

Mit Lineal und Logarithmus zum perfekten Osterei

## **Für die optimale Kochzeit haben Physiker eine Formel - Wenn es nach den Mathematikern ginge, wäre das Ei ein Rotationsellipsoid**

Die Wissenschaft macht vor dem Osterei nicht Halt. Hier ist nachzulesen, was man unbedingt über das perfekt gekochte Ei wissen sollte, bevor man es zubereitet und in österlicher Freude genießt.

Was ist wohl am Ei Besonderes? Die Antwort: so ziemlich alles. "Die Eier sind für die Küche, was die Geschlechtswörter für die Sprache sind: eine absolute Notwendigkeit", schrieb Grimoud de la Reyniere im "Almanach des gourmands". Ein Koch, der sein Werk ohne Eier verrichten müsse, folgte der kulinarische Aufklärer, könne demnach getrost seiner Kunst Adieu sagen. Aber auch schon das bloße Ei an sich, ob roh oder gekocht, ist einzigartig und nicht zuletzt auch Gegenstand aktueller Forschung. Eine kleine Eierkunde:

Lediglich 0,2 bis 0,4 Millimeter dick ist der Panzer, der die weichen Teile des Eis vor der rauen Welt des Stalls und des Kühlschranks schützt. Etwa zwölf Prozent des Eis bestehen aus Schale, was dem durchschnittlichen Hühnerei zehn bis 15 Quadratzentimeter Oberfläche beschert. Beinahe alles davon ist reiner Kalk. Allerdings: glatt ist das Äußere des Eis nicht. Unter dem Mikroskop zeigen sich tausende kleinster Poren im Kalkmantel, die das Ei ständig belüften - so kann Wasser aus dem Ei heraus verdunsten und Kohlendioxid entweichen. Wenn das Osterei jedoch an Pfingsten beginnt, unangenehm zu stinken, entweicht durch die Poren etwas anderes: das Fäulnisgas Schwefelwasserstoff.

Die Poren in der Schale bewirken übrigens auch, dass sich im Innern des Eis eine Luftblase bildet. Kommt das Ei hühnerpopowarm aus dem Stall, füllt der Inhalt noch den ganzen Raum aus. Wird es kalt, ziehen sich Eiklar und Dotter zusammen - und durch die Poren auf der flachen und dünneren Schalenseite strömt Luft von außen nach.

Für ein perfektes Ei, ganz ohne spitzes und flaches Ende, hätte ein Mathematiker sofort einen passenden Ausdruck parat: Rotationsellipsoid - eine Art gestauchte Kugel, die lediglich um die Taille ein wenig dünner ist. Eine noch allgemeinere Form von Ei hingegen wäre ein so genanntes Ellipsoid. In dieser Form wäre dann auch der Schnitt durch die Taille eine Ellipse. Und als solches Ellipsoid ist das ganz normale Osterei zurzeit ein hochbrisantes Forschungsobjekt.

Erst jüngst zeigten Mathematiker der Princeton University, dass Ellipsoide gegenüber Kugeln einen Vorteil haben: Sie lassen sich dichter packen. Stapelt man viele Kugeln zufällig in eine Schachtel, füllen diese etwa 64 Prozent der Schachtel aus. Im Idealfall, wenn man ganz sorgfältig stapelt,

können es bei Kugeln 74 Prozent sein. Ellipsoide dagegen können eine derartige Raumnutzung schon in der Zufallsversion schaffen, haben die Forscher berechnet. Und ein weiteres Ergebnis wollen die Mathematiker demnächst veröffentlichen: Mit ausgeklügelten Stapelmechanismen bringen es Ellipsoide sogar auf 77 Prozent Raumnutzung. Die Folge für das Osterei: durch ihre Form passen die Eier also besser unter den Hühnerhintern.

