem Schuh weiter gegen die Wand schlagen, bis der Korken ganz herauskommt und der Wein mit einem kräftigen, mineralischen Auftritt auf den Boden schwappt. Inzwischen in Ansätzen moussiert, zeigt er hier sein einnehmendes Bouquet an roten Früchten, Blumen, Kräutern und erdigen Noten. Auf dem Boden opulent, schöne Balance zwischen Erlebnis und Schweinerei.

Was hier vor sich geht: Das, was den Korken aus der Flasche schiebt, ist der *Impuls* des Weins, die Wucht, mit der er unterwegs ist. Wenn man es wissenschaftlich genau nimmt, ist der Impuls eines Gegenstands das Produkt aus seiner *Masse* und seiner *Geschwindigkeit*. Das bedeutet: Je schwerer und je schneller ein Gegenstand ist, desto mehr Impuls, desto mehr Wucht hat er. Das Phänomen kennen Sie aus Ihrem Alltag: Wenn Sie mit jemandem zusammenstoßen, müssen Sie nicht besonders schnell unterwegs gewesen sein, es reicht, wenn einer von Ihnen beiden dick ist, dann spüren Sie einen großen Impuls, das heißt einen heftigen Aufprall. Beim Federball ist es umgekehrt, der Ball wiegt wenig, aber wenn Sie ihn ins Gesicht kriegen, tut es trotzdem weh, weil er schnell ist und deshalb einen hohen Impuls besitzt. Den Zusammenhang nutzen Sie bei der Weinflasche: Das Gewicht des Weins können Sie nicht ändern, aber Sie können den Wein auf eine hohe Geschwindigkeit bringen und so seinen Impuls erhöhen.

Warum man das überhaupt machen sollte beziehungsweise wie man auf die Idee kommt, die Weinflasche vor die Wand zu schlagen, liegt auf der Hand, wenn Sie das Problem durchdenken: Sie wollen die Flasche öffnen, können den Korken mangels Korkenzieher jedoch nicht herausziehen. Da die Pfadfinder-Lösung, den Korken in die Flasche hineinzudrücken, für Sie als Weinliebhaber nicht in Betracht kommt, bleibt nur noch die Möglichkeit, den Korken von innen nach außen zu drücken. Der Einzige, der das kann, ist der Wein selbst, denn er ist als Einziger in der Flasche.



Das Ziel ist also, den Wein so zu beschleunigen, dass er den Korken von innen herausschiebt, und das erreichen Sie, indem Sie den Boden der Weinflasche gegen die Wand schlagen. Dadurch gerät der Wein in Bewegung und brandet gegen den Flaschenboden, wo er allerdings nicht weiterkommt und wie ein Ball, der gegen eine Wand geworfen wird und zurückprallt, umdrehen muss. Der Fachmann nennt das *Impulsumkehr*. Der Wein schwappt also zurück in die entgegengesetzte Richtung und klatscht gegen den Korken, der allerdings nicht so unnachgiebig ist wie der Flaschenboden und sich etwas bewegt: Der Wein schiebt ihn mit seiner Wucht Stück für Stück aus der Flasche heraus, man spricht von einem *Impulsübertrag* oder, etwas anschaulicher, von einem *Kraftstoß*. Das klappt deshalb so gut, weil sich Wein kaum zusammendrücken lässt; man sagt, er ist so gut wie *inkompressibel*. Das ist eine typische Eigenschaft von Flüssigkeiten: Im Gegensatz zu Gasen lassen sie sich von hohem Druck praktisch nicht auf weniger Platz zusammenstauchen. Deshalb gibt der Wein beim Aufprall nicht nach, und beim Umdrehen entsteht am Korken ein enormer Druck.

Der Schuh dient nur als Aufprallschutz: Er federt die brutalen Stöße etwas ab und sorgt dafür, dass die Flasche nicht zerbricht, wenn Sie sie gegen die Wand schlagen und den Wein dazu zwingen, am Flaschenboden schlagartig kehrzumachen und seinen Schwung mit zurück in Richtung Korken zu nehmen. Sie sollten also besser keine Filzpantoffeln oder Stöckelschuhe wählen, sondern einen Schuh mit fester Sohle und Absatz. Sie brauchen außerdem ein bisschen Übung, um herauszufinden, wie stark Sie die Flasche mit dem Schuh gegen die Wand schlagen können, ohne das Glas zu zerbrechen. Fangen Sie also lieber vorsichtig an!

