

IJSO 2019 – Wer findet das Gelbe vom Ei?

Begleitheft für Betreuende

Zusammengestellt von

Dr. Sabine Hansen,
Ulrike Taege

IPN — Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik
an der Universität Kiel

Hinweis

Die Zusammenstellung im Begleitheft versteht sich nicht als eigenständiger Autorenbeitrag.

Um Ihnen den Einstieg in das Thema Fortpflanzung, im speziellen bei eierlegenden Lebewesen, in seinen vielen Facetten zu erleichtern, wurde hier ein Zusammenschnitt von Rechercheergebnissen erstellt.

Große Textanteile wurden direkt oder nur geringfügig umformuliert aus verschiedenen im Verzeichnis angegebenen Quellen übernommen.

Die Begleitmaterialien werden Ihnen zum persönlichen Gebrauch im Rahmen der Wettbewerbsbetreuung in der Internationalen JuniorScienceOlympiade zur Verfügung gestellt.

Inhaltsverzeichnis

Teil A Informationsblätter zum Thema

1	Biologische Hintergrundinformationen.....	6
1.1	Ungeschlechtliche und geschlechtliche Vermehrung bei Tieren	6
1.2	Eierlegende Wirbeltiere	7
1.3	Fortpflanzung des Haushuhns	10
1.3.1	Entstehung und Aufbau eines Hühnereies	10
1.3.2	Embryonalentwicklung des Haushuhns	12
1.3.2	Aufbau und Funktion von Biomembranen.....	12
1.3	Geschichte der Hühnerzucht	14
1.4.1	Eier anderer Arten als Nahrungsmittel	15
2	Chemische Hintergrundinformationen zu den Versuchen	16
2.1	Chemische Zusammensetzung eines Hühnereies	16
2.2	Auflösen der Kalkschale durch Säuren	19
2.3	Denaturierung der Proteine im Hühnerei	20
2.4	Osmose	20
2.5	Ursache von grün-blauem Eidotter bei gekochten Eiern	21
3	Physikalische Hintergrundinformationen zu den Versuchen.....	22
3.1	Dichte und Auftrieb – Archimedisches Prinzip.....	22
3.1.1	Mini-Experiment zum Archimedisches Prinzip Nr. 1: Das schwebende Ei	23
4	Eier im täglichen Leben	24
4.1	Haltbarkeit und Aufbewahrung	24
4.2	Hygiene	25

Teil B Themenvorschläge für weiterführende Schülerarbeiten

5	Weitergehende Projektthemen	26
---	-----------------------------------	----

Teil C Quellennachweis

6	Literatur- und Linksammlung	27
---	-----------------------------------	----

Hinweis: Alle im Text angegebenen Links wurden am 20.10.2018 auf ihre Aktualität geprüft.

Anhang Aufgabenblatt 2018 und Organisatorisches

1 Biologische Hintergrundinformationen

1.1 Ungeschlechtliche und geschlechtliche Vermehrung bei Tieren

Verändert nach:

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie/artikel/geschlechtliche-fortpflanzung>

https://www.planet-wissen.de/natur/tierwelt/sex_im_tierreich/pwiediefortpflanzungsstrategiendertiere100.html

<https://www.wissen.de/lexikon/ei>

http://www.natureier.ch/pdf/Eierlegende_Tiere.pdf

Die Entstehung von Nachkommen erfolgt bei allen Organismen entweder ungeschlechtlich durch Zellteilung, oder geschlechtlich durch die Verschmelzung von zwei Keimzellen (Spermium und Eizelle; siehe Abbildung 1.2.1). Die ungeschlechtliche Fortpflanzung ist vermutlich die ursprünglichste Form der Vermehrung und kommt vor allem bei Einzellern vor. Bei dieser Art der Fortpflanzung werden keine speziellen Geschlechtszellen hergestellt und eine „aufwendige“ Partnersuche entfällt. Der Ablauf ist immer der gleiche: zunächst wird das Erbmateriale verdoppelt und anschließend auf zwei Zellen verteilt. So können aus einem Organismus durch aufeinanderfolgende Teilungen zwei, vier, acht, sechzehn, usw. Nachkommen entstehen. Die Wachstumskurve verläuft bei guten Bedingungen exponentiell. Alle Nachkommen sind Klone, also identische Kopien der Ursprungszelle. Bewährte Genkombinationen bleiben auf diese Weise in den Folgegenerationen erhalten. So können Einzeller schnell auf aktuelle Umweltveränderungen reagieren und ihre Populationsdichte erhöhen, oder einfach aufhören sich zu teilen und ihre Population schrumpfen lassen. Auch unter Wirbellosen gibt es ungeschlechtliche Vermehrungsformen: die Teilung des Elterntieres in zwei gleich große Hälften (z.B. Seeanemone), die Knospung, d.h. Abschnürung, von neuen Individuen von einem Elternorganismus (z.B. Hydra), oder die Fragmentierung, d.h. das Auseinanderbrechen und jeweilige Nachwachsen zu einem vollständigen Organismus (z.B. Schwämme, Nesseltiere, Borstenwürmer und Seescheiden).

Die meisten Tierarten, vor allem die höher entwickelten, pflanzen sich geschlechtlich fort. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist die Entstehung von Nachkommen aus einer befruchteten Eizelle (Zygote), die durch Verschmelzung der Zellkerne einer weiblichen Geschlechtszelle (Eizelle) und einer männlichen Geschlechtszelle (Samenzelle, Spermium) entsteht. Diese können auch von ein und demselben Individuum stammen (Selbstbefruchtung).

Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung kommt es zu einer Neukombination der mütterlichen und väterlichen Erbanlagen (Gene). Die Nachkommen entsprechen in ihren Erbanlagen weder exakt einem der Elternteile noch einem der Geschwister. Stattdessen sind sie mit individuellen Merkmalen ausgestattet. Dadurch können sie zum Beispiel (zufällig) besser an klimatische Veränderungen und deren Folgen angepasst sein als ihre Familienmitglieder. Das macht sie möglicherweise widerstandsfähiger und damit erfolgreicher in der eigenen Vermehrung.

Um sich geschlechtlich fortzupflanzen, müssen - außer bei Zwittern - zwei Individuen unterschiedlichen Geschlechts zusammentreffen. Diese Partnersuche ist oft kraft- und zeitraubend und bleibt gerade bei kleinen Populationen häufig erfolglos, da die Geschlechtspartner sich nicht begegnen. Im Extremfall kann die Begrenzung auf die zweigeschlechtliche Fortpflanzung daher zum Aussterben einer Art führen.

Bei ca. 95 Prozent der tierischen Lebewesen führt die Befruchtung der Eizelle zur Bildung eines Eies, in dem sich der Embryo außerhalb des Mutterleibs entwickelt. Diese Tiere sind eierlegend (ovipar). Lebend gebärend (vivipar) sind Lebewesen, wenn sich die befruchtete Eizelle direkt im Mutterleib ohne Eibildung zu einem Embryo entwickelt. An sich könnte man erwarten, dass das Lebendgebären ein Merkmal der höher entwickelten Tiere ist. Aber es gibt in fast jeder eierlegenden Tierklasse lebendgebärende Vertreter und umgekehrt gibt es bei den

Säugetieren zwei eierlegende Arten (das Schnabeltier und den Ameisenigel). Ausschließlich eierlegend sind alle Vögel, Krokodile, Alligatoren und Schildkröten.

Eier werden bei niederen Lebewesen an beliebiger Stelle des Körpers, bei höheren Tieren, also auch beim Menschen, im Eierstock gebildet. Die Bildung der Samenzellen erfolgt bei mehrzelligen Tieren wie Ringelwürmern und Wirbeltieren in den männlichen Keimdrüsen, den Hoden. Eine Samenzelle besteht aus Kopf, Hals, Mittelstück und dünnem, langem Schwanz.

Der Größenunterschied zwischen Ei und Samenzelle beruht darauf, dass im Ei Reservesubstanz (Dotter) für den Embryo gespeichert wird. Der Eizellkern ist mindestens 200-mal größer als ein gewöhnlicher Zellkern. Er enthält ebenso wie der Zellkern der Samenzelle einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz (Ergebnis der Meiose). Das Ei ist von der primären Eihülle, der Ei- oder Dotterhaut, umgeben. Außerdem können vom Follikelepithel oder bei eierlegenden Arten (s.u.) von den ausleitenden Organen noch weitere Hüllen gebildet werden (Kokons bei Würmern und Schnecken, Gallerten im Gelege von Weichtieren und Amphibien, Schalen bei Reptilien und Vögeln).

Auch bei Einzellern spricht man von Eiern bzw. Eizellen, wenn die weiblichen Fortpflanzungszellen infolge ihres Dotterreichtums und des Geißelverlustes unbeweglich werden.

