

Vogeleier und ihre Farben

Kurt Schläpfer
Béatrice Schläpfer

Copyright © 2007

Béatrice und Kurt Schläpfer
St. Gallerstrasse 60
CH-9032 Engelburg

www.natureier.ch
schlaepfer@datacomm.ch

Vorwort

Als Verfasser eines Lehrbuchs über Farbmétrie und Farbmessung habe ich mich schon immer für Farben interessiert, berufsbedingt vor allem für Farben in der Fotografie und in Druckerzeugnissen. Schon früh hat mich meine Frau als Eiersammlerin auch auf die Vielfalt der Farben bei Vogeleiern aufmerksam gemacht. Aber erst nach meinem Rücktritt vom aktiven Berufsleben fanden die Farben von Vogeleiern mein näheres Interesse. Dabei musste ich feststellen, dass sich noch niemand damit befasst hat, die Farben von Vogeleiern systematisch zu beschreiben und zu ordnen. So war dies für mich ein Anreiz, diese Lücke zu schliessen. Der Ausgangspunkt für meine Messungen war die Eiersammlung meiner Frau. Später erlaubten mir noch zwei Museen, nämlich das Naturmuseum St. Gallen und das naturhistorische Museum in Bern, Messungen an ihren Eiersammlungen durchzuführen.

Die vorliegende Broschüre möchte aber nicht nur die Farben von Eiern beschreiben, sondern auf die ganze Vielfalt von Vogeleiern eingehen. Was diesen Teil der Broschüre betrifft, durfte ich auch auf das Wissen und die Erfahrung meiner Frau als Eiersammlerin zurückgreifen. Über die Entstehung der Farbe auf der Eischale hat zudem Frau Petra Wiesenhütter, Biologin am Naturmuseum St. Gallen, einen interessanten Text beigesteuert.

Die Autoren dieser Broschüre hoffen, dass sie damit einen Einblick in ein weniger bekanntes Gebiet der Vogelkunde, das aber nicht weniger faszinierend ist, geben zu können.

Juni 2007

Kurt Schläpfer

Inhaltsverzeichnis

Die Vielfalt der Eier	5
Wie die Farbe auf die Eischale gelangt	12
Interessantes über die Eischale als Verpackung	14
Die Rolle der Eifarbe	16
Beschreibung und Klassierung von Farben	19
Farben und Farbordnung bei Vogeleiern	23
Anhang: Wenn Sie selbst einmal Eier sammeln möchten	30
Dank	

Die Vielfalt der Eier

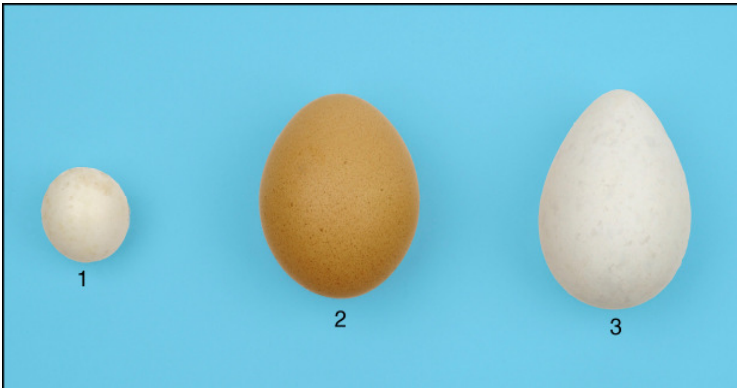
Bekanntlich legen alle Vögel Eier. Das ist einleuchtend, denn würden die Vögel lebend gebären, so wäre ihre Flugfähigkeit beim Mittragen eines Embryos sehr beeinträchtigt. Zwar gibt es auch flugunfähige Vögel, wie beispielsweise der Strauß, doch sind diese Vögel erst im Verlauf der Evolution zu so genannten Laufvögeln geworden. Die Vielfalt der Eier ergibt sich daher in erster Linie aus der Vielzahl der Vogelarten. Dies führt zur Frage, wie viele Vogelarten man überhaupt kennt. Zwar nimmt man an, dass es heute nur noch wenige unbekanntere Vogelarten gibt. Aber man kann Vögel unterschiedlich klassieren, indem man beispielsweise sehr ähnliche Vögel der gleichen Art zuordnet (und diese dann als Unterarten klassiert), oder indem man sie in verschiedene Arten aufteilt. Auf diese Weise kommt man zu verschiedenen Zahlen, was die Gesamtheit der Vogelarten betrifft. Eine Zahl, die man sich leicht merken kann, und die den heutigen wissenschaftlichen Klassifikationen sehr nahe kommt, ist 10'000. Die Zahl der verschiedenen Eier ist sogar noch grösser als die Zahl der klassierten Vogelarten. So werden beispielsweise die 200 verschiedenen Hühnerrassen wissenschaftlich nur einer einzigen Vogelart zugeordnet, nämlich dem Haushuhn. Farblich findet man aber gerade bei den Hühnereiern sehr unterschiedliche Varianten, vom grünen Ei des Araucana-Huhns bis zum dunkelbraunen Ei des Marans-Huhns. Auch die gleiche Vogelart kann unterschiedlich aussehende Eier legen, wofür in Europa der Kuckuck bekannt ist. Der Kuckuck (*Cuculus canorus*) baut bekanntlich keine Nester, sondern legt seine Eier in das Nest eines so genannten Wirtsvogels. Dabei ist die Färbung des Eies jener des betreffenden Wirtsvogels angepasst. Vom Aussehen her gibt es also so viele verschiedene Kuckuckseier wie es Wirtsvögel für den Kuckuck gibt. Die bekanntesten Wirts-

vögel sind die Bachstelze, der Teichrohrsänger, der Hausrotschwanz und der Gartenrotschwanz.