Bei der rabiaten Flaschenöffnung kommt noch ein Effekt hinzu, der filigraner, aber nicht weniger brutal ist: *Kavitation*. Bei den Schlägen gegen die Wand wird der Wein punktuell stark beschleunigt – das ist ja gerade Sinn der Sache –, doch das ruft

einen berühmten Effekt aus der Strömungsmechanik auf den Plan, das *bernoullische Gesetz*: Wenn eine Flüssigkeit schnell strömt, sinkt ihr Druck. Das passiert im Wein, wenn auch nur für einen kurzen Moment, aber es hat fatale Auswirkungen: Der Druck sinkt, und der Wein beginnt zu verdampfen. Das ist normal. Anschaulich kann man sich vorstellen, dass es Teilchen bei geringem Druck leichterfällt, den engen Verbund einer Flüssigkeit zu verlassen und sich als Gas davonzumachen, als bei hohem Druck, der mit seinem eisernen Griff alles zusammenhält. Im Wein bilden sich durch die brutale Beschleunigung und den dadurch hervorgerufenen Druckabfall winzige Dampfbläschen – denn gasförmiger Wein braucht mehr Platz als flüssiger –, doch sie zerfallen sofort wieder, da die hohe Geschwindigkeit und der geringe Druck in der Flasche nur hier und da und bloß für einen kurzen Moment auftreten. Schlagartig stürzen die kleinen Hohlräume also wieder in sich zusammen, und das verursacht winzige Stoßwellen im Wein, die ebenfalls mit-helfen, den Korken aus der Flasche zu drücken.

Geringer Druck lässt den Wein verdampfen?

Genau. Das gilt nicht nur für Wein, sondern ganz allgemein. Wann eine Flüssigkeit *verdampft* (und auch andersherum: wann ein Gas *kondensiert*, das heißt: sich als Flüssigkeit niederschlägt), hängt nicht nur von der *Temperatur*, sondern auch vom *Druck* ab. Bei hohem Druck werden Gasteilchen gewissermaßen zusammengeschoben und schließen sich eher zu einer Flüssigkeit zusammen als bei niedrigem Druck. Und bei niedrigem Druck ist es für die Teilchen in einer Flüssigkeit einfacher, die Anziehungskräfte im Flüssigkeitsverbund zu überwinden und wegzufliegen.

Was mache ich, wenn ich keinen Schuh dabei-habe? Ich kann mir nicht viele Umstände vorstellen, in denen Sie keinen Schuh haben, aber unbedingt eine Flasche Wein

trinken wollen. Doch die Physik hilft Ihnen auch in dieser misslichen Lage. Die Schuh-Methode ist effizient, hat aber, physikalisch betrachtet, mit dem Schuh nichts zu tun; es geht ausschließlich darum, den Wein in Richtung Korken zu beschleunigen, und das können Sie auch ohne Schuh, zum Beispiel indem Sie die Flasche mit kleinen, vorsichtigen Stößen gegen einen Baum schlagen. Sie brauchen hier nur etwas mehr Geduld als bei der brutalen Schuh-Methode.

Wo findet man das noch? Was Ihnen beim Öffnen einer Weinflasche zupasskommt, ärgert Ingenieure: Kavitation tritt immer dort auf, wo sich Flüssigkeiten schnell bewegen, zum Beispiel an Propellern und in Pumpen, und meistens ist sie nicht erwünscht, weil die Stoßwellen die Propeller und Pumpen stören oder sogar beschädigen können. Man kann die Stoßwellen aber auch gezielt nutzen, etwa um Nierensteine zu zerstören oder um Chemikalien zu zerkleinern und gut durchzumischen. Kavitation ist ein komplizierter Vorgang: Sie lässt eine Flüssigkeit den *Aggregatzustand* wechseln und zieht alle Register im komplexen Zusammenspiel von Druck, Temperatur, Verdampfen und Kondensieren. Im Alltag begegnet sie uns selten – außer es fehlt ein Korkenzieher. Dann leistet sie gute Dienste und sorgt nebenbei für einen enormen Imagegewinn: Männer brauchen sich nicht mit einer Machete zu rasieren, um eine Frau mit archaischer Männlichkeit zu beeindrucken! Eine Flasche Wein mit dem physikalisch-brutalen Stoßwellen-Trick zu öffnen ist ebenso eindrucksvoll, wenn nicht sogar mehr.

Der Blitz im Briefumschlag

*Wie kann man mit einem Briefumschlag
Funken sprühen lassen?*

Spektakuläre Naturereignisse können Sie nicht nur unter freiem Himmel bewundern, sondern auch im Büro: Ein selbstklebender Briefumschlag zum Beispiel kann einen Blitz erzeugen.

Das Experiment: Nehmen Sie einen frischen selbstklebenden Briefumschlag zur Hand und verschließen Sie ihn; drücken Sie die Klebelaschen fest aneinander. Schlitzen Sie die Oberkante des Umschlags mit einem Brieföffner auf und verdunkeln Sie den Raum. Ziehen Sie nun die Klebelasche vom Umschlag ab.

Wahrscheinlich müssen Sie ein bisschen herumprobieren, welches Abreißtempo sich eignet, aus der Ferne kann ich Ihnen nur den Hinweis geben, dass Sie die Lasche langsam abreißen müssen, aber nicht zu langsam. Probieren Sie also aus, bei welchem Tempo sich der Effekt gut zeigt. Nach einigen Versuchen sollten Sie allerdings einen neuen Umschlag nehmen, denn frische Zutaten sind nicht nur beim Kochen wichtig: Wenn Sie einen Umschlag verwenden, der schon eine Weile herumliegt oder einige Male geöffnet wurde, ist die Klebeschicht womöglich schon zu trocken oder abgenutzt, um Blitze zu erzeugen.