Bei Tieren gibt es die äußere und die innere Befruchtung. Die äußere Befruchtung ist die Verschmelzung der Geschlechtszellen außerhalb der weiblichen Geschlechtsorgane. Diese Form der Befruchtung ist nur im Wasser möglich, dabei werden die männlichen und weiblichen Geschlechtszellen gleichzeitig ins Wasser abgegeben.

Die innere Befruchtung ist die Verschmelzung der Geschlechtszellen innerhalb der weiblichen Geschlechtsorgane. Die männlichen Geschlechtszellen werden bei höheren Tieren und beim Menschen durch Begattung in den weiblichen Körper übertragen. Die Übertragung erfolgt durch äußere Geschlechtsorgane, die Begattungsorgane. Die Samenzellen bewegen sich mithilfe ihres Schwanzes in die Gebärmutter und bis in die Eileiter. Befindet sich dort eine reife Eizelle, kann es nach der Besamung, dem Eindringen einer Samenzelle in die Eizelle, zur Befruchtung kommen. Dabei verschmelzen die Zellkerne der Samenzelle und der Eizelle zur befruchteten Eizelle (Zygote).

Die Embryonalentwicklung erfolgt anschließend entweder im Mutterleib in besonderen Organen (z.B. Gebärmutter der Säuger), oder außerhalb des Mutterleibs in einem Ei, das alle für die Embryonalentwicklung erforderlichen Stoffe enthält und abgelegt wird (z.B. von Vögeln in Nester; von Schnecken und Reptilien in Gruben; von Insekten in und an Pflanzenteilen; von vielen Fischen ins Wasser).

1.2 Eierlegende Wirbeltiere

Verändert nach:

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie/artikel/wirbeltiere>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Vogelei>

https://edoc.ub.uni-muenchen.de/11599/1/Hartmann_Caroline.pdf

http://www.natureier.ch/pdf/Eierlegende_Tiere.pdf

Fische, Amphibien (Lurche), Reptilien (Kriechtiere), Vögel und Säuger sind Tiergruppen, die zu den Wirbeltieren gehören. Wirbeltiere leben im Wasser, auf dem Land und haben auch die Luft als Lebensraum erobert.

Zwischen den oviparen Arten der Wirbeltiere gibt es große Unterschiede hinsichtlich Anzahl (siehe Tabelle 1.2.1), Größe, Form und Beschaffenheit der abgelegten Eier, die eine Anpasstheit an den jeweiligen Lebensraum darstellen.

Dabei weisen die an Land abgelegten Eier von Vögeln und Reptilien mehr oder weniger stabile Eischalen auf, die verschiedene Funktionen haben:

- Schutz vor mechanischen Einflüssen und Witterungseinflüssen
- Gasaustausch
- Wasseraustausch
- Mineralstoff-Bereitstellung (v.a. Kalzium)
- Klebefunktion (z.B. Geckoeier)

Tabelle 1.2.1 | Gelegegrößen bei verschiedenen Wirbeltieren.

Karpfen	200.000–700.000
Wels	60.000
Bienenkönigin (Gesamtzahl)	40.000–5.000
Lachs	10.000–40.000
Forelle	1.500–2.000
Flusskrebs	100–300
Huhn (pro Jahr)	200
Stichling	80–100
Netzschlange	96
Ringelnatter	15–35
Afrikanischer Strauß	5–12
Rebhuhn	10–20
Kuckuck	10–15
Gänsesäger	7–14
Zauneidechse	4–14
Krickente	8–12
Sumpfschildkröte	9–11
Auerhuhn	6–10
Kohlmeise	6–10
Elster	6–8
Schleiereule	4–8
Graugans	4–7
Singdrossel	5–6
Haussperling	5–6
Rauchschwalbe	4–5
Habicht	3–5
Nebelkrähe	3–5
Mäusebussard	2–4
Mauersegler	2–3
Silbermöwe	2–3
Uhu	2–3
Steinadler	2–3
Fregattvögel, Pinguine, Sturmvögel, Lummern, Nashornvögel, Kiwi	1

Fische leben ständig im Wasser. Alle Lebenserscheinungen, wie Fortbewegung, Ernährung, Atmung, Fortpflanzung und Entwicklung, finden im Wasser statt. Nach Besamung der abgelaichten Eier und deren äußerer Befruchtung entwickeln sich aus den befruchteten Eiern Fischlarven. Aus den Eiern, die keine feste, schützende Schale haben, entwickeln sich Jungfische, die zum erwachsenen Fisch heranwachsen. Fischeier können in äußerst vielfältigen Formen auftreten. So befindet sich beispielsweise das Ei des Nagelrochen, der häufigsten Rochenart in der Nordsee, in einer viereckigen schwarzen Hornkapsel, die an jeder Ecke mit Haltefäden versehen ist.

Amphibien leben die meiste Zeit auf dem Land. Ihre Fortpflanzung und Entwicklung erfolgt aber stets im Wasser. Bei Lurchen findet eine äußere Befruchtung statt. Sie machen in ihrer Entwicklung eine Metamorphose (Gestaltwandel) durch. Die Eier werden mit Gallerte umgeben und an Wasserpflanzen abgelaicht. Dabei gibt es verschiedene Formen der Laichablage, z.B. Klumpen (Grasfrosch) oder Schnüre (Erdkröte).

Reptilien leben an trockenen und sehr warmen Stellen der Erde. Ihre Fortpflanzung und Entwicklung findet auf dem Land statt. Sie verfügen über eine Vielzahl unterschiedlicher Reproduktionsstrategien.

Die Eier sind bei den meisten Schuppenkriechtieren mit einer pergamentartigen, flexiblen Schale umhüllt. Die Eier vieler Schildkröten und aller Krokodile besitzen hingegen eine relativ feste Kalkschale.

Der Grad der Verkalkung zeigt die Anpassung an schwankende Bedingungen hinsichtlich des Feuchtigkeitsmilieus, in dem die Eiablage erfolgt: Die Eier mit der am stärksten verkalkten Schale sind am besten geschützt, sowohl gegen das Eindringen von Wasser als auch gegen Austrocknung.

Bei einigen Vertretern der Schuppenkriechtiere haben sich neue Strategien zur Verbesserung der Überlebenschancen ihres Nachwuchses entwickelt (siehe Abbildung 1.2.1). So gibt es zum Beispiel ovovivipare Arten (z.B. Blindschleiche), die ihre Eier für mehr als ein Drittel der embryonalen Entwicklung im Uterus zurückhalten. Mit der verlängerten Verweildauer eines Eies im Uterus verringert sich die Eischalendicke und der Kalzifizierungsgrad, da eine dicke Eischale eine physikalische Barriere für den Gasaustausch im Uterus darstellen würde. Zum anderen kommen bei den Reptilien auch vivipare Arten vor, bei denen sich hinsichtlich der Ernährung des Embryos zwei Ernährungstypen unterscheiden lassen: die Lecitotrophie, das heißt die Ernährung des Embryos über einen Dotter, und die Plazentotrophie, also die Ernährung des Embryos über eine Plazenta. Die meisten viviparen Reptilien sind lecitotroph.

Vögel leben meistens auf dem Land. Ihre kalkschaligen, oft gefärbten und verschieden gezeichneten Eier werden ausgebrütet und der Jungvogel schlüpft. Ein Vogel legt nach und nach so viele Eier, bis die für die jeweilige Art typische Gelegegröße erreicht ist. Bei Watvögeln wie dem Kiebitz sind dies meist 4 Eier, bei Hühnervögeln ungefähr ein Dutzend. Gehen die Eier verloren, so kann es zu einem, meist kleineren Nachgelege kommen. Das ist jedoch von Art zu Art verschieden. Hühnervögel wie die Wachtel oder das Bankivahuhn (die Wildform des Haushuhns) sind besonders ausdauernd im Nachlegen und können es so auf mehrere hundert Eier im Jahr bringen. Der Mensch macht sich dieses schon seit Urzeiten zu Nutze, indem er das Huhn domestiziert hat und die Eier quasi erntet. Die vorherrschenden Formen der zur Eierproduktion durchgeführten Tierhaltung sind die Legebatterie und die Freilandhaltung.

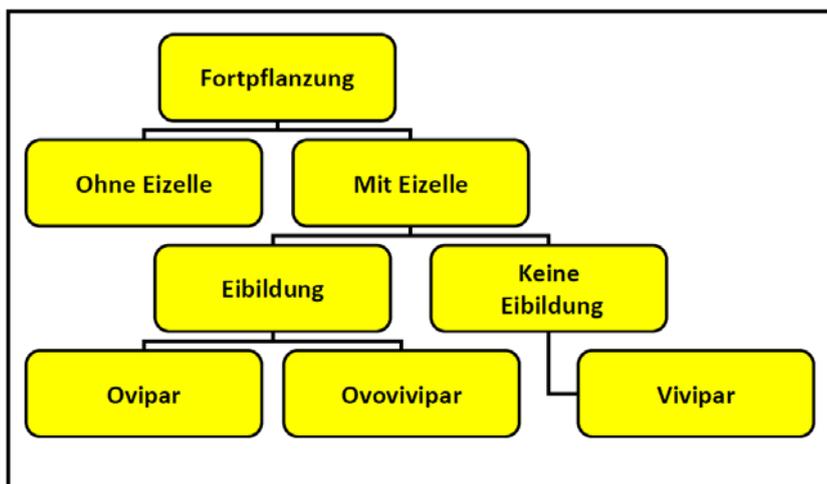


Abb. 1.2.1 | Mögliche Varianten der ungeschlechtlichen (hier bezeichnet als „ohne Eizelle“) und geschlechtlichen (mit Eizelle) Fortpflanzung.

