

Mit einem Purzelbaum auf die Welt kommen

Wenn sich Maiskörner bei hohen Temperaturen auf einen Schlag in Popcorn verwandeln, kann nur noch eine High-Speed-Kamera das Geschehen erfassen.

VON H. JOACHIM SCHLICHTING

Wer sich im Kino an den Geräuschen stört, die von seinen Popcorn essenden Sitznachbarn zu ihm dringen, für den gibt es einen schwachen Trost: Bei der Produktion der luftigen und leichten Gebilde geht es noch viel lauter zu. Denn die steinharten Maiskörner, an denen man sich sonst leicht die Zähne ausbeissen würde, geben sich erst bei hohen Temperaturen geschlagen. Dann aber blähen sie sich, begleitet von einem satten Knall, urplötzlich zu einem zerfurchten pilzartigen Gebilde auf.

Bei Popcorn, Puffmais oder Perlmais – drei Begriffe für dieselbe Sache – handelt es sich um eine spezielle Maisorte, nämlich *Zea mays convar. microsperma*, deren Körner die Urbevölkerung Amerikas schon vor Jahrtausenden in gepoppter Form als Nahrungsmittel kannte. Zwar lassen sich auch andere Arten von Getreide aufblähen, der Effekt ist aber weit weniger spektakulär.

Puffmaiskörner bestehen zum größten Teil aus Stärke, daneben aus Proteinen und Wasser. Unter einer harten Hülle, dem Perikarp, befindet sich der Keim, der von einem glasigen Granulat aus Stärkepartikeln umgeben ist. Weil dieses Granulat den größten Teil des Wassers speichert, das wiederum 12 bis 14 Prozent des gesamten Kornes ausmacht, ist es für das spektakuläre Poppen besonders wichtig.

Was im Einzelnen bei der Popcornentstehung geschieht, weiß man schon recht gut. Nun aber haben französische Forscher den Vorgang mit einer High-Speed-Kamera noch einmal genauer untersucht. Im Februar 2015 veröffentlichten sie ihre Ergebnisse im briti-

sehen »Journal of the Royal Society Interface« und präzisierten dabei einige frühere Ansichten – so liegt etwa die kritische Pop-Temperatur, bei der fast alle, nämlich 96 Prozent der Körner aufgepoppt sind, ziemlich genau bei 180 Grad Celsius –, gewannen aber auch neue Erkenntnisse über die den Vorgang begleitende Pop-Musik sowie über die Dynamik der bei ihrer Entstehung wild umherspringenden Körner.

Abrupt gibt die Hülle an ihrer schwächsten Stelle nach

In einem einfachen Modell kann man Maiskörner mit ihrer harten äußeren Hülle als winzige Dampfdruckkessel ansehen. Erhitzt man sie – in typischen Popcornmaschinen strömt dazu sehr heiße Luft in den Körnerbehälter –, verdampft ein kleiner Anteil ihrer flüssigen Bestandteile. Dadurch steigt ihr Innendruck und damit auch der Siedepunkt, und zwar so stark, dass in der Folge das meiste Wasser trotz Hitze flüchtig bleibt.

Bei etwa 150 Grad Celsius beginnt die Stärke in den Körnchen des Granulats allmählich zu schmelzen. In der Nähe der kritischen Temperatur gibt die Hülle dann an ihrer schwächsten Stelle nach und platzt. Der Druck fällt nun abrupt ab, genauso abrupt sinkt auch der Siedepunkt des überhitzten

»Hier finden die Metamorphosen, die dem Ovid so am Herzen lagen, ein weiteres Betätigungsfeld.«

Michel Onfray (geb. 1959)

Wassers, und es setzt eine stürmische Verdampfung ein. Dabei dehnt sich Wasser auf das etwa 1500-Fache seines ursprünglichen Volumens aus, wie man aus dem Verhältnis der Dichte, die Wasser bei 180 Grad Celsius hat, und der Dichte von Wasserdampf leicht ermitteln kann.

Die Folgen sind drastisch: Der plötzlich frei werdende Dampf bläst die zu einer geleeartigen Masse geschmolzenen Körnchen des Stärkegranulats auf wie Miniballons, die sich dann zu einer schaumigen, schnell quellenden Struktur verbinden. Gar so sensationell, wie es der Faktor 1500 andeutet, ist das Ergebnis allerdings doch nicht. Schließlich ist beim Erhitzen nur ein Teil des Wassers in Dampf übergegangen, und ein weiterer Teil des Dampfes entweicht nun einfach. Aber immerhin: Die Maiskörner wachsen im Mittel auf das 30-Fache ihres Ausgangsvolumens an.

Eine ähnlich wundersame Volumenvergrößerung kennt man von der Aufschäumung von Eiweiß zu Eischnee. Backt man aus Letzterem Baisers, sind diese zudem von vergleichbar fester Konsistenz wie Popcorn. Der Zeitaufwand für die Herstellung von Schaumgebäck ist jedoch recht hoch, die Zahl der Arbeitsschritte auch. Das Aufpoppen hingegen läuft wie von Zauberhand und nahezu augenblicklich ab.



Zwischen Popcorn (links) und Styropor bestehen erhebliche Ähnlichkeiten in Herstellung und Aussehen. Als Verpackungsmaterial wird mittlerweile beides genutzt, Popcorn lässt sich nach Verwendung sogar mühelos kompostieren.