Kuckuckseier aus verschiedenen Wirtsvogelnestern: Hausrotschwanz (1), Bachstelze (2) und Gartenrotschwanz (3)

1967 erschien ein Büchlein von Wolfgang Makatsch, einem bekannten Vogeleier-Fachmann, unter dem Titel «Kein Ei gleicht dem anderen». Die Aussage dieses Titels trifft vielleicht nicht ganz zu, denn vor allem für Laien sehen nicht nur die Eier der gleichen Vogelart, sondern auch solche von verschiedenen Vögeln in vielen Fällen fast gleich aus. So kann man beispielsweise die weissen Eier einzelner Tauben- und Papageienarten weder bezüglich Grösse noch Form unterscheiden. Andererseits aber gibt es doch mehrere Merkmale, in denen sich Eier unterscheiden können. Der Autor des oben zitierten Büchleins sagt beispielsweise mit Recht, dass nicht alle Eier eiförmig sind. In der Fachliteratur über Eier unterscheidet man bis acht verschiedene Eiformen. Wir wollen hier nicht allzu tief in die Details gehen, aber neben dem «eiförmigen» Hühnerei fällt zum Beispiel das kugelförmige Ei eines Eisvogels auf, oder das kegelförmige Ei eines Papageitauchers.

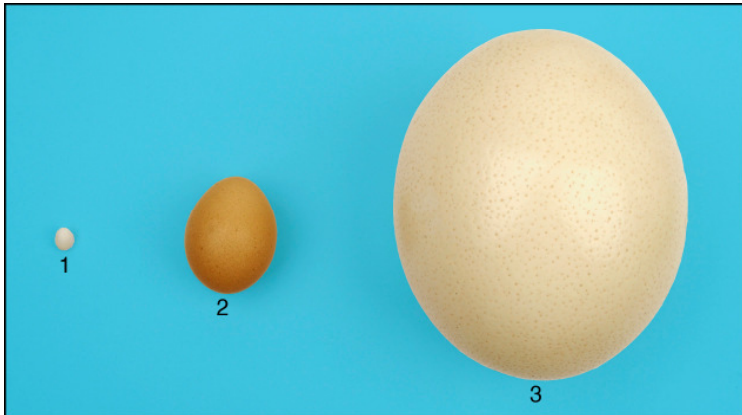


Verschiedene Eiformen: rund (Eisvogel), eiförmig (Haushuhn), kegelförmig (Papageitaucher)

Ein sehr augenfälliges Merkmal ist die Grösse des Eies. Fast jedermann weiss, dass Strausse die grössten Eier legen, die etwa 1.5 kg wiegen können. Am anderen Ende der Grössenskala gibt es verschiedene Vogelarten. Am bekanntesten sind die Kolibris, von denen es über 300 Arten gibt. Das kleinste Kolibri-Ei wiegt ungefähr 0.2 g, sodass man sagen kann, dass ein Straussenei etwa 7500 Kolibri-Eiern entspricht. Das klassische Hühnerei wiegt zwischen 50 g und 80 g, sodass ein Straussenei mindestens 20 Hühnereiern entspricht. Logisch scheint, dass kleine Vögel kleine Eier legen, und grosse Vögel grosse Eier. Doch so genau stimmt diese Regel nicht: Wenn man das Gewicht des Eies auf das Gewicht des Vogels bezieht, liegt dieser Wert zwar meist zwischen 2% (beim Strauss) und 10% bei kleinen Vögeln, aber eine bemerkenswerte Ausnahme findet sich beim Kiwi, dem Wappenvogel Neuseelands, dessen Ei bis 25% des Körpergewichts betragen kann.

Noch grössere Eier stammen vom Madagaskar-Strauss, der auch Elefantenvogel genannt wird. Dieser Vogel lebte auf Madagaskar und ist seit etwa 450 Jahren ausgestorben. Dank

der robusten Eischale sind noch einige Eier und viele Schalenhälften erhalten. Das Gewicht des Eies beträgt etwa 10 kg, was ungefähr 7 Strausseneiern entspricht. Man schätzt, dass es weltweit noch etwa 40 bis 50 intakte Eier des Madagaskar-Strausses gibt.

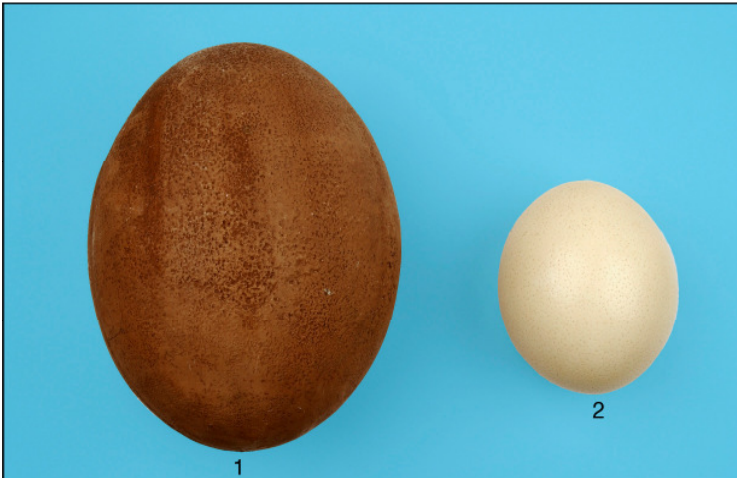


Größenunterschiede bei Eiern: Kolibri (1), Haushuhn (2) und Strauss (3)

Die beeindruckende Vielfalt der Vogeleier zeigt sich aber vor allem in der Färbung. Zwar legen nicht alle Vögel farbige Eier. Es gibt ganze Vogelfamilien, die makellos weisse Eier legen. Beispiele dafür sind:

- die Papageien (360 Arten)
- die Tauben (313 Arten)
- die Kolibris (322 Arten)
- die Spechte (216 Arten)
- die Eulen (156 Arten)

Es lässt sich schätzen, dass ungefähr ein Viertel aller Vogelarten weisse Eier legt.