Entnommen aus: http://www.natureier.ch/pdf/Eierlegende_Tiere.pdf

1.3 Fortpflanzung des Haushuhns

1.3.1 Entstehung und Aufbau eines Hühnereies

Verändert nach:

<http://www.projekt.didaktik.mathematik.uni-wuerzburg.de/mathei/eibio/anatomie.htm>

<https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2010/wie-das-huehner-ei-entsteht-100.html>

Der Hühnerembryo erhält aus dem Eigelb, dem Eiklar und der Schale alle Proteine, Fette, Kohlenhydrate, Mineralien und Vitamine, die für seine Entwicklung aus der befruchteten Eizelle zum Küken notwendig sind. Diese Entwicklung dauert, wenn das Ei bebrütet wird, in der Regel 21 Tage. Aber nicht nur für die Ernährung des Embryos ist das Ei von Bedeutung - aufgrund der chemischen Zusammensetzung (s. Kapitel 2.1) werden Hühnereier (und Eier anderer Vogel- und weiterer Tierarten, siehe Kapitel 1.4.1) auch für die Ernährung des Menschen genutzt. Wobei den Hühnereiern aufgrund der Domestikation des Haushuhns (s. Kapitel 1.4) eine besondere Bedeutung zukommt.

Während die meisten weiblichen Tiere zwei funktionierende Eierstöcke haben, hat die Henne nur einen. Die Entwicklung des rechten Eierstocks stoppt, wenn das (weibliche) Küken ausgebrütet ist, während der linke Eierstock weiterentwickelt wird.

Die Geschlechtsorgane der Henne sind in Abbildung 1.3.1.1 schematisiert dargestellt.

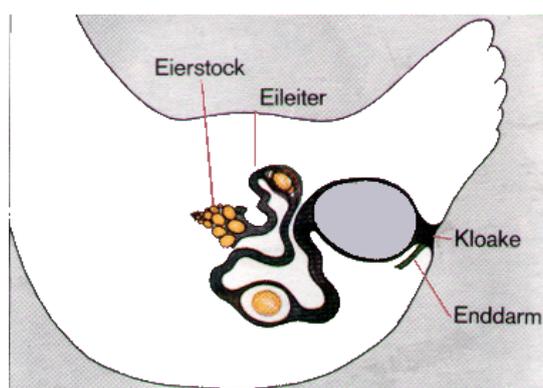


Abb. 1.3.1.1 | Geschlechtsorgane der Henne.

<http://www.projekt.didaktik.mathematik.uni-wuerzburg.de/mathei/eibio/bilder/lageorgane.gif>

Der linke Eierstock enthält bis zu 4.000 winzige Eizellen, die zu gelben Dotterkugeln heranreifen, die wir vom Frühstücksei her kennen. In ihnen schwimmt, mikroskopisch klein, die Eizelle. Jede Dotterkugel (Eigelb) wird von einem dünnen Follikel (Säckchen) aus Membranen umgeben. Blutgefäße im Follikel befördern Nährstoffe zu dem sich entwickelnden Dotter. Die jeweils reifste und größte Dotterkugel löst sich aus dem Eierstock und beginnt ihre Reise durch den Eileiter. Dieser Eisprung erfolgt alle 24 Stunden. Nach Freigabe vom Follikel gelangt die Dotterkugel in die Körperhöhle. Dort wird sie von dem Trichter (s. Abbildung 1.3.1.2) aufgenommen und beginnt ihren Weg durch den Eileiter bzw. den Legeapparat.

Hier kann eine Befruchtung erfolgen, wenn zuvor eine Begattung stattgefunden hat und Spermia aus dem Samenkanal des Hahnes über die Kloake der Henne in den Legeapparat übertragen wurde. Im Legeapparat werden die Spermien in mikroskopisch feinen Nischen bevorratet und ernährt, so dass sie gut zwei Wochen überleben können. Einmal täglich, wenn eine weibliche Eizelle vorbeikommt, werden kleine Portionen der Spermien abgestoßen. So kann eine Henne auch zwei Wochen ohne Hahnenbesuch befruchtete Eier legen. Aber auch wenn keine Befruchtung erfolgt, entsteht ein Hühnerei:

Der Eileiter ist etwa 60 cm lang und mit verschiedenen Drüsen ausgestattet, die Stoffe für die Fertigstellung des Eies absondern. Im Eileiter befindet sich zunächst nur die membranumhüllte Dotterkugel mit der Eizelle (Eigelb); es fehlen noch das Eiklar (Eiweiß), die Membranen der Schale und die Schale selbst. Diese Bestandteile werden von Drüsen abgesondert (siehe Abbildung 1.3.1.2). Innerhalb von ca. 24 Stunden wird die Dotterkugel mit diesen

Materialien umlagert und das Ei fertiggestellt.



Abb. 1.3.1.2 | Reproduktives System einer Henne.

<http://www.projekt.didaktik.mathematik.uni-wuerzburg.de/mathei/eibio/bilder/genitalapparat.gif>

Das fertige Hühnerei ist komplex und sehr funktional (Abbildung 1.3.1.3): Es schützt vor Stößen, Austrocknung, Bakterien und Viren und bietet dem Embryo Nahrung und Entwicklungsraum. Diese Schutzmechanismen funktionieren so gut, dass ein befruchtetes Ei bei normaler Raumtemperatur problemlos zwei Wochen lagern und anschließend immer noch ausgebrütet werden kann.

Die befruchtete Eizelle, aus der sich das Küken entwickelt, wird Keimfleck oder Keimscheibe genannt und befindet sich auf dem Eigelb (Dotter). Das Eiklar, das das Eigelb und den Keimfleck schützend umgibt, besteht aus mehreren Schichten. Es ist ein elastisch, stoßdämpfend, halbfest mit einem hohen Wassergehalt (s. Kapitel 2.1).

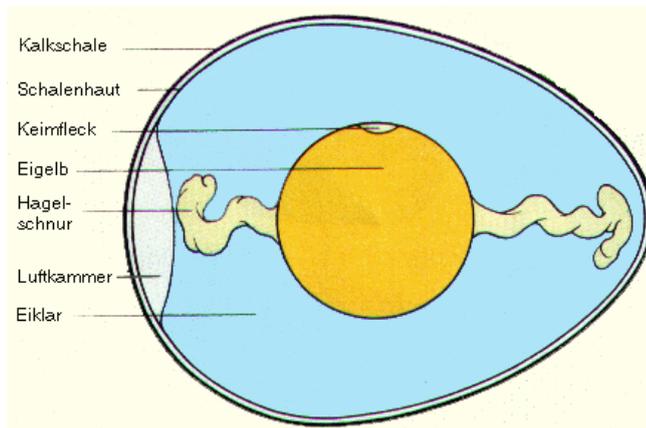


Abb.1.3.1.3 | Aufbau eines Hühnereies.

<http://www.projekt.didaktik.mathematik.uni-wuerzburg.de/mathei/eibio/bilder/ei.gif>

Das Eigelb und das Eiklar des Eies dienen während der Bebrütung als Nahrung für den Embryo. Auf den gegenüberliegenden Seiten des Eigelbs befinden sich zwei verdrehte kabelartige Schnüre, die Hagelschnüre. Sie halten das Eigelb im Eiklar in der Schwebe, damit es nicht gegen die Schale stößt. Der Embryo (Keimfleck) befindet sich immer auf der oberen Seite des Eigelbs und folglich nahe der Körperwärme der Henne. Das gewährleistet einen erfolgreichen Brutvorgang.

Um das Eiklar und das Eigelb befinden sich zwei Schalenmembranen und die Schale selbst. Diese schützen das Eigelb und das Eiklar zusätzlich. Die Schale eines Hühnereies ist zur Sauerstoffversorgung des heranwachsenden Kükens gasdurchlässig. Sie ist stabil, um beim Brüten das Gewicht des Huhns aushalten zu können. Gleichzeitig

ist sie mit etwa 0,3 bis 0,4 Millimeter aber sehr dünn, damit die Küken diese von innen aufpicken können.

Die folgende Tabelle fasst die Funktion der Eibestandteile zusammen.

Tabelle 1.3.1 | Funktionen der Bestandteile eines Hühnereies.