Gemeinsam mit der Kalkschale ist es auch die Form, die das Ei so stabil macht. Durch die Kuppelform verteilt sich ein Druck von oben so gut, dass sich auf die Spitze von vier aufgestellten Eiern durchaus 15 Kilo Ziegelsteine stapeln lassen. Und noch etwas: der Weltrekordhalter in Sachen Hühnerform kommt aus Kuba. Dort wurde im Februar das größte Hühnerei gelegt. Es ist neun Zentimeter hoch und wiegt stolze 148 Gramm.

Am Sonntag wird es sich wieder weisen: "Engelchen" oder "Teufelchen"? - wessen Ei hat einen gelben und wessen Ei hat einen leicht grünlichen Rand um den hart gekochten Eidotter? Das wissenschaftliche Geheimnis dahinter ist das ziemlich komplexe Zusammenspiel zwischen Eiklar, Eigelb und der steigenden Temperatur, wenn das Ei gekocht wird. Kurz: ein gekochtes Ei ist eine im wahrsten Wortsinne ziemlich verworrene Sache. Das Eiklar ist von Natur aus eine Mischung aus Wasser und Proteinen, im Eigelb findet sich dagegen noch etwa ein Drittel Fett. Die Proteinmoleküle sind ziemlich lange, vielfach zu Knäueln gewundene Fäden. Wird es warm, spulen sich die Knäuel auf, und die Fäden gehen so lange auf Partnersuche, bis sie auf andere, wandernde Proteinfäden treffen. Die nachbarschaftliche molekulare Verknotung ist dann das gekochte Ei, wie man es kennt: feste Eimasse.

Die grüne Dotterfärbung beim "Teufelchen" kann nun zwei Gründe haben. Erstens: das Ei wurde zu lange gekocht. Die Fadenmoleküle des Eiweißes hatten neben der Verknotung auch noch Zeit, das chemische Element Schwefel freizusetzen, und dieses färbt als Schwefelwasserstoff den Dotter. Oder aber es sind schlicht zu viele Eisenatome im Kochwasser. Auch die können von außen eindringen und das Eigelb mit dem unschönen grünen Rand versehen.

Stellt sich nur noch die Frage: Wie lange kochen ist wohl lange genug? Darauf haben Physiker der Universität in Wien eine Antwort gefunden. Die Formel für das perfekt gekochte Ei lautet schlicht:

$$\text{Kochzeit} = 0,0016 \cdot d^2 \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot (T_{\text{Wasser}} - T_{\text{Start}})}{(T_{\text{Wasser}} - T_{\text{Innen}})} \right)$$

Und wie geht es? Man misst mit einem Lineal den Durchmesser  $d$  des Hühnereis und multipliziert ihn mit sich selbst sowie mit der "Hühnereikonstante" von 0,0016. Der Term in der großen Klammer ist ein

bisschen komplizierter.  $T_{\text{Wasser}}$  ist die Temperatur im Kochtopf; wenn das Wasser kocht, sind das 100 Grad. Davon wird die Starttemperatur ( $T_{\text{Start}}$ ) des Eis abgezogen. Die liegt zwischen vier und 20 Grad, je nachdem, ob das Ei aus dem Kühlschrank kommt oder nicht.

Diese Differenz nimmt man mit zwei mal und teilt das Ergebnis dann durch "Wassertemperatur minus  $T_{\text{Innen}}$ ".  $T_{\text{Innen}}$  steht für Innentemperatur, die gewünschte Endtemperatur des Ostereis. Die Zahl, die man herausbekommt, muss man noch mit "ln" bearbeiten. "ln" ist die Logarithmusfunktion, die man aber dank Taschenrechner einfach ausrechnen kann.

Mit der Formel kann man sich seine Ostereier nun ganz nach Belieben kochen. Will man das Ei hart, nimmt man als Endtemperatur 84 Grad, will man es weich, reichen für  $T_{\text{Innen}}$  62 Grad. Ob bei großen oder kleinen Eiern, heraus kommt bei der Rechnerei immer die Zeit, die ein Ei in kochendem Wasser verbringen muss. Es klappt tatsächlich. Wir haben es ausprobiert.  
Guten Appetit. Und frohe Ostern.

Von Tobias Beck      aus Bericht des RC Biberach Weißer Turm März 2004