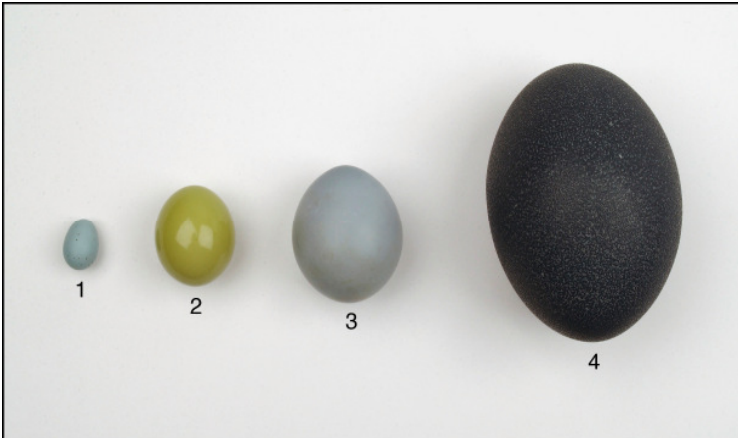


Das Straussenei (2) im Vergleich zum Ei des ausgestorbenen Madagaskar-Strausses (1)

Bei den Farben gibt es alle Abstufungen von blassen zu gesättigten Tönen und von dunklen zu hellen Schattierungen. Gesättigte Farben gibt es speziell im Olivgrün- und im Rotbraun-Bereich. Vor allem eine Vogelfamilie zeichnet sich durch bunte Eifarben aus, nämlich die Familie der Steisshühner oder Tinamus (*Tinamidae*). Diese Vögel leben in Mittel- und Südamerika. Ihre Eier besitzen eine porzellanähnliche glänzende Schale, sodass sie wie lackierte Eier aussehen.

Was es bei Vogeleiern allerdings nicht gibt, sind reine Gelbtöne, satte rote Farben und alle Farben im Violett- und Purpurbereich. Dies ist eigentlich erstaunlich, wenn man bedenkt, dass die Natur in der Tier- und Pflanzenwelt sonst bezüglich Farben sehr verschwenderisch ist. Man denke nur an die Farbenvielfalt bei den Papageien. Allerdings kann man die beschränkte Farbpalette bei Eifarben auch leicht erklären: Die Farben auf der Eischale entstehen nämlich durch nur zwei Farbpigmente,

die rotbraun und blaugrün sind. Wie die Farbbildung genau abläuft, wird im nächsten Abschnitt erklärt.



Beispiele von blaugrünen Eiern: Königsglanzstar (1), Perlsteisshuhn (2), Tao (3) und Emu (4)



Beispiele von rotbraunen Eiern: Kastanien-Tinamu (1), Nachtigall (2), Japanbuschsänger (3) und Maranshuhn (4),

Zur Vielfalt der Vogeleier trägt auch bei, dass die meisten Eier nicht gleichmässig gefärbt sind, sondern verschiedene Arten von Mustern haben können. Es kann sich dabei um Flecken oder um fadenförmige und punktförmige Strukturen handeln. Bei der Goldammer sehen die fadenförmigen Verläufe wie eine Kritzelzeichnung aus.



Verschiedene Strukturen auf Eiern: (1) fadenförmig (Goldammer), (2) mit einer netzartigen Kalkstruktur überzogen (Guira-Kuckuck), (3) grob gefleckt (Dreizehenmöve), (4) feine Punkte (Sandregenpfeifer)

Interessant ist, dass nur der rotbraune Farbstoff zu solchen Strukturen führt. Es gibt jedoch keine grün gefleckten Eier, sondern das grünblaue Pigment führt immer zur gleichmässigen Einfärbung. Man hat auch festgestellt, dass die rotbraune Eifarbe bei frisch gelegten Eiern abwaschbar ist, während dies für die grünblaue Färbung nicht zutrifft.

Wenn von der Vielfalt der Eier die Rede ist, mag vielleicht auch interessieren, wie viele Eier und damit Vogelarten man in der Schweiz finden könnte. Es gibt eine Erhebung der Vogelwarte Sempach, wonach es 391 Vogelarten in der Schweiz gibt, wovon aber nur 197 Arten auch hier brüten. Man könnte

somit in der Schweiz nur die Eier von etwa 2 Prozent aller existierenden Vogelarten antreffen.