Bezeichnung	Funktion
Eidotter (Eigelb)	Ernährung, Schutz des Embryos
Eiklar	Ernährung, Schutz des Embryos
Membranen, "Eihaut"	Atmung, Gasaustausch
Kalkschale	Schutz des Embryos vor mechanischen Schäden
Hagelschnüre	halten den Eidotter in einer schwebenden Position
Keimscheibe, Keimfleck	ein kleiner weißer „Fleck“: aus der Zygote entwickelt sich der Embryo durch Zellteilungen und Wachstum zum Küken.
Luftkammer	sorgt dafür, dass das Küken genug Platz zum Schlüpfen hat und wird größer, je älter das Ei ist.

1.3.2 Embryonalentwicklung des Haushuhns

<https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2010/wie-das-huehner-ei-entsteht-100.html>

Das befruchtete Ei wird bei 37,8 Grad Celsius ausgebrütet. Im Inneren ziehen sich, ausgehend von der sogenannten Keimscheibe, Blutgefäße durch den Eidotter. Über diese versorgt sich der Embryo mit Nährstoffen. Bereits ab dem dritten Tag ist im Zentrum der Gefäße deutlich ein Herzschlag zu sehen. An dieser Stelle bildet sich der gekrümmte Körper des Embryos heraus. Bald darauf deuten sich die Augen als dunkle Punkte am Kopf an.

Ab dem achten Tag ist die Entwicklung der inneren Organe und des Kopfes fast vollständig abgeschlossen. Die Augen sind fertig ausgebildet, es fehlen nur noch die Lider. Bis zum siebzehnten Tag sind die Federn angelegt und Krallen sichtbar. Der Energievorrat aus dem Dottersack ist nun fast aufgebraucht. Gegen Ende der Entwicklung zieht das fast fertige Küken den Dottersack in den eigenen Bauchraum. Er ist die Nahrungsreserve für die ersten beiden Tage nach dem Schlupf.

Am 21. Tag ist das Küken bereit zum Schlupf. Fünf bis sechs Stunden zuvor hat es durch die Schale hindurch mit seinen Geschwistern Kontakt aufgenommen. Mit lautem Piepsen sprechen sich die Küken regelrecht über den Zeitplan ab. Wie sie das machen ist noch unerforscht, aber der Grund ist einleuchtend. Durch die Kontaktaufnahme regen sich die Küken gegenseitig zum Schlupf an. Es ist wichtig, dass sie möglichst gleichzeitig schlüpfen. Dadurch kann die Henne sie dann direkt alle unter ihre buchstäblichen Fittiche nehmen und sie wärmen und schützen.

1.3.2 Aufbau und Funktion von Biomembranen

Quelle verändert nach:

<http://abitur-wissen.org/index.php/biologie/cytologie/74-cytologie-biomembranen>

https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb4/1_mem/3_transport/8_aufg3/

Im Hühnerei sind um das Eiklar und das Eigelb sowie als Abgrenzung zur Kalkschale Membranen zu finden, die eine Kompartimentierung dieser Bereiche in der Zelle darstellen.

Die Kompartimentierung auf zellulärer und subzellulärer Ebene erfolgt bei allen Lebewesen durch Biomembranen (siehe Abbildung 1.3.3.1). Sie grenzen die Zellen nach außen ab und trennen im Zellinneren Reaktionsräume voneinander. Biomembranen wirken einerseits als passive Trennschichten und spielen

andererseits eine wichtige Rolle beim selektiven Transport von Teilchen (Moleküle, Ionen) und der Übermittlung von Informationen zwischen den verschiedenen Kompartimenten. Neben der Kompartimentierung dient die Biomembran auch der Zellerkennung, der Zellkommunikation und nimmt als Funktionsmembran ganz spezielle Aufgaben in den verschiedensten Organellen der Zelle wahr.

Die Grundsubstanz der Membran wird von einer Doppelschicht aus Phospholipiden gebildet, von denen es in Membranen drei Haupttypen gibt: Phosphoglyceride, Sphingolipide und Cholesterin. Generell bestehen Phospholipide aus einem hydrophilen (wasserliebenden) und einem hydrophoben (wasserabstoßenden) Molekülteil. Die hydrophilen Molekülteile sind dem umgebenden wässrigen Medium, also auch dem im Zellinneren vorhandenen Cytoplasma, zugewandt, während die hydrophoben Molekülteile ins Innere der Doppelschicht orientiert sind (Abbildung 1.3.3.1).

Auf und innerhalb der Lipiddoppelschicht sind verschiedene Arten von Membranproteinen verteilt, die die aktiven Funktionen der Membran übernehmen und die unterschiedlichen Eigenschaften bedingen. An die Proteine können Kohlenhydratketten geknüpft sein. Die beiden Seiten einer Biomembran können sich durch die Anordnung der Membranproteine stark unterscheiden.

Die Lipiddoppelschicht einer Biomembran ist normalerweise flüssig, also sind die Lipide und Proteine nach dem Flüssigkeit-Mosaik-Modell nicht starr in der Membran fixiert, sondern zu hochdynamischen Ortsveränderungen innerhalb der Membran fähig. Wie flüssig die Lipiddoppelschicht ist, hängt vor allem von der Anzahl der Doppelbindungen in den hydrophoben Kohlenwasserstoffketten der Phospholipide ab.

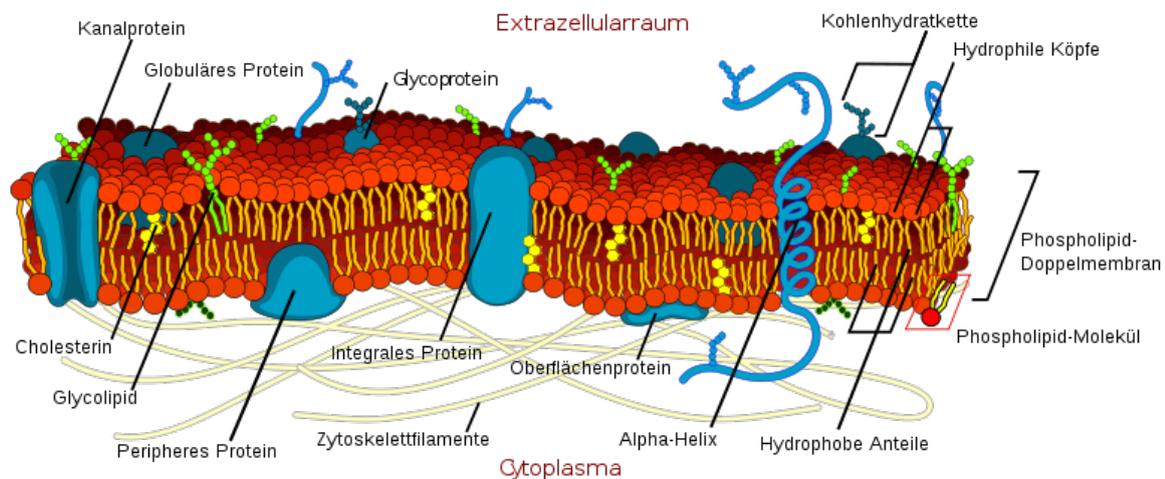


Abb.1.3.3.1 | Aufbau einer Biomembran.

Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cell_membrane_detailed_diagram_de.svg

Ein wichtiger Faktor bei der Abtrennung von Reaktionsräumen durch Biomembranen ist die selektive Permeabilität. Sie sorgt dafür, dass Teilchen Membranen nicht ungehindert durchdringen, sondern ausgewählt und eventuell zurückgehalten werden können. Dies kann passiv erfolgen (Poren- oder Kanalproteine), oder durch aktiven Transport (Carrierproteine) unter Energieaufwand.

Wasser kann nur in begrenztem Maß durch die Biomembran diffundieren, da sie im Inneren hydrophob ist (s.o.). Um den Wassertransport in Lebewesen zu ermöglichen, sind in die Biomembran Aquaporine eingebaut (Abbildung 1.3.3.2). Aquaporine sind Proteine, die einen wasserleitenden Kanal durch die Zellmembran formen, durch den eine Kette einzelner Wassermoleküle hindurchpasst. Aquaporine sind undurchlässig für andere Moleküle und Ionen. Sie erreichen eine Wasserleitfähigkeit von bis zu drei Milliarden Wassermolekülen pro Sekunde und Kanal. Eine 10 x 10 cm² große Membran mit eingebetteten Aquaporinen könnte somit etwa einen

Liter Wasser in wenigen Sekunden filtern.

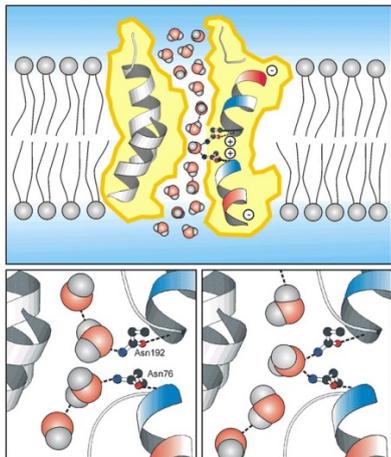


Abbildung 1.3.3.2 | Wasserdurchtritt durch einen Aquaporin-Kanal. In der Mitte des Kanals bilden die Wassermoleküle Wasserstoffbrückenbindungen zu den angrenzenden Aminosäuren aus, so dass die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Wassermolekülen unterbrochen werden.

