

Versuche aus dem Küchenschrank

Weißer Eier, braune Eier – blaues Licht, rotes Licht

Markus Emden*, Pitt Hild, Kirsten Kallinna, Livia Murer

Preprint

Markus Emden*, Pitt Hild, Kirsten Kallinna, Livia Murer. 2022. «Weißer Eier, braune Eier – blaues Licht, rotes Licht.»

Preprint. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8316049>.



This preprint is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.

Original

Emden, Markus, Pitt Hild, Kirsten Kallinna, und Livia Murer. 2023. «Weißer Eier, braune Eier – blaues Licht, rotes Licht.»

Chemie in unserer Zeit 57 (4): 274-275. <https://doi.org/10.1002/ciuz.202300010>.

Anliegen der in loser Folge erscheinenden Versuche ist es, Impulse für chemische Versuche zu geben, die gefahrlos zu Hause mit haushaltsüblichen Gegenständen durchgeführt werden können. Sie können damit als Quelle für das gemeinsame Ausprobieren mit Kindern dienen, z. B. in Kindergärten oder an Schulen sowie zur Verwendung bei Tagen der offenen Tür. Ein Stückweit sind sie zu verstehen als Antwort auf den oft gehörten Satz: «Ach, Du bist Chemiker/in!? Dann mach doch mal eben ein Experiment.»

Weißer Eier, braune Eier – blaues Licht, rotes Licht

Man nehme

Eierschalen (weiß und braun)

Essigessenz (wEssigsäure = 0,25)

LED-UV-Lampe ($\lambda \approx 365 \text{ nm}$)

Eierschalenreste beider Farben werden in jeweils ein Glas gelegt. Die Eierschalen werden mit Essigessenz bedeckt. Nun beobachtet man die Vorgänge an der Eierschale. Nach etwa 30 Minuten vergleicht man die beiden Ansätze unter UV-Licht, wie es von einer LED-Lampe zum Auffinden von Tierurin Spuren ausgesandt wird ($\lambda \approx 365 \text{ nm}$). Dabei sollte die Umgebung ein wenig beschattet sein und es sollten keine weiteren Kunstlichtquellen einstrahlen.

Man beobachtet

An den Eierschalen setzt schnell eine Gasentwicklung ein. Die Eierschale wird mit der Zeit umgesetzt, wobei die darunter liegende Eihaut optisch unbeeinträchtigt bleibt. Diese Vorgänge sind bei den Schalen beider Eierfarben vergleichbar.

Unter dem UV-Licht zeigt sich ein Unterschied zwischen den Eierfarben. Im Ansatz mit weißen Eierschalen sind bestenfalls Reflexionen und Streulicht des blauviolett Anteils der LED zu erkennen. (Die LED strahlt deutliche Anteile im sichtbaren Bereich ab, wahrscheinlich um anzuzeigen, dass die Lampe auch wirklich eingeschaltet ist und so einem prüfenden ‚In-die-Lichtquelle-Schauen‘ vorzubeugen). Bei der Probe mit der braunen Eierschale ist in der wässrigen Lösung ein diffuses rotoranges Leuchten festzustellen, das unter Umständen sehr schwach ausfallen kann (Abbildung 1).

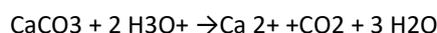


Abbildung 1 – links: Eierschalen vor Behandlung; Mitte: Gasentwicklung in Essigessenz; rechts: unter UV-Bestrahlung ($\lambda \approx 365 \text{ nm}$) [manueller Weißabgleich zur Minderung blauvioletter Strahlung der LED; $f/5.6$, $t = 2''$]

Was geschieht

Die Eierschale dient dem Hühnerembryo als Schutz gegen Umwelteinflüsse während seiner Reifung und erlaubt gleichzeitig einen Gas- und Wasseraustausch [(2, 3)]. Sie besteht im Wesentlichen aus anorganischen Mineralien, wobei Calciumcarbonat mit 96 % der Gesamtmasse den größten Anteil ausmacht [(3)]. Braune Eier zeigen den größten Gehalt an gebundenem Calcium, Kupfer und Aluminium, bilden jedoch hinsichtlich Magnesium das Schlusslicht [(2)]. Die Eierschale wird im Uterus der Henne durch Fällung von Calcit aus einer stark übersättigten Lösung von Calcium- und Hydrogencarbonationen gebildet [(3)]. Dabei wächst Calcit im Laufe von 17–19 h [(4)] bis zu einer Stärke von 0,3–0,4 mm auf [(3)].