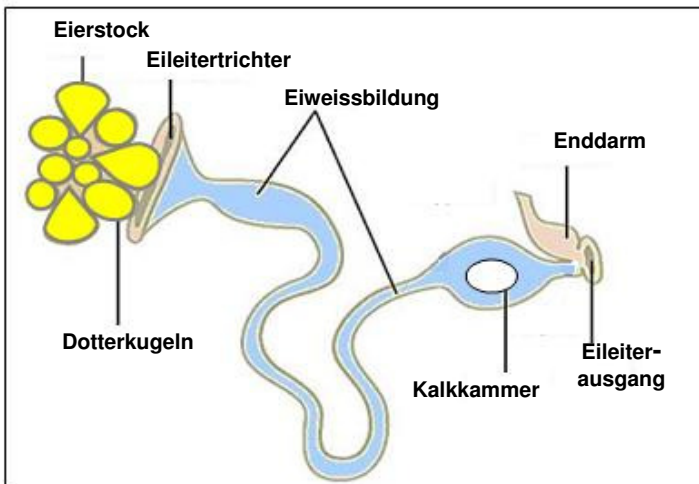
Wie die Farbe auf die Eischale gelangt

Die Eischale ist aufgebaut aus der Kalkschale und der darunter liegenden Schalenhaut. Im äusseren Teil der Kalkschale befinden sich die Farbpigmente, welche für die Farbe der Eier verantwortlich sind. Je nach Lage der Pigmente innerhalb der Kalkschale ändert sich die Stärke der Farbe. Für die Farbe der Vogeleier sind zwei Pigmente verantwortlich: Protoporphyrin und Biliverdin. Das Protoporphyrin verleiht der Eischale eine bräunlich rote Färbung und befindet sich auch häufig konzentriert auf der Schalenoberfläche (z.B. in Form von Flecken). Für die blau-grüne Färbung der Eier sorgt das Biliverdin, welches sogar von Innen durch die Kalkschale zu schimmern vermag. Die Mischfarben entstehen, wenn beide Pigmente vorhanden sind. Durch die Menge und auch die Lage der Pigmente, die je nach Vogelart variieren, ergibt sich die Vielfalt an Vogeleierfarben. Auch die meisten weissen Eier enthalten kleine Mengen der Pigmente.

Die Farbpigmente entstehen im Eileiter, wobei die roten Blutkörperchen eine wichtige Rolle spielen. Ein Bestandteil der roten Blutkörperchen ist Hämoglobin. Das eine Pigment, nämlich Biliverdin, ist ein Abbauprodukt von Hämoglobin. Beim Menschen sieht man während der Heilung eines «blauen Fleckes» einen Farbwechsel zu blaugrün. Diese Farbe ist nichts anderes als Biliverdin. In den roten Blutkörperchen findet sich auch noch Protoporphyrin. Es ist aber kein Abbauprodukt, sondern im Gegenteil ein Vorprodukt des Hämoglobins. Protoporphyrin wird aber zusätzlich noch in der so genannten Schalendrüse gebildet.

Wann findet die «Eifärbung» statt? Diese erfolgt während der Bildung der Kalkschale. Kurz vor der Eiablage werden die Pigmente auf oder in der Eischale abgelagert. Dabei spielt der

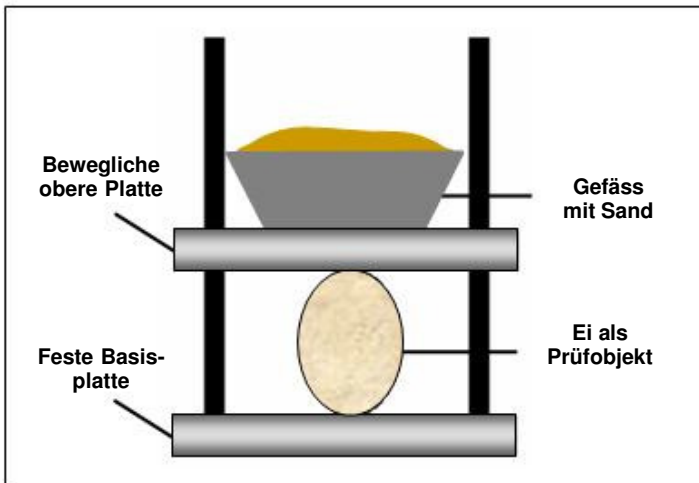
Zeitpunkt der Ablagerung eine wichtige Rolle: Verharrt das Ei während der Pigmentierung im Eileiter, so entstehen Punkte; bewegt es sich aber weiter, so sind Streifen und Flecken das Resultat. Die Menge der abgegebenen Pigmente wird durch Hormone gesteuert. Den Gesamtvorgang der Eibildung kann man anhand der Abbildung leicht verstehen: Aus dem Eierstock werden Dotterkugeln – die Vorstufe des Eidotters – in das Trichterorgan des Eileiters abgegeben. Zuerst werden im Eileitergang das Eiweiss und die Schalenhaut (nicht die Schale selbst) angelagert. Dann gelangt das noch schalenlose Ei in die Kalkkammer, wo durch die Schalendrüse die Kalkschale gebildet wird, und – je nach Vogelart – auch die Pigmente an die Kalkschale abgegeben werden. Beim Haushuhn dauert die Eibildung ungefähr 24 Stunden. Allein 20 Stunden dauert die Schalenbildung. Die Pigmentierung findet etwa drei Stunden vor der Eiablage statt.



Verlauf der Eibildung im Legedarm (Eileiter) eines Huhns

Interessantes über die Eischale als Verpackung

«Zerbrechlich wie ein Ei» sagt man oft. Doch für Leute, die regelmässig mit Eiern zu tun haben, ist das Ei kein Synonym für Zerbrechlichkeit. Bei Hühnereiern, die ja ein Handelsprodukt sind, ist die Festigkeit der Eischale ziemlich gut untersucht. Das unten stehende Bild zeigt eine Vorrichtung, mit welcher die Festigkeit von Eiern geprüft werden kann. Das Ei wird senkrecht zwischen zwei Platten geklemmt, wobei die obere Platte beweglich ist. In das Gefäss, das sich auf der oberen Platte befindet, wird Sand gegeben, bis die Eischale zerbricht. Das Gewicht des Sands, der Sandschale und der oberen Platte ergeben dann zusammen einen Wert in Kilogramm, welcher ein Mass für die Festigkeit der Eischale ist.