Quelle:https://lehrerfortbildungbw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb4/1_mem/3_transport/8_aufg3/aquaporin_gross.jpg

1.3 Geschichte der Hühnerzucht

Verändert nach:

<https://www.huehnerhaltung.de/wissen/hintergrundwissen/geschichte/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Haushuhn>

Das Rote Kammhuhn (Bankivahuhn) aus Südostasien gilt als Ursprungsrasse unseres Haushuhns. Die erfolgreiche Domestizierung begann bereits weit vor Christi Geburt – vor fast 8.000 Jahren, wie Knochenfunde aus der Jungsteinzeit belegen. Damals entwickelte sich der Mensch zum sesshaften Bauern. Gesicherte Nachweise der Domestikation in der Indus-Kultur stammen aus der Zeit von 2.500 bis 2.100 v. Chr. In Ägypten waren Haushühner um ca. 1475 v. Chr. bekannt.

In Mitteleuropa stammen die ersten Belege, dass Menschen Hühner hielten, aus der frühen Eisenzeit (8. Jh. v. Chr. bis 5. Jh. n. Chr.). Hühner wurden ausschließlich im Stall gehalten, da sie wenig standorttreu und zudem sehr gut flugfähig waren. Im griechischen sowie im europäischen vorchristlichen Kulturraum wurden Hühner vor allem für Hahnenkämpfe und weniger zum Verzehr gehalten.

Die weite Verbreitung des Haushuhns im europäischen Raum erfolgte durch die Römer, die Hühner im großen Stil züchteten und sie als Fleisch- und Eierlieferant bekannt machten.

Genetische Untersuchungen zeigen, dass alle domestizierten Hühnerrassen von mehreren Wildhuhnarten abstammen. Es zeigte sich, dass nicht nur das Bankivahuhn, sondern auch andere, inzwischen ausgestorbene Wildhuhnarten, einen erheblichen Anteil an der Haushuhnwerdung hatten.

So wurde die Silberfarbe z.B. der Wyandotten und der Italiener durch Einkreuzung des Sonnerathuhns erzeugt. Die ersten Kreuzungen der Wildhuhnarten wurden von Züchtern bereits vor ca. 8.000 Jahren im indischen Großraum vorgenommen. Heutzutage haben sich die Haushühner und Wildhühner auf dem asiatischen Kontinent und den südostasiatischen Inselarchipelen stark verbreitet.

Alleine in Deutschland gibt es rund 44 Millionen Legehühner. Genutzt werden hierzu allerdings keine reinrassigen Hühner, sondern Hybridrassen, die der gewerblichen Eierproduktion dienlich sind. Das Hauptaugenmerk liegt bei diesen Hühnern also nicht auf der Erhaltung einzelner Hühnerrassen, sondern in der

möglichst hohen Produktivität. Ebenso verhält es sich in der Fleischproduktion der Hühner. Auch hier werden unterschiedlichste Rassen vereint, um eine möglichst hohe Fleischausbeute zu generieren.

Haushühner können im Jahr ca. 250 bis 300 Eier legen (Legerassen), wenn ihnen täglich das gelegte Ei weggenommen wird. Würden die Eier nicht entfernt, so würde die Henne mit dem Brüten beginnen, sofern ihr Bruttrieb genügend ausgeprägt ist. Bei modernen Rassen wurde der Bruttrieb jedoch gezielt weggezüchtet oder stark reduziert.

1.4.1 Eier anderer Arten als Nahrungsmittel

Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Ei_\(Lebensmittel\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ei_(Lebensmittel))

Neben den Hühnereiern werden und wurden auch Eier anderer Tierarten als Nahrungsmittel genutzt:

- Eier von der Wachtel
- Eier von Entenvögeln – vor allem in Ostasien
- Eier der Hausgans
- Straußeneier – verbreitet im südlichen Afrika, weltweite Zucht
- Eier des Emus als Eiweißlieferant der Aborigines
- Kiebitzeier – früher eine Delikatesse in Mitteleuropa
- Eier der Schildkröten, vor allem der Meeresschildkröten, welche dadurch gefährdet sind
- Störeier (Rogen) als Kaviar
- Rogen anderer Fischarten als *falscher Kaviar*
- Eier von Seeigeln als Delikatesse – vor allem in Japan
- Hinterleiber mit den Eiern (oder dem Sperma) des Samoa-Palolo (einer Wurmart) – Delikatesse und Aphrodisiakum in Teilen der Südsee
- Ameiseneier – Delikatesse in Südostasien

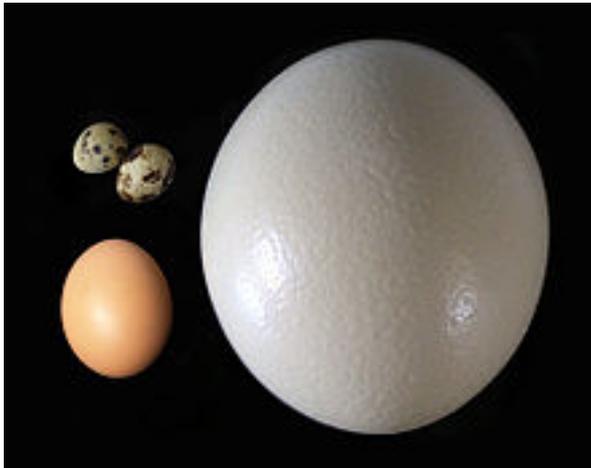


Abbildung 1.4.1.1 | Eier vom Afrikanischem Strauß, Haushuhn und Wachtel im Größenvergleich.

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9e/Vogeleier.jpg/220px-Vogeleier.jpg>

2 Chemische Hintergrundinformationen zu den Versuchen

2.1 Chemische Zusammensetzung eines Hühnereies

Verändert nach:

<https://www.huehner-haltung.de/wissen/huehnereier/aufbau-der-huehnereier/>

Die Schale eines Hühnereies setzt sich aus verschiedenen Stoffen zusammen: Zum größten Teil besteht sie aus Kalziumkarbonat (93 Prozent). Außerdem sind Magnesiumphosphat (1,1 Prozent) und Kalziumphosphat (1 Prozent), sowie Wasser (1,6 Prozent), Eiweißstoffe (3,3 Prozent) und ein wenig Fett enthalten.

Im Eiklar liegt der Anteil an echtem Eiweiß nur bei 10 Prozent, der Rest ist Wasser (Tabelle 2.2.1). Chemisch betrachtet ist Eiklar eine 10-prozentige wässrige Lösung von globulären Proteinen wie Ovalbumin, Conalbumin, Ovomucoïd und Lysozym.

Das Eigelb (Eidotter) hat im Vergleich zum Eiklar eine wesentlich höhere Nährstoffdichte (Tabelle 2.2.1). Es besteht im Wesentlichen aus einer Wasser-in-Öl-Emulsion. Bestandteile dieser Emulsion sind Fett (32 Prozent), Eiweiß (16 Prozent), Mineralien und Kohlenhydrate (je 1 Prozent) sowie 70 Prozent Wasser. Das Dotterfett, auch als Eieröl bezeichnet, setzt sich aus unterschiedlichen Fettsäuren wie Ölsäure, Palmitinsäure, Linolsäure und Stearinsäure zusammen.

Tabelle 2.2.1 | Chemische Zusammensetzung eines Hühnereies.

Quelle: E. C. NABER (1979) und BERGQUIST (1979) zit. in: Jahrbuch für Geflügelwirtschaft 2003 (verändert)

<https://www.gzho.de/index.php/rund-ums-ei/216-2-3-der-aufbau-des-eies>

Nährstoff	Einheit	Menge in 100 g Substanz Eiklar	Menge in 100 g Substanz Eidotter
Grundnährstoffe			
Wasser	g	88,1	48,8
Protein		10,1	16,2
Fett		-	32,7
Kohlenhydrate		0,8	0,7
Rohfaser		0	0
Asche		0,6	1,7
Energie			
	KJ	189	274
Mengenelemente			
Natrium	mg	161	65
Kalium		144	104
Chlor		131	67
Calcium		9	142
Magnesium		10	15
Schwefel		158	165
Phosphor		11	508
Spurenelemente			
Eisen	mg	0,2	5,5
Mangan		Spuren	0,1
Zink		Spuren	3,8
Kupfer		0,03	0,2
Jod		0,07	0,17
Vitamine			
A (Retinol)	mg/IE	-/-	0,1/1840
B ₁ (Thiamin)	mg	Spuren	0,25
B ₂ (Riboflavin)	mg	0,27	0,44
B ₆ (Pyroxidin)	mg	0,22	0,31
B ₁₂ (Cobalamine)	mg	Spuren	0,004
C (Ascorbinsäure)	IE	0	0
D (Calciferol)	mg	0	150
E (Tocopherol)	mg	0	3,9
H (Biotin)	mg	Spuren	0,005
Cholin	mg	Spuren	1110
Folsäure	mg	Spuren	0,02
Niacin	mg	0,10	0,10
Pantothensäure	mg	0,10	4,43

Struktur und Funktionen von Proteinen verändert nach: <http://www.chemie.de/lexikon/Protein.html>

Proteine, umgangssprachlich auch Eiweiße genannt, sind Makromoleküle, die aus Aminosäuren aufgebaut sind. Aminosäuren bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und – seltener – Schwefel. Proteine gehören zu den Grundbausteinen aller Zellen.