H. JOACHIM SCHLICHTING



H. JOACHIM SCHLICHTING

Werden Puffmaiskörner in einem Strom heißer Luft auf über 180 Grad erhitzt, poppen sie auf und quellen zu pilzartigen, 30-fach größeren Gebilden auf: zu Popcorn (links). Rechts ein Prachtexemplar eines gepoppten Maiskorns; die Reste der geplatzten Kornhülle sind noch deutlich zu erkennen.

Noch haben wir aber nicht geklärt, warum der Stärkeschaum so schnell erstarrt und aushärtet. Dazu müsste ihm sehr schnell sehr viel Energie entzogen werden. Ein Gedanke zur Lösung drängt sich allerdings auf. Die aufgeblasenen Zellen des gepoppten Korns halten nur einen Bruchteil des frei werdenden Wasserdampfs zurück, während der überwiegende Teil weiter expandiert. Eine solche Expansion geht aber mit einer Abkühlung einher, wie jeder weiß, der schon einmal die aus dem Ventil eines Fahrradschlauchs entweichende Luft kalt auf seinen Händen gespürt hat. Zwar gibt es auch den gegenläufigen Effekt, denn bei der Erstarrung der flüssigen Stärke wird Energie und damit Wärme frei. Doch die abkühlende Wirkung ist stärker.

Weh tun kann man sich trotzdem

Trotzdem beträgt die Temperatur des frisch entstandenen Puffmaises, wie Messungen ergaben, noch immer beeindruckende 135 Grad. Selbst wer ihn unmittelbar aus dem Luftstrom herausfischt, verbrennt sich aber nicht die Finger. Denn auf Grund seines großen Anteils an Luft, deren Wärmeleitfähigkeit und -kapazität sehr gering sind, spürt man von der hohen Temperatur nicht viel (siehe »Warum wir in der Sauna überleben«, in SdW 11/2012, S. 74). Weh tun kann man sich trotzdem: Noch unversehrte Körner, die von ihren poppenden Geschwistern aus dem Topf mitgerissen werden, fühlen sich schmerzhaft heiß auf unserer Haut an.

Kommen wir jetzt endlich zum eigentlichen Hingucker bei der Popcornproduktion, nämlich den wild durch-

einanderspringenden weißen Körperchen. Was ihnen im Einzelnen widerfährt, lässt sich tatsächlich nur mit Hilfe von High-Speed-Aufnahmen entschlüsseln. Als Erstes mag man den Raketen effekt in Betrachtung ziehen: Wasserdampf, der in einer Richtung aus dem erhitzten Korn schießt, katapultiert es dadurch in die andere Richtung. Die Aufnahmen des französischen Teams zeigen aber, dass die nach dem Platzen der Hülle aufschäumende Stärke in Form unregelmäßiger Auswüchse aus dem zunächst noch kompakten Gebilde hervorquillt. Prallt ein solcher Auswuchs dabei gegen den Boden, werden er und damit das ganze Popcorn nach oben beschleunigt und gleichzeitig in Drehung versetzt – das Popcorn kommt mit einem Purzelbaum auf die Welt.

Akustisch untermalt wird dieses auf einen kurzen Moment konzentrierte Geschehen von einer charakteristischen Pop-Musik. Entfernt erinnert sie an den Klang beim Entkorken einer Sektflasche, denn hier wie dort ist die plötzliche Entspannung eines unter hohem Druck in einem Hohlraum eingeschlossenen Gases im Spiel. Beim Popcorn platzen jedoch gleich mehrere Hohlräume, und die Summe der dadurch nahezu zeitgleich ausgelösten Schwingungen teilt sich unseren Ohren als unverkennbarer Klang mit.

Bleibt noch, die Ähnlichkeiten von Popcorn mit Styroporflocken zu erwähnen. Auch Styropor wird aus einer transparenten thermoplastischen Substanz aufgeschäumt, nämlich Polystyrol. Für die nachfolgende Abkühlung und dadurch bedingte Aushärtung ist dann ebenfalls das Verdampfen der

schaumbildenden Agenzien zuständig. Mittlerweile konkurrieren beide Stoffe als Füllmaterial: Popcorn polstert zerbrechliche Ware ebenso gut gegen Stöße ab wie Styropor, und beide fallen nicht nennenswert ins Gewicht. Anders als Styropor ist Popcorn jedoch wasserlöslich, es zergeht gewissermaßen auf der Zunge. Daher kann man es hinterher noch an Vögel und Vieh verfüttern oder einfach kompostieren.

Ein letztes Paradox bleibt dennoch: Ausgerechnet als Gaumenfreude ist Popcorn eigentlich nicht der Rede wert. Auch darin ähnelt es Styropor. Fügt man weder Salz noch Zucker hinzu, schmeckt Ersteres etwa so, wie man es sich von Letzterem vorstellt. ~

DER AUTOR



H. Joachim Schlichting war Direktor des Instituts für Didaktik der Physik an der Universität Münster. 2013 wurde er mit dem Archimedes-Preis für Physik ausgezeichnet.

QUELLE

Viro, E., Ponomarenko, A.: Popcorn: Critical Temperature, Jump and Sound. In: Journal of the Royal Society Interface 12, 20141247, 11. Februar 2015

WEBLINKS

<http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/12/104/20141247.figures-only>
Begleitvideo zur Publikation mit High-Speed-Aufnahmen

Dieser Artikel und Links im Internet:
www.spektrum.de/artikel/1338239