Was Sie sehen: Zwischen den beiden Klebestreifen sprühen für einen kurzen Moment bläuliche Funken. Es liegt in der wenig imposanten Natur des Briefumschlags, dass der Effekt, verglichen

mit einem Blitz am Himmel, eher beschaulich ist, aber das, was Sie da sehen, ist ein echter Blitz, eine echte *elektrische Entladung*. Und auch wenn er in dieser Größe vielleicht kein spektakuläres Naturereignis ist, ist der Briefumschlagblitz auf jeden Fall ein spektakuläres Büroereignis. (Aber lassen Sie sich nicht von Ihrem Chef dabei erwischen, wie Sie mit Büromaterial experimentieren! Die Faszination packt nicht jeden auf Anhieb.)

Was hier vor sich geht: Der Blitz im Briefumschlag entsteht durch das Zusammenspiel zweier physikalischer Vorgänge. Zum einen laden Sie die Klebelaschen des Briefumschlags beim Öffnen elektrisch auf: *Elektronen*, elektrisch geladene Teilchen, gehen von der einen Lasche auf die andere Lasche über.

Dieses Phänomen nennt man *Reibungselektrizität*. Hochtraubend kann man auch *triboelektrischer Effekt* sagen (vom altgriechischen τριβή/tribé, Reibung), was exakt dasselbe bedeutet, aber ungemein mehr Eindruck macht. Er/sie/es (der Effekt, die Reibungselektrizität, das Phänomen) zeigt sich, wenn man Stoffe aneinander reibt, weil sie dadurch in engen Kontakt kommen, besonders gut Ladungen austauschen und sich so *elektrostatisch* aufladen können. Schon in der Antike haben Menschen beobachtet, dass ein Stück Bernstein wie von Geisterhand kleine Schnipsel anzieht, wenn es mit Wolle oder Fell abgerieben wird. Diese Erkenntnis wird dem griechischen Philosophen, Mathematiker und Astronomen Thales von Milet (um 600 v. Chr.) zugeschrieben. Die Hintergründe, warum Thales Bernstein poliert hat, sind mir nicht bekannt, allerdings ist auch einem Naturphilosophen angeraten, hin und wieder mal seinen Schmuck zu putzen, nicht nur aus optischen Gründen, sondern auch, weil man eben nie wissen kann, ob man dabei nicht etwas Bedeutendes herausfindet. Thales' Bernsteinpolitur wird heute gemeinhin als die Entdeckung der elektrostatischen Aufladung gesehen: Das altgriechische Wort für Bernstein lautet ἤλεκτρον/élektron und ist Namensgeber für unseren modernen Begriff der *Elek-*



trizität sowie – das ist nun nicht wirklich überraschend – für das Elementarteilchen Elektron.

Beim Öffnen des Umschlags ist Reibungselektrizität entstanden, genau wie beim Reiben von Bernstein und Wolle: Ladungen sind von der einen auf die andere Lasche übergegangen. Doch da sich die Laschen nach dem Öffnen nicht mehr berühren, können die Ladungen nicht mehr ohne Weiteres zurück, um sich *auszugleichen*. Diese Situation – getrennte Ladungen, die sich ausgleichen wollen, aber nicht können – nennt man *elektrische Spannung*. Um diese Spannung aufzulösen und einander wieder auszugleichen, wagen die Elektronen einen Base-Jump: Sie springen von der einen Lasche wieder auf die andere zurück, und zwar, gewissermaßen notgedrungen, durch die Luft.

An dieser Stelle kommt der zweite Effekt ins Spiel: Die Elektronen stoßen bei ihrem Sprung hin und wieder mit einem arglosen Luftteilchen zusammen, und bei diesem Zusammenprall kann das Luftteilchen seinerseits ein Elektron verlieren. Ein anderes herumfliegendes Elektron kann diesen frei gewordenen Platz einnehmen, und wenn es das tut, leuchtet es. Denn beim Herumfliegen hat das Elektron mehr Energie, als wenn es festsitzt, und diese Herumfliegeenergie, die es nach dem Andocken an das Luftteilchen nicht mehr braucht, muss es loswerden: Es sendet quasi als Ersatz *Licht* aus. Ihr Briefumschlag sprüht also Funken, weil Elektronen zwischen den Klebelaschen leuchten.

Die Klebe ist übrigens wichtig. Wenn Sie ein Blatt Papier von einem Stapel nehmen, blitzt nichts, selbst wenn Sie es ganz schnell wegziehen. Denn unter dem Mikroskop betrachtet, berühren sich die Blätter mit ihrer rauen, zerklüfteten Oberfläche nur an wenigen Stellen. Der Kleber ändert das: Er fließt in die Spalten und versucht, die ganze Oberfläche zu benetzen. Durch den Kleber können sich die Laschen des Umschlags also viel enger aneinanderschmiegen und sich gegenseitig aufladen.