Während das Ei mit seiner Schalenzusammensetzung und Form gut gegen biologische und mechanische Gefahren gewappnet ist, zeigt es sich gegenüber Säureangriffen anfällig – diese waren zugegebenermaßen evolutionär nicht vorauszusehen. Calciumcarbonat wird in einer einfachen Säure-Base-Reaktion nach Brønsted mit Säure unter Bildung von CO_2 umgesetzt.



Die Gasentwicklung an der Eioberfläche ist also einfach zu erklären. Dass diese leicht zeitversetzt einsetzt, dürfte an der Cuticula auf der Oberfläche der Eierschale liegen. Mit ihr hat die Natur einen weiteren Schutz der Embryonalreifung vorgesehen, indem sie die poröse Oberfläche des Eis mit einem dünnen Film gegen mikrobielle Eintritte und gegen Dehydrierung verschließt [(5, 4)]. Diese Cuticula hat eine Stärke von 2–5 μm und besteht vornehmlich aus Proteinen [(6)], die bekanntermaßen hydrolyseempfindlich sein können (abermals: die Cuticula ist nicht in erster Linie entstanden, um gezielten Säureangriffen zu widerstehen). Bevor also die Oxoniumionen der Säurelösung die Calciumcarbonatschicht umsetzen können, müssen sie die Cuticula zerstören, die das Ei nicht gleichmäßig überzieht [(6)].

Das rotorange Leuchten, das bei den Schalen brauner Eier zu beobachten ist, kommt von in der Eierschale eingelagerten Farbstoffen. Es handelt sich dabei um Porphyrin-Pigmente (Protoporphyrin IX [(7)]), deren molekularer Aufbau dem Chlorophyll nicht unähnlich ist [(1)] (Abbildung 2). Das ausgedehnte konjugierte π -System des Porphyrinrings lässt sich durch Strahlung im UV-Bereich anregen und emittiert im rotorangen Bereich des sichtbaren Lichts. Mithilfe derselben Eigenschaft kann auch gezeigt werden, dass kaltgepresstes Olivenöl gegenüber raffiniertem Olivenöl einen gesteigerten Anteil an Chlorophyllen enthält (Abbildung 3).