Vorrichtung zur Prüfung der Festigkeit von Hühnereiern

Ein typischer Wert für ein durchschnittliches Hühnerei ist 3.5 kg, was etwa dem Gewicht eines Ziegelsteins entspricht. Testet man das Ei unter gleichen Bedingungen in der Bauchlage (also waagrecht liegend), ergeben sich interessanterweise nied-

rigere Festigkeitswerte, typischerweise 2.8 kg. Hier kann man aber mit Recht sagen, dass kein Ei gleich ist wie das andere, denn diese Festigkeitswerte können in einem grösseren Bereich schwanken.

Die hohe Festigkeit der Eischale ist umso bemerkenswerter, als die Schale feine Poren aufweisen muss, damit der darin enthaltene Embryo atmen kann. Beim Hühnerei sind es um die 10'000 Poren, die sicherstellen, dass Sauerstoff in das Ei gelangt, und Kohlendioxid daraus entweichen kann. Die Festigkeit der Eischale darf allerdings auch nicht zu gross sein, denn das Vogelkücken muss ja die Schale auch noch verlassen können. Hier ist zum einen von Vorteil, dass die Eischale von innen leichter geöffnet werden kann als von aussen. Zum zweiten besitzt aber das Kücken einen so genannten Eizahn, das ihm überhaupt erst das Öffnen der Eischale ermöglicht. Die Festigkeit der Eischale hängt natürlich primär von deren Dicke ab. Hühnereier besitzen eine Schalendicke von 0.30 bis 0.36 mm, was etwa der Dicke von drei Blättern dieser Broschüre entspricht. Die dünnste Schale haben Kolibri-Eier mit 0.03 mm Dicke. Das ist dünner als das dünnste Papier. Am anderen Ende der Skala ist das Straussenei mit einer Schalendicke von 2.25 mm. Bei dieser Dicke nützt ein Eizahn zum Öffnen der Schale nichts mehr. Straussenkücken befreien sich daher von der Schale mit Hilfe ihrer Beine und Nackenmuskeln, indem sie sich gegen die Schalenwand stemmen. Die entsprechend kräftig ausgebildete Muskulatur entwickelt sich erst kurz vor dem Schlüpfen und bildet sich nachher wieder zurück.

Es ist einleuchtend, dass die Eier von grossen Vögeln eine entsprechend dickere Schale haben müssen, damit die Schale unter dem Gewicht der brütenden Vögel nicht zerbricht. Dies bedingt auch, dass der Muttervogel über eine Kalziummenge verfügen muss, die auf die erforderliche Schalendicke ausgelegt ist. Wird dieser Kalziumhaushalt gestört, beispielsweise

durch Umweltgifte, so kann sogar die Fortpflanzung gefährdet sein. Dies trat im Fall der Verwendung von DDT, eines Insektizids, tatsächlich ein. DDT wurde ab 1945 für die Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Schon nach weniger als 10 Jahren wurde festgestellt, dass viele Vögel, die DDT über ihre Nahrung, z.B. Fische, aufnahmen, Eier mit dünneren Schalen legten, die dann bei der Brut zerbrachen. Dies zeigte sich vor allem in den USA, wo Flugzeuge das DDT flächendeckend, also auch über Seen und Flüssen, versprühten, und dieses dann von Wassertieren- und pflanzen aufgenommen wurde. Alarmstimmung kam aber erst auf, als nicht nur viele Singvögel, sondern vor allem auch der amerikanische Wappenvogel, nämlich der Weisskopfseeadler, durch DDT in der Fortpflanzung gefährdet war. Als DDT im Jahre 1972 weltweit verboten wurde, war der Bestand der Weisskopfseeadler auf nur noch 480 brütende Paare gesunken. Nach diesem Verbot erholten sich jedoch die gefährdeten Vogelpopulationen wieder relativ rasch.

Die Rolle der Eifarbe

Ein Vogel hat keinen Einfluss auf seine Eifarbe und Musterrung, und er weiss auch nicht im Voraus, wie sein Ei aussieht. Insofern ist es also falsch zu glauben, der Vogel wisse beispielsweise, dass er seine Eier vor Räubern tarnen muss. Auch der Kuckuck kann seine Eier nicht willentlich seinem Wirtsvogel anpassen. Dass die Farbe der Eier und deren Musterung heute bestimmte Funktionen erfüllen, ist ein Anpassungsprozess, der sich in Millionen von Jahren abgespielt hat. Man nimmt an, dass es am Anfang der Evolution nur weisse Vogeleier gab, so wie heute Reptilien und Amphibien auch nur weisse Eier legen (sofern sie überhaupt Eier legend sind). Bei Vögeln, die ihre Eier in Höhlen ausbrüten (z.B. Eulen und Spechte), oder die ihre Gelege ständig bebrüten oder bedecken (z.B. Tauben), bestand keine Notwendigkeit, die Eier farblich

vor Räubern zu tarnen, sodass diese Eier auch heute noch weiss sind. Im Gegensatz dazu sind bei den so genannten Bodenbrütern die Eier stark durch Räuber gefährdet. Hier haben sich im Verlauf der Evolution die Eifarbe und deren Mustering teilweise perfekt ihrer Bodenumgebung angepasst. Wo dies in geringerem Umfang geschehen ist, vermutet man auch, dass nicht alle Eier für Räuber gleichermassen bekömmlich sind. Es wird sogar angenommen, dass das Gegenteil einer farblichen Anpassung, nämlich eine sehr auffällige Farbe, einen Nesträuber abschrecken kann. (Man nennt diese Erscheinung im Tierreich *Aposematismus*.) So kann man sich die äusserst bunten Eifarben gewisser Steisshühner erklären.