Die Aminosäuren sind durch Peptidbindungen zu Ketten verbunden. Aminosäureketten haben eine Länge von bis zu mehreren Tausend Aminosäuren. Aminosäureketten mit einer Länge von unter ca. 100 Aminosäuren werden als Peptide bezeichnet, Aminosäureketten mit größeren Kettenlängen als Proteine.

Für die Wirkungsweise der Proteine ist ihre räumliche Struktur (ihre Faltung) besonders wichtig. Die Proteinstruktur kann durch vier verschiedene Strukturebenen beschrieben werden (siehe Abbildung 2.1.1.1):

Als *Primärstruktur* eines Proteins wird die Abfolge der einzelnen Aminosäuren (auch Aminosäuresequenz genannt) innerhalb des Moleküls bezeichnet.

Als *Sekundärstruktur* wird die räumliche Anordnung des Proteins bezeichnet. Die häufigsten Sekundärstrukturen sind α -Helix und β -Faltblattstruktur. Diese Strukturen ergeben sich durch Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den verschiedenen funktionellen Gruppen der Aminosäure-Einheiten.

Viele Proteine bestehen aus einzelnen Bereichen, die jeweils eine eigene definierte Sekundärstruktur aufweisen. Die dreidimensionale Anordnung der einzelnen Bereiche im Molekül wird als *Tertiärstruktur* bezeichnet. So kann sich zum Beispiel eine α -Helix zwischen zwei Bereichen mit einer β -Faltblattstruktur befinden. Als Bindungskräfte, die diese dreidimensionale Struktur stabilisieren, wirken Disulfidbrücken, (kovalente Bindungen zwischen den Schwefelatomen zweier Cysteinreste) oder vor allem nicht-kovalente Wechselwirkungen wie Wasserstoffbrückenbindungen. Zusätzlich spielen hydrophobe und ionische Wechselwirkungen sowie Van-der-Waals-Kräfte eine wichtige Rolle.

Die Anordnung verschiedener Proteine zu größeren Einheiten wird als Quartärstruktur bezeichnet. Die Proteine sind dabei, ebenso wie innerhalb der Aminosäureketten, zum Beispiel über Wasserstoffbrücken, ionische Wechselwirkungen, Van-der-Waals-Kräfte oder Disulfidbrücken verknüpft. Auch komplex gebundene Metall-Atome können eine Rolle spielen, wie bspw. im Hämoglobin, das aus zwei Paaren von Peptid-Ketten besteht, wobei jede Peptid-Kette noch eine eisenhaltige Häm-Gruppe einschließt.

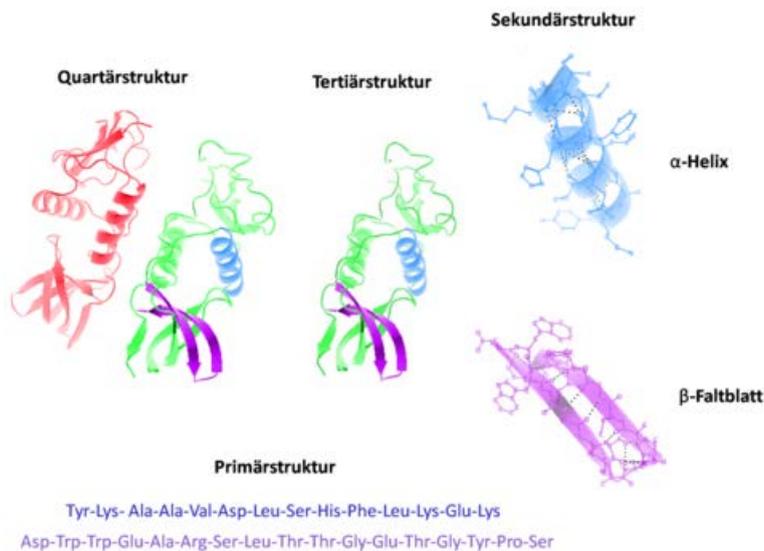


Abbildung 2.1.1.1 | Strukturebenen bei Proteinen. <https://de.wikipedia.org/wiki/Proteinstruktur#/media/File:Protein-Struktur.png>

Aufgrund ihrer Struktur und ihrer Löslichkeit werden zwei Hauptgruppen von Proteinen unterschieden:

- Die *globulären Proteine*, deren Tertiär- oder Quartärstruktur annähernd kugel- oder birnenförmig aussieht und die meist in Wasser oder Salzlösungen gut löslich sind. Ein Beispiel ist das für die Aufgabenstellung wichtige Protein des Eiklars, Ovalbumin genannt. Sie üben im Organismus verschiedene Funktionen, z.B. Transporte, aus.
- Die *fibrillären Proteine*, die eine fadenförmige oder faserige Struktur besitzen, meist unlöslich sind und zu den Stütz- und Gerüstsubstanzen gehören (beispielsweise die Keratine in den Haaren und Fingernägeln, Kollagen, Actin und Myosin für die Muskelkontraktion).

Wie in Kapitel 2.3. näher erläutert wird können alle Proteine, also auch das Ovalbumin, durch chemische und physikalische Faktoren verändert werden und ihre biologische Funktion verlieren.

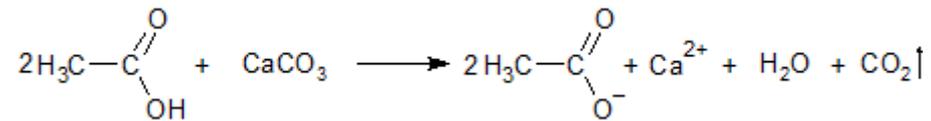
Die Aufgaben der Proteine im Organismus sind vielfältig:

- Strukturproteine, die den Aufbau der Zelle und damit letztlich die Beschaffenheit von Geweben, beispielsweise der Haarstruktur, und den gesamten Körperaufbau bestimmen.
- Enzyme verlangsamen oder beschleunigen als Biokatalysatoren Reaktionen.
- Ionenkanäle regulieren die Ionenkonzentration in der Zelle, und damit deren osmotische Homöostase sowie die Erregbarkeit von Nerven und Muskeln.
- In den Muskeln verändern bestimmte Proteine ihre Form und sorgen so für die Kontraktion der Muskeln und damit für Bewegung.
- Als Transportproteine übernehmen sie den Transport körperwichtiger Substanzen wie z.B. Hämoglobin, das im Blut für den Sauerstofftransport zuständig ist, oder Transferrin, das Eisen in unserem Blut transportiert.
- Manche (meist kleinere Proteine) steuern als Hormone Vorgänge im Körper.
- Als Antikörper dienen sie der Infektionsabwehr.
- Als Blutgerinnungsfaktoren verhindern die Proteine einerseits einen zu starken Blutverlust bei einer Verletzung eines Blutgefäßes, und andererseits eine zu starke Gerinnungsreaktion mit Blockierung des Gefäßes.
- Als Reservesubstanz dienen die Proteine dem Körper als Energielieferanten im Hungerzustand.

2.2 Auflösen der Kalkschale durch Säuren

Für die experimentellen Aufgaben sind die anorganische Verbindung Kalziumkarbonat, CaCO_3 , als Hauptbestandteil der Schale, und die organische Stoffklasse der Proteine als wesentliche Nährstoffklasse wichtig.

Wie alle Karbonate kann auch Kalziumkarbonat durch anorganische und organische Säuren zersetzt werden. Benutzt man z.B. Essigsäure (Ethansäure) als Reaktionspartner, entstehen als Reaktionsprodukte Acetationen, Kalziumionen, Wasser und Kohlenstoffdioxid. Letzteres entweicht als Gas. Eine entsprechende Reaktion ergibt sich auch bei Verwendung der Tricarbonsäure Citronensäure.



Reaktionsschema:

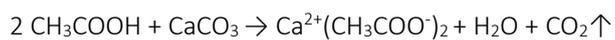


Abbildung 2.2.1 | Chemische Reaktion von Essigsäure mit Kalziumkarbonat.