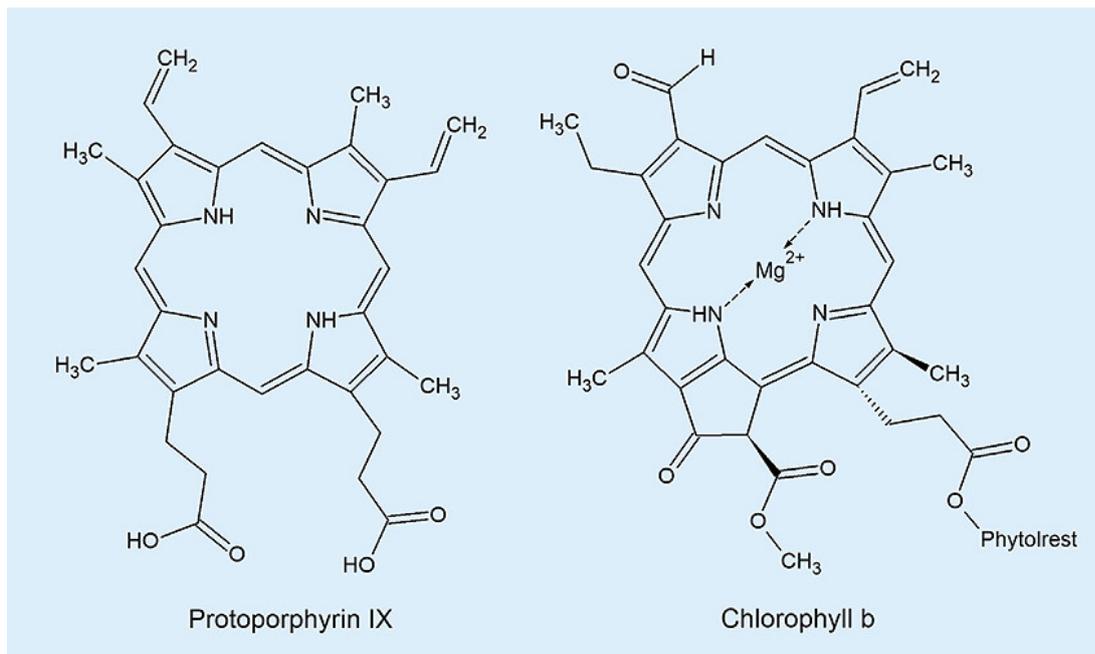


Abbildung 2 – Chemische Strukturen von Protoporphyrin IX und Chlorophyll b



Abbildung 3 – Vergleich von Olivenöl (links: kaltgepresst, rechts: raffiniert) bei Tageslicht und unter UV ($\lambda \approx 365 \text{ nm}$) [Aufnahme rechts nachbearbeitet: manuelle Graupunktsetzung bezogen auf sichtbare blauviolette Reflexe]

Dass der Olivenbaum die aufwendigen Chlorophylle bildet, mag angesichts deren eigentlicher Aufgaben bei der Photosynthese noch nachvollziehbar sein. Doch wieso produziert das Huhn die Porphyrin-Pigmente, wenn sie doch nur ausgeschieden werden? Die Erklärung ist weder eindeutig noch einfach: Wohlmöglich dienen die Porphyrine in der Eierschale der Tarnung gegenüber möglichen Nesträubern [(8)] – außer dem Menschen. Außerdem wird vermutet, dass eingelagertes Porphyrin IX die Stabilität der Eierschale unterstützt und Calcium-Defizite in gewissem Rahmen kompensiert sowie dass die Befleckung der Wiedererkennung der eigenen Eier dient [(8)].

Ob Hühner braune, weiße oder grüne Eier legen, folgt nicht etwa dem Zufall, sondern ist genetisch für die jeweilige Legerasse determiniert [(5)]. Der populärwissenschaftlich kolportierte Zusammenhang zwischen Farbe der Ohrscheiben einer Henne und der Farbe der Eierschale scheint empirisch nicht belegbar zu sein [(9-11)]. So kommt es zwischen Hennen einer Rasse zu einer beachtlichen Varianz bezüglich der Färbung ihrer Eier, ebenso wie es für individuelle Hennen eine Varianz der Färbung in Abhängigkeit ihres Alters gibt [(10)].

Übrigens: In grünen Eierschalen ist das Porphyrinabbauprodukt Biliverdin eingelagert. Dieses zeigt unter UV-Bestrahlung eine ebenfalls rotorange Fluoreszenz.

Quellen

- [1] D. Weiß und H. Brandl, *Chemie in unserer Zeit* 2013, 47, 122–131, DOI: 10.1002/ciuz.201300618.
- [2] K. Drabik, M. Karwowska, K. Wengerska, T. Próchniak, A. Adamczuk und J. Batkowska, *Animals* 2021, 11, DOI: 10.3390/ani11051204.
- [3] M. T. Hincke, Y. Nys, J. Gautron, K. Mann, A. B. Rodriguez-Navarro und M. D. McKee, *Frontiers in Bioscience* 2012, 17, 1266–1280, DOI: 10.2741/3985.
- [4] M. Ketta und E. Tůmová, *Czech Journal of Animal Science* 2016, 61, 299–309, DOI: 10.17221/46/2015-CJAS.
- [5] K. Roth, *Chemie in unserer Zeit* 2009, 43, 100–114, DOI: 10.1002/ciuz.200900485.
- [6] A. B. Rodríguez-Navarro, N. Domínguez-Gasca, A. Muñoz und M. Ortega-Huertas, *Poultry science* 2013, 92, 3026–3035, DOI: 10.3382/ps.2013-03230.
- [7] X.-T. Wang, X.-M. Deng, C.-J. Zhao, J.-Y. Li, G.-Y. Xu, L.-S. Lian und C.-X. Wu, *Poultry science* 2007, 86, 2236–2238, DOI: 10.1093/ps/86.10.2236.
- [8] M. I. Cherry und A. G. Gosler, *Biological Journal of the Linnean Society* 2010, 100, 753–762, DOI: 10.1111/j.1095-8312.2010.01457.x.
- [9] E. O. Ewuola, O. A. Sokunbi, A. A. Lawanson und S. I. Ogunwole, *Journal of animal production research* 2018, 30, 248–257.
- [10] D. C. Warren, *Genetics* 1928, 13, 470–487.
- [11] A. Melesse und T. Negesse, *Animal Genetic Resources* 2011, 49, 19–31, DOI: 10.1017/S2078633611000099.

**Forscherguppe Didaktik Naturwissenschaften*