Ein weiterer Grund für die farbliche Individualisierung ist der Schutz der Gelege vor Eiern von so genannten Nestparasiten, zu denen der bereits erwähnte Kuckuck zählt. Allerdings haben die Kuckuckseier im Verlaufe der Evolution die gleiche farbliche Entwicklung mitgemacht, sodass das heutige Verhältnis zwischen Wirtsvögeln und Schmarotzern nach einer Pattsituation aussieht. Immerhin muss aber das Kuckucksweibchen durch eine gegenüber Nichtparasiten vermehrte Eiablage zur Arterhaltung beitragen.

Für Vögel, die keine Nester bauen, und die in ganzen Kolonien auf Felsen brüten (wie z.B. die Trottellummen), dient die Farbzeichnung auf dem Ei auch zur Wiedererkennung, wenn die Elternvögel den Brutplatz kurz zur Nahrungsaufnahme verlassen.



Eier von Trottellummen mit unterschiedlicher Zeichnung und Grundfärbung

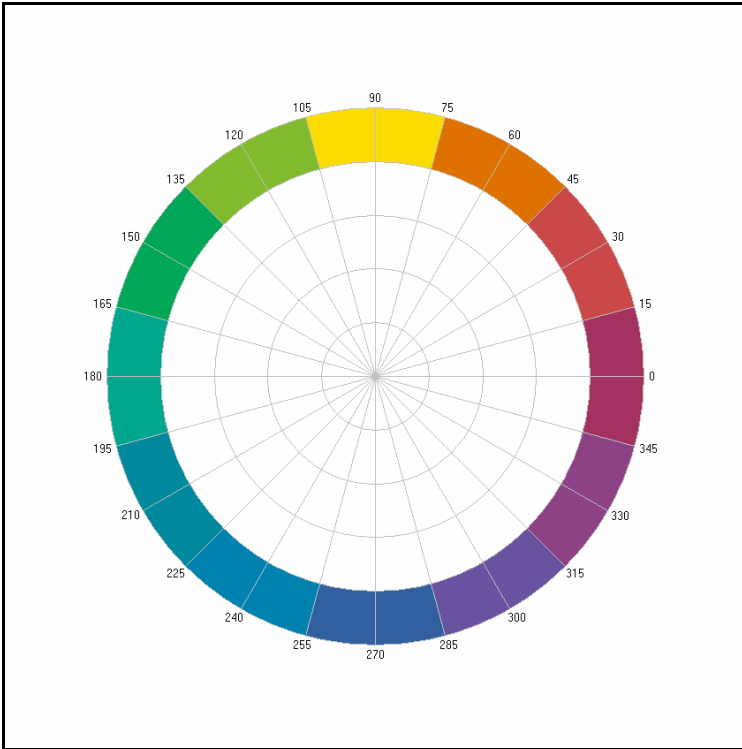
Schliesslich kann der Eifarbe auch eine erwünschte oder unerwünschte Wärmewirkung zugeschrieben werden. Es ist ja bekannt, dass dunkle Farben die Wärmestrahlung absorbieren (d.h. speichern), während helle Farben die Wärmestrahlung reflektieren. (Bei Sonneneinstrahlung ist es in einem schwarzen Auto wärmer als in einem weissen.) Messungen ergaben, dass bei gleicher Sonnenexposition die Dottertemperatur in einem braunen Ei 3° höher sein kann als in einem weissen Ei. Somit besteht bei farbigen Eiern, die der Sonne ausgesetzt sind, vor allem in Afrika, die Gefahr einer Überhitzung, was zum Absterben des Embryos führen kann. Dies ist wohl der Grund, dass Strausseneier, trotz der Tatsache, dass sie zwischen erster und letzter Eiablage bis zu 30 Stunden nicht bebrütet werden und somit gegenüber Räubern exponiert sind, weiss geblieben sind. In europäischen Breiten kann die zusätzliche Erwärmung, die eine dunkle Eifarbe mit sich bringt, jedoch einen günstigen Einfluss haben.

Beschreibung und Klassierung von Farben

Will man die verschiedenen Farben von Vogeleiern präziser beschreiben, als dies mit einer Farbabbildung möglich ist, so muss man sich zuerst damit befassen, wie Farben zahlenmäßig gekennzeichnet werden können. Wenn man als Laie eine Farbordnung erfinden müsste, würde man die Farben zweifelsohne zuerst nach dem Farbton einreihen. Man würde vielleicht mit vier Hauptfarben wie Rot, Grün, Blau und Gelb beginnen, und dann weitere Abstufungen mit Begriffen wie gelbrot, grüngelb, blaugrün und blaurot schaffen. Wenn man diesen Gedanken noch weiter verfolgt, kommt man früher oder später auf die Idee, die Farbtöne kreisförmig anzuordnen. Das Ordnungsprinzip wäre dann, dass sich die vier erwähnten Hauptfarben senkrecht und waagrecht gegenüber stehen, und dass die dazwischen liegenden Abstufungen von einer Hauptfarbe zur anderen ineinander laufen. Es wären dann also – zumindest theoretisch – beliebig viele Zwischenstufen zwischen den Hauptfarben möglich. Man bezeichnet diese Anordnung der Farbtöne als Farbkreis. Damit hat man tatsächlich das erste Kennzeichnungskriterium für Farben gefunden, wie es in jeder gebräuchlichen Farbordnung vorkommt. Anstatt die Zwischentöne im Farbkreis mit Worten zu beschreiben, kann man den Farbkreis in Winkelgrade einteilen, und somit jedem Farbton einen so genannten Farbtonwinkel zuordnen. So erhält der Farbton Gelb im vorliegenden Fall den Winkel 90° , Grün 180° , Blau 270° und Rot 0° (was identisch ist mit 360°).