Quelle: <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/chemie/artikel/essigsaeure>

2.3 Denaturierung der Proteine im Hühnerei

Verändert nach: <http://www.chemie.de/lexikon/Protein.html>

Sowohl durch chemische Einflüsse, wie zum Beispiel Säuren, Salze oder organische Lösungsmittel, als auch durch physikalische Einwirkungen, wie hohe oder tiefe Temperaturen oder auch Druck, können sich die Sekundär- und Tertiärstruktur und damit auch die Quartärstruktur von Proteinen ändern, ohne dass sich die Reihenfolge der Aminosäuren (Primärstruktur) ändert. Dieser Vorgang heißt Denaturierung und ist in der Regel nicht umkehrbar, das heißt der ursprüngliche dreidimensionale räumliche Aufbau kann ohne Hilfe nicht wiederhergestellt werden. Bekanntestes Beispiel dafür ist das Eiweiß im Hühnerei, das beim Kochen fest und weiß wird, weil sich der räumliche Aufbau der Proteinmoleküle ändert. Der ursprüngliche flüssige Zustand kann nicht mehr hergestellt werden. Das Wiederherstellen des ursprünglichen Zustandes des denaturierten Proteins heißt Renaturieren.

Menschen denaturieren, das heißt kochen, ihre Speisen um sie leichter verdaulich zu machen. Durch die Denaturierung ändern sich die physikalischen und physiologischen Eigenschaften der Proteine, wie z.B. beim Spiegelei, das durch die Hitze in der Pfanne denaturiert wird.

2.4 Osmose

Verändert nach:

<http://www.biologie-schule.de/osmose.php>

<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/osmose/48395>

Bei der Osmose (griech. osmos = eindringen) diffundieren Moleküle eines Lösungsmittels (in der Regel Wassermoleküle) durch eine semipermeable (halbdurchlässige) Membran. Die Diffusion geschieht, weil zwischen den beiden Seiten der Membran ein Konzentrationsunterschied herrscht. Osmose ist für viele physiologische Prozesse von zentraler Bedeutung (Exkretion, Osmoregulation, Transport, Wasserpotenzial). Die semipermeable Membran ist für das Lösungsmittel vollständig, für darin gelöste Teilchen nicht oder unvollständig durchlässig (s. Kapitel 1.3.3).

Der Osmose liegt das Bestreben der Teilchen zu Grunde, einen Konzentrationsausgleich zwischen Innen- und Außenraum der Membran zu schaffen. Das Lösungsmittel diffundiert daher so lange in das Kompartiment mit dem gelösten Stoff, bis ein Konzentrationsausgleich des Lösungsmittels erreicht ist. In diesem Zustand befinden sich aber mehr Lösungsmittelmoleküle als vorher im Kompartiment mit dem gelösten Stoff und erzeugen daher einen hydrostatischen Druck auf die semipermeable Membran der umso größer ist, je mehr gelöste Teilchen vorhanden sind, d.h. je mehr Lösungsmittel bis zum Konzentrationsausgleich hineindiffundieren muss.

Dieser osmotische Druck ist unabhängig von der Art des Lösungsmittels und des gelösten Stoffes, aber abhängig von der Anzahl der Teilchen. Dies wird auch als kolligative Eigenschaft bezeichnet. Ein Maß für die osmotische Konzentration von Lösungen ist die Osmolarität. Zwei Lösungen, die dieselbe Anzahl von gelösten Teilchen enthalten, sind isoosmotisch (entsprechend: bei höherer Teilchenzahl hyperosmotisch, bei geringerer Zahl hypoosmotisch).

Das Verhalten von Zellen oder Organismen in Medien unterschiedlicher Konzentrationen ist in Abbildung 2.4.1 dargestellt. In einer isotonen Lösung verändert eine Zelle oder ein Organismus sein Volumen nicht. Bei einer hypertonen Lösung schrumpfen die Zelle oder der Organismus durch Wasserausstrom, während sie bei einer hypotonen Lösung durch Wassereinstrom anschwellen.

Isoosmotisch ist somit ein Begriff der physikalischen Chemie, während isoton eine Zelle beschreibt, bei der die Konzentration der gelösten Teilchen auf beiden Seiten der Zellmembran gleich ist.

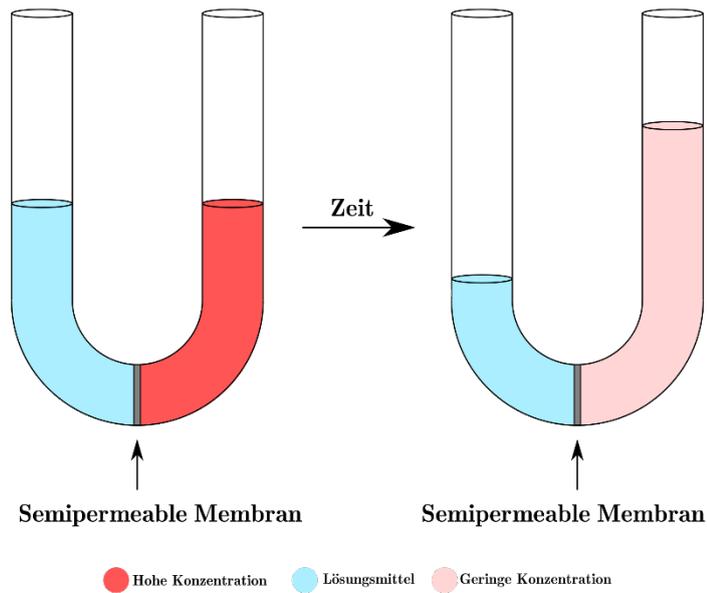


Abbildung 2.4.1 | Schematische Darstellung der Osmose.

Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Osmotischer_Druck_in_einem_U_Rohr.svg/2000px-Osmotischer_Druck_in_einem_U_Rohr.svg.png

2.5 Ursache von grün-blauem Eidotter bei gekochten Eiern

Verändert nach:

<https://www.swr.de/swr1/bw/wissenswertes-das-wundersame-ei-/id=233362/did=13222726/nid=233362/12v3n8o/index.html>

Der grün-bläuliche Rand am Eigelb entsteht nur, wenn die Eier unnötig lange gekocht werden. Dann reagiert der Mineralstoff Eisen, der im Eigelb steckt, mit den schwefelhaltigen Aminosäuren aus dem Eiklar. Beide Stoffe, Eisen und Schwefel, reagieren also am Rand des Eigelbs miteinander und es entsteht grünblaues Eisensulfid. Das ist nicht ungesund. Dieser Rand lässt sich aber verhindern, indem man die Eier nicht länger als zehn bis zwölf Minuten kocht. In dieser Zeit kann sich noch nicht genug Eisensulfid bilden, um aufdringlich grünblau sichtbar zu sein.

3 Physikalische Hintergrundinformationen zu den Versuchen

3.1 Dichte und Auftrieb – Archimedisches Prinzip

Verändert nach: <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/auftrieb-und-auftriebskraft>

Die Auftriebskraft an einem Körper ist umso größer, je größer sein eingetauchtes Volumen ist. Gleichzeitig verdrängt der eingetauchte Körper mit seinem Volumen ein genauso großes Volumen Flüssigkeit. Die verdrängte Flüssigkeit hat eine bestimmte Gewichtskraft, die umso größer ist, je größer ihr Volumen ist. Damit ergibt sich ein Zusammenhang zwischen der Auftriebskraft an einem Körper und der Gewichtskraft der von ihm verdrängten Flüssigkeit bzw. des verdrängten Gases. Dieser Zusammenhang wird durch das archimedische Gesetz beschrieben.

Es lautet:

Für einen Körper, der sich in einer Flüssigkeit oder in einem Gas befindet, gilt: die auf den Körper wirkende Auftriebskraft ist gleich der Gewichtskraft der von ihm verdrängten Flüssigkeits- bzw. Gasmenge.

Die Bedingungen für das Sinken, Schweben, Steigen oder Schwimmen von Körpern kann man auch mithilfe der Dichten der Körper und der Flüssigkeit bzw. des Gases beschreiben. Dazu sind folgende Überlegungen durchzuführen: Die Gewichtskraft eines Körpers ist von seiner Masse und diese wiederum von seiner Dichte und seinem Volumen abhängig. Die Abbildung 3.1.1 verdeutlicht diesen Zusammenhang.



Abbildung 3.1.1 | Das Archimedische Prinzip

Quelle: <https://www.experimentis.de/site/wp-content/uploads/2013/06/309Archimedes.gif>

3.1.1 Mini-Experiment zum Archimedischen Prinzip Nr. 1: Das schwebende Ei

Verändert nach:

<https://www.experimentis.de/experimente-versuche/gas-wasser-luft/warum-schwimmt-schiff-archimedes-archimedisches-prinzip/>



Abbildung 3.1.1.1 | Versuch „Das schwebende Ei“

Ein weiterer Versuch, der das Archimedische Prinzip gut verdeutlicht, ist das Experiment „Ein schwebendes Ei“ (Abbildung 3.1.1.1). Man nimmt dazu ein Glas, legt ein Ei hinein und füllt das Glas mit Wasser auf. In ein zweites Glas gibt man Wasser und ein paar Esslöffel Salz. Ziel ist es, nach und nach so viel Salz in das Wasser zu geben und dadurch dessen Dichte so weit zu erhöhen, dass ein Ei zunächst schwebt und – wenn man möchte – schließlich auch schwimmt. Auf dem Foto ist zu sehen, wie das Ganze am Schluss aussieht. Im ersten Fall ohne Salz ist die Auftriebskraft kleiner als die Gewichtskraft. Im zweiten Fall ist die Auftriebskraft genau gleich der Gewichtskraft – man hat ein schwebendes Ei – und im dritten Fall ist die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft.

4 Eier im täglichen Leben

4.1 Haltbarkeit und Aufbewahrung

Verändert nach:

<https://www.ndr.de/ratgeber/kochen/warenkunde/Richtig-lagern-und-zubereiten,eier418.html>

Beim Kauf von Eiern empfiehlt es sich auf das Mindesthaltbarkeitsdatum zu achten. Es endet 28 Tage nach dem Legedatum. Danach sind die Eier aber bei richtiger Lagerung noch nicht schlecht. Sie sollten aber nur noch zum Kochen oder Backen verwendet werden. Wichtig ist, dass sie auf eine Temperatur von über 70 Grad erhitzt werden um mögliche Keime, wie etwa Salmonellen, abzutöten.

Am besten lagern rohe Eier im Eierfach in der Kühlschranktür. Sie sollten immer getrennt von anderen Lebensmitteln aufbewahrt werden, da die Schale luftdurchlässig ist und die Eier Gerüche von stark riechenden Lebensmitteln wie Zwiebeln annehmen können. Die Eier vor dem Einlagern nicht waschen, um die natürliche Schutzschicht der Schale zu erhalten. Am besten mit dem spitzeren Ende nach unten aufbewahren, so befindet sich die natürliche Luftkammer im Ei oben. Auf diese Weise halten sich die Eier länger. Andersherum gelagert steigt die Luft aus dieser Kammer nach einer Weile nach oben, wobei sich die Eihaut ablösen und Keime eindringen können.

Ob ein rohes Ei noch frisch ist, lässt sich ganz einfach testen: Dazu das Ei in ein Glas mit kaltem Wasser legen. Ein frisches Ei bleibt am Boden liegen, ältere Eier richten sich auf oder schwimmen an die Wasseroberfläche. Das liegt daran, dass aus einem älteren Ei schon Flüssigkeit durch die Schale hindurch verdunstet ist und der innere Hohlraum für Auftrieb sorgt. Mit etwas Übung lässt sich auch nach dem Aufschlagen erkennen, ob ein Ei ganz frisch oder bereits etwas älter ist: Bei frischen Eiern wölbt sich der Dotter und auch das Eiweiß nach oben, beim älteren Ei fließt das Eiweiß weit auseinander, der Eidotter ist flacher.

Tabelle 4.1.1 | Haltbarkeit von Eiern und Eierspeisen.

Quelle: <https://www.hauswirtschaft.info/ernaehrung/ei.php>

Lebensmittel	Haltbarkeit
Rohe Eier	Siehe Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD); sollten ab dem 18. Tag nach dem Legedatum im Kühlschrank gelagert werden.
Hart gekochte Eier	Wenn die Schale nicht aufgeplatzt ist 2 bis 4 Wochen.
Speisen mit rohen Eiern	Im Kühlschrank maximal 1 Tag
Rohes Eigelb, rohes Eiklar	Im Kühlschrank 2 bis 3 Tage
Rohes Eigelb	6 bis 12 Monate bei – 18°C
Rohes Eiklar	Ca. 12 Monate bei mind. – 18°C

4.2 Hygiene

Verändert nach:

<https://www.hauswirtschaft.info/ernaehrung/ei.php>

Vor allem Salmonellen können an oder im Ei vorhanden sein. In der Regel befinden sich die Salmonellen an der Eischale, da sie mit dem Kot der Hühner in Kontakt gekommen sind. Damit eine Erkrankung an einer Salmonellose ausgeschlossen werden kann, sollten folgende Hygieneregeln beachtet werden:

- Rohe Eier nicht auf die Arbeitsplatte legen
- Eierschalen direkt entsorgen
- Spüllappen, die mit rohem Ei in Verbindung gekommen sind, sofort in die Wäsche geben
- Nach dem Umgang mit rohen Eiern die Hände gründlich waschen, ggf. desinfizieren
- Für Speisen mit rohen Eiern nur sehr frische Eier verwenden und sofort kühlen
- Eier mit beschädigter Schale sofort verbrauchen und durchgaren

5 Weitergehende Projektthemen

- pro und kontra Massentierhaltung; arteigenes Verhalten versus Wirtschaftlichkeit (Bewertungskompetenz)
- Methoden der Hühnerhaltung: Lebensbedingungen der Hühner auf dem Hühnerhof (Käfighaltung, Bodenhaltung, Freilandhaltung)
- Aussagekraft der Kennzeichnung von Eiern und Eierverpackungen
- Möglichkeit der gezielten Befruchtung: Weibchen bevorzugt
- Männliche Küken werden aussortiert – ethische Diskussion
- Verhalten: Hackordnung auf dem Hühnerhof
- Hühnervögel in der Wildnis – Einzelgänger oder Schwarmtiere?
- Geschichte der Haustierhaltung am Beispiel von Hühnern
- Geschichte der Hühnerzucht
- Überblick über Haushuhnrasen und ihre Verbreitung
- Zuchtziele in der Hühnerzüchtung (neben Eieranzahl und Fleisch)
- Bedeutung des Eies in Volksbräuchen (Ostereier, Eierspiele)
- Vergleich der weiteren Eier, die vom Menschen gegessen werden
- eingeschlechtliche Fortpflanzung im Tierreich (Jungfernzeugung)
- Vor- und Nachteile von ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Vermehrung

6 Literatur- und Linksammlung

Alle Links wurden am 20.10.2018 auf ihre Aktualität geprüft.

Biologie

Ungeschlechtliche und geschlechtliche Vermehrung bei Tieren

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie/artikel/geschlechtliche-fortpflanzung>

<https://www.planet->

[wissen.de/natur/tierwelt/sex_im_tierreich/pwiediefortpflanzungsstrategiendertiere100.html](https://www.planet-wissen.de/natur/tierwelt/sex_im_tierreich/pwiediefortpflanzungsstrategiendertiere100.html)

<https://www.wissen.de/lexikon/ei>

http://www.natureier.ch/pdf/Eierlegende_Tiere.pdf

Eierlegende Wirbeltiere

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie/artikel/wirbeltiere>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Vogelei>

https://edoc.ub.uni-muenchen.de/11599/1/Hartmann_Caroline.pdf

http://www.natureier.ch/pdf/Eierlegende_Tiere.pdf

Aufbau des Hühnereies

<http://www.projekt.didaktik.mathematik.uni-wuerzburg.de/mathei/eibio/anatomie.htm>

<https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2010/wie-das-huehner-ei-entsteht-100.html>

Embryonalentwicklung des Haushuhns

<https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2010/wie-das-huehner-ei-entsteht-100.html>

Aufbau und Funktion von Biomembranen

<http://abitur-wissen.org/index.php/biologie/cytologie/74-cytologie-biomembranen>

https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb4/1_mem/3_transport/8_aufg3/

Geschichte der Hühnerzucht

<https://www.huehnerhaltung.de/wissen/hintergrundwissen/geschichte/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Haushuhn>

Eier anderer Arten als Nahrungsmittel

[https://de.wikipedia.org/wiki/Ei_\(Lebensmittel\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ei_(Lebensmittel))

Chemie

Chemische Zusammensetzung von Hühnereiern

<https://www.huehner-haltung.de/wissen/huehnereier/aufbau-der-huehnereier/>

Struktur und Funktion von Proteinen

<http://www.chemie.de/lexikon/Protein.html>

Denaturierung der Proteine im Hühnerei

<http://www.chemie.de/lexikon/Protein.html>

Osmose

<http://www.biologie-schule.de/osmose.php>

<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/osmose/48395>

Ursache von grün-blauem Eidotter bei gekochten Eiern

<https://www.swr.de/swr1/bw/wissenswertes-das-wundersame-ei/-/id=233362/did=13222726/nid=233362/12v3n8o/index.html>

Physik

Dichte und Auftrieb – Archimedisches Prinzip

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/auftrieb-und-auftriebskraft>

Mini-Experiment zum Archimedisches Prinzip Nr. 1: Das schwebende Ei

<https://www.experimentis.de/experimente-versuche/gas-wasser-luft/warum-schwimmt-schiff-archimedes-archimedisches-prinzip/>

Eier im täglichen Leben

Haltbarkeit und Aufbewahrung

https://www.ndr.de/ratgeber/kochen/warenkunde/Richtig-lagern-und-zubereiten_eier418.html

Hygiene

<https://www.hauswirtschaft.info/ernaehrung/ei.php>

https://www.ndr.de/ratgeber/kochen/warenkunde/Richtig-lagern-und-zubereiten_eier418.html