

# **Ei, Ei, Ei, ... oder die Stabilität von Eierschalen**

Schüler experimentieren 2002  
Arve Gengelbach (12)

## **Inhalt**

### **Einführung**

#### **1. Das Ei**

Welchen Zweck erfüllt das Ei?  
Bestandteile des Eis  
Chemische Zusammensetzung der Schale  
Beeinflussung der Stärke der Schale

#### **2. Die Geometrie des Eis**

Allgemeine Form  
Oberfläche

#### **3. Die Physik des Eis**

Masse des Eis  
Masse der Schale  
Oberflächendichte  
Bogen- und Domeigenschaften  
Wie zerbricht das Ei?  
Fallversuche mit Popcorn

#### **4. Fazit**

#### **5. Quellen**

#### **6. Anhang**

Diagramm

## Einführung

### **Wie bin ich auf das Thema gekommen?**

Ich hatte gelesen, dass vier Eier ausreichen, um einen Menschen zu tragen. Das wollte ich ausprobieren, um zu sehen, wie stabil ein Ei wirklich sein kann. Ich beschloss, die verschiedenen Größen von Eiern zu untersuchen. Dazu gehören Umfang, Volumen, Oberfläche, Masse und Oberflächendichte.

### **1. Das Ei**



### **Welchen Zweck erfüllt das Ei?**

Das Ei erfüllt den Zweck, die ungeschlüpften Küken vor Gefahren zu schützen. Die Schale darf die Tiere aber nicht gefangen halten und sie darf auch nicht kaputt gehen, wenn die Henne darauf sitzt. Das Ei ist vorne dünner und hinten breiter, damit es sich, wenn es angestoßen wird, im Kreis dreht und nicht wie ein Ball in alle Richtungen rollen kann.

Man muss sich das Ei wie einen umgekippten Körper vorstellen, der sich nur in einem Kreis bewegt. Extrem ist dies bei Pinguineiern, damit diese nicht von den Füßen der Pinguine auf das kalte Eis rollen können.

### **Bestandteile des Eis**

- Schale (die Schale macht 9-12% des Gesamtgewichts des Eis aus)
- Eiweiß
- Eigelb

### **Chemische Zusammensetzung der Schale**

- Calcium Carbonate (ca. 94% )
- kleine Anteile von  
Magnesium Carbonate  
Calcium Phosphate
- andere organische Stoffe

### **Beeinflussung der Stärke der Schale**

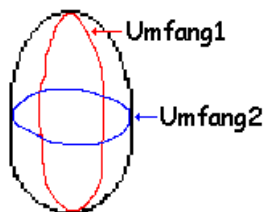
- Lebensweise (Freiland- bzw. Käfighaltung)
- Futterzusammensetzung (z. B. Vitamin D)

## 2. Die Geometrie des Eis

### Allgemeine Form

Das Ei ist vorne dünner und hinten breiter, so dass es im Kreis rollt, wenn es Schwung bekommt.

Umfang 1 (U1) und Umfang 2 (U2) mit einem Faden gemessen



<u>Umfang von weißen Eiern</u>	<u>Quotient = U2/U1</u>	<u>Quotient als Prozent</u>
U1 = 17,7 cm		
U2 = 14,0 cm	0,79	79%
U1 = 16,5 cm		
U2 = 14,3 cm	0,867	87%
U1 = 16,5 cm		
U2 = 14,5 cm	0,878	88%
<u>Umfang von einem braunen Ei</u>		
U1 = 16,0 cm		
U2 = 14,2 cm	0,8875	89%

Das Verhältnis U2/U1 schwankt zwischen 87% und 89%.

### Oberfläche

#### Variante 1

Die Oberfläche habe ich gemessen, indem ich das Ei ausgepustet und in ein Überlaufgefäß gelegt habe. Aus diesem liefen, je nach Größe des Eis, zwischen 8 ml und 11 ml Wasser aus. Diesen Wert dividiert man durch die Dicke der Schale (meistens 0,02 cm). Aus dem Quotienten ergibt sich die Oberfläche in cm<sup>2</sup>.

#### Variante 2

Ich habe das Ei mit Klebeband umwickelt, dann die Streifen auf Papier geklebt, um die Grundfläche berechnen zu können.

#### Variante 3

Ich habe das Ei mit Farbe angemalt und auf Papier abgerollt. Die Fläche habe ich in quadratische Kästchen aufgeteilt, diese vermessen und addiert.

Die Oberfläche beträgt ca. 40 cm<sup>2</sup> bis 55 cm<sup>2</sup>.

### **3. Die Physik des Eis**

#### **Masse des Eis**

Die Masse des Eis hängt vom Alter des Huhns ab. Je älter das Huhn ist, desto größer ist das Ei. Wenn das Futter zu wenig Proteine oder Fettsäuren enthält, werden die Eier kleiner. Meine Messungen haben ergeben, dass es bei braunen sowie bei weißen Eiern einige besonders schwere, die 68 g wiegen, aber auch leichtere mit 55 g gibt. Laut einigen Laborwiegungen soll es auch Eier mit 53 g, Gewichtsklasse M, aber auch mit 73 g, Gewichtsklasse L, geben.

#### **Masse der Schale**

Die Schale macht 9 bis 12% des Gesamtgewichtes aus (ca. 6 bis 8 g).

#### **Oberflächendichte**

Die Oberflächendichte ist die Masse der Schale geteilt durch die Oberfläche ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ):

$$\begin{aligned}6 \text{ g}/40 \text{ cm}^2 &= 0,15 \text{ g}/\text{cm}^2 \\8 \text{ g}/55 \text{ cm}^2 &= 0,1455 \text{ g}/\text{cm}^2\end{aligned}$$

Die Messungen haben ergeben, dass die Oberflächendichte  $0,1455 \text{ g}/\text{cm}^2$  bis  $0,15 \text{ g}/\text{cm}^2$  beträgt. Somit hat  $1 \text{ cm}^2$  Eierschale eine Masse von etwa  $0,15 \text{ g}$ .

#### **Bogen- und Domeigenschaften**

Die Schale des Eis ähnelt einem Bogen oder einem Dom, wie sie auch in der Baukunst vorkommen. Durch die runde Form gewinnt sie zusätzliche Stärke und die Strukturen können dann mehr Last tragen.

#### **Wie zerbricht das Ei?**

Wie das Ei zerbricht, kann man nicht genau sagen. Ein Ei zerbricht je nach Gewicht, oft an den belasteten Stellen. Wenn man eine Taschenlampe an das Ei hält, sieht man die Stellen, an denen die Schale etwas dünner ist. Dort wird sie wahrscheinlich zuerst zerbrechen.

## **Fallversuche mit Popcorn**

Den ersten Fallversuch hat das Ei durch eine kleine Abfederung in der Schachtelkante überstanden. Das Ei stürzte aus ca. 3,5 m – durch Popcorn abgedeutert und in einer Schachtel isoliert – auf einen gefliesten Boden. Auf einer Eckenkante aufgekommen, blieb das Ei heil.

Beim zweiten Fallversuch half das Popcorn nicht sehr viel. Die Schachtel landete aus der gleichen Entfernung mit der Grundfläche auf demselben Boden und wurde „das Opfer der Kraft“. Richtig eingepackt kann das Ei jedoch einen Fall von mehreren Metern gut überstehen.

## **4. Fazit**

Nimmt man den Wert aus B für die Masse von 1 cm<sup>2</sup> Eierschale zur Kenntnis, so kann man mit Erstaunen feststellen, dass 0,15 g Eierschale in der Lage sind, mehr als 15 kg Ziegelsteine zu tragen, ohne dabei kaputt zu gehen. Ich habe die Ziegelsteine auf vier Eier gestapelt, bis die Eier anfangen zu knacken. Die Kontaktfläche zwischen den Eiern und den Ziegelsteinen ist nach meiner Schätzung maximal 1 cm<sup>2</sup>. Dividiert man 15 kg durch 0,15 g, so kommt man auf eine 100 000-fache Strapazierfähigkeit der Eierschale. Eine wahrhaft große Zahl für einen so kleinen Körper.

## **5. Quellen**

1. Biographisches Institut & F. A. Brockhaus AG 2001
2. <http://www.aeb.org/eggyclopedia/shell.html>
3. A. C. Rowat, Physic Department, Mount Allison University, Sackville, NB, Canada E0A 3C0
4. Eifrisch-Vermarktung, 49393 Lohe
5. Medizini Ausgabe 01/2002
6. Membrane in der Eierschale  
[www.elektronenmikroskopie.de/emtec/ei01.htm](http://www.elektronenmikroskopie.de/emtec/ei01.htm)

## 7. Anhang