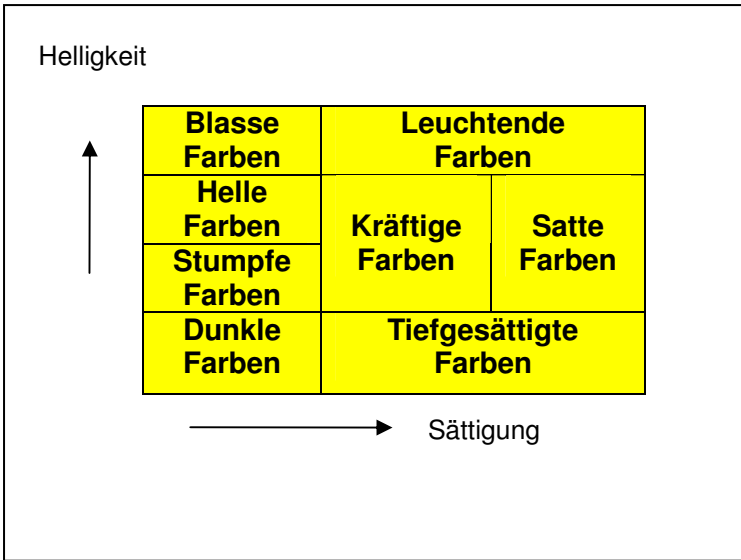
Wenn man das Ziel, eine Farbordnung zu erfinden, weiter verfolgen würde, müsste man als nächstes Farben mit dem gleichen Farbton näher anschauen, und versuchen, diese zu ordnen. Rasch wird man feststellen, dass zunächst zwischen hellen und dunklen Farben unterschieden werden kann. Bei gleich hellen Farben kann man dann noch zwischen gesättigten und weniger gesättigten Farben unterscheiden. Man kann

somit Farben von gleichem Farbton nach der Helligkeit und nach der Sättigung ordnen.



Farbkreis eingeteilt in 360°





















Man kann eine bestimmte Kombination von Helligkeit und Sättigung auch im Farbnamen zum Ausdruck bringen. So bezeichnet man ein blasses Rot als rosa oder ein dunkles Rot als braun. Um die Helligkeit und Sättigung einer Farbe in möglichst vielen Zwischentönen beschreiben zu können, kann man wiederum eine zahlenmässige Skala benützen, die im hier benützten Farbordnungssystem von Null bis 100 geht. Trägt



Bezeichnungen für verschiedene Kombinationen von Helligkeit und Sättigung

man beispielsweise die möglichen Helligkeits- und Sättigungsstufen für den Farbton Orange (Farbtonwinkel 50°) im Abstand von 15 Einheiten auf, so resultiert eine einzelne Seite, wie man sie in ähnlicher Weise in Farbordnungsbüchern findet. (Die hier beschriebene Farbordnung basiert auf dem RAL-DESIGN-System.) Ein wichtiges Prinzip bei solchen Farbordnungen ist, dass der visuell empfundene Abstand zwischen zwei benachbarten Farbfeldern in jeder Richtung und an jedem Ort der Farbtabelle gleich ist. Zu betonen ist noch, dass Helligkeitswerte von Null oder 100 theoretische Grenzwerte sind, die es in der realen Welt nicht gibt. Ein Helligkeitswert von 15 entspricht schon einem sehr dunklen Schwarz, das beispielsweise bei einem Autolack angetroffen wird. Sehr weiße Oberflächen können Werte von über 95 haben, im höchsten Fall vielleicht 98. Schon der Wert 90 ist aber typisch für viele

weisse Papiere, z.B. solche, die im Zeitschriftendruck üblich sind.

Helligkeit	Sättigung					
	0	15	30	45	60	75
90						
75						
60						
45						
30						
15						

Farbkarte mit den möglichen Farbmustern unterschiedlicher Helligkeit und Sättigung für den Farbton Orange (Farbtonwinkel 50)

Mit dem nun erworbenen Wissen über die Ordnung von Farben ausgestattet, kann man jetzt daran gehen, die Farben von Vogeleiern zahlenmässig zu beschreiben.

Farben und Farbordnung bei Vogeleiern

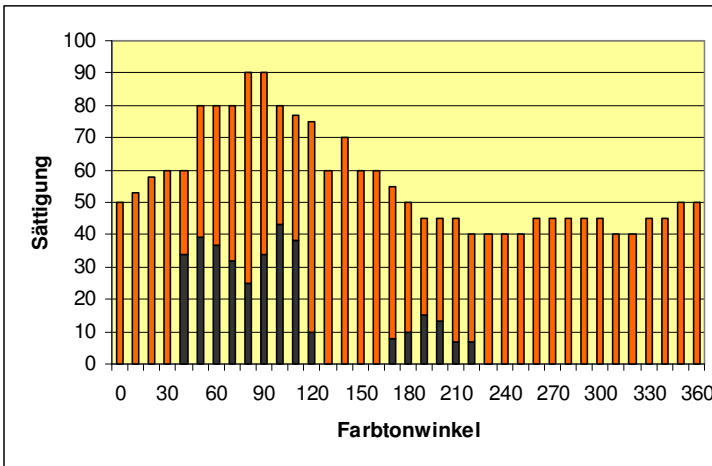
In diesem Abschnitt soll gezeigt werden, welche Farben bei Vogeleiern vorkommen, und wie man diese Farben ordnen kann. Dazu ist es als erstes notwendig, die Farben von Vogeleiern zu messen. Dies ist heute keine komplizierte Aufgabe mehr: Es gibt Geräte von der Grösse eines kleinen Bügeleisens, deren Messöffnung man an die Oberfläche der Eischale bringt, und die dann die Ablesung von drei Zahlen erlauben, die den Grössen Farbton, Helligkeit und Sättigung entsprechen. Die Mess- und Anzeigezeit beträgt wenige Sekunden. Vorausgesetzt, man hat die Vogeleier, die man messen will, zur Hand, können in kürzester Zeit 100 oder mehr Messungen durchgeführt werden. Wie aber kommt man an die Vogeleier, für deren Farben man sich interessiert? Dazu sind Eiersammlungen notwendig. Es gibt keine Eiersammlung auf der Welt, in welcher die Eier aller 10'000 Vogelarten vertreten sind. Aber das ist auch nicht notwendig. Wenn man sich einige Zeit mit Vogeleiern befasst hat, weiss man im Voraus, welche Vogelarten Eier legen, deren Farben interessant sind. Um zeigen zu können, welche Farben bei Vogeleiern vorkommen, werden ja vor allem Eier gesucht, deren Farben bezüglich Farbton, Sättigung und Helligkeit besonders hohe oder auch niedrige Werte zeigen. Wie im «Guinness-Buch der Rekorde» fragt man also nach dem dunkelsten Ei, dem hellsten Ei oder dem Ei mit der höchsten Farbsättigung, wobei dies für verschiedene Farbtöne ermittelt werden muss. Auch wenn man weiss, welche Eier für solche Messungen interessant sind, braucht es dennoch Eiersammlungen, in denen diese Eier vertreten sind. Für die hier beschriebenen Messungen standen drei Sammlungen mit insgesamt 35'000 Eiern zur Verfügung.

Beginnen wir mit hellen und dunklen Eiern. Wie bereits gesagt, legt ein Viertel aller Vögel weisse Eier. Unter Weiss versteht man eine Farbe, die eine Helligkeit von über 90 und

eine Sättigung von unter 5 aufweist. Es gibt durchaus Unterschiede innerhalb der Farbe Weiss. Sehr weisse Eier legt beispielsweise der Weissstorch (*Ciconia ciconia*). Interessanterweise werden aber auch Strausseneier unter die weissen Eier eingereiht, obwohl diese eher als cremefarbig zu bezeichnen sind. Ihre Helligkeit liegt typischerweise bei 85, und der Wert für die Farbsättigung liegt zwischen 15 bis 20. Sie haben eigentlich einen deutlichen Gelbstich, den man aber nicht wahrnimmt, wenn nicht gleichzeitig ein noch weisseres Objekt im Sichtfeld ist. Oder mit anderen Worten: Auf einer hochweissen Unterlage sieht das Straussenei gelblich aus, im bräunlichen Sand nimmt man es jedoch als weiss wahr. Am anderen Ende der Helligkeitsskala liegt Schwarz. Es gibt keine Vögel, die schwarze Eier legen. Aber der in Australien heimische Emu (*Dromaius novaehollandiae*), der zur Kategorie der flugunfähigen Laufvögel zählt, legt dunkelgrüne bis dunkelblaue Eier, die im Verlaufe von Jahren – wenn sie in Sammlungen aufbewahrt werden – nachdunkeln, und schliesslich fast schwarz aussehen können. Dann gibt es gefleckte Eier, auf denen einzelne Flecken fast schwarz aussehen können.

Bei den farbigen Eiern wird man sich zuerst dafür interessieren, welche Farbtöne bei Vogeleiern möglich sind. Es wurde bereits gesagt, dass die Farbpalette bei Vogeleiern eingeschränkt ist, weil nur zwei Pigmente, nämlich ein blaugrünes und ein rotbraunes, für die Farbgebung auf der Eischale verantwortlich sind. Durch eine Mischung der beiden Pigmente sind dann Farbtöne zu erwarten, die von rotbraun bis blaugrün reichen. Auf dem Farbkreis entspricht dies einem Winkelbereich, der etwa von 50 bis 200 reicht. Der Autor dieser Broschüre hat sich das Ziel gesetzt, diesen Bereich der vorkommenden Farbtöne möglichst genau abzustecken. Zu diesem Zweck hat er vor allem jene Vogeleier gesucht, die farblich am Rand des vermuteten Farbtonbereichs liegen. Auf der rotbraunen Seite wurde als niedrigster Farbton ein Wert von 40 ge-

funden, auf der blaugrünen Seite ein Wert von 220. Zwischen diesen Werten interessierten dann vor allem jene Eifarben, die die grösste Sättigung aufwiesen. Man kann die gefundenen Farbwerte anschaulich darstellen, indem man für jenen Farbtonwinkel die grösste gemessene Sättigung aufträgt. Als zusätzlich interessante Information kann man gleichzeitig auch noch bei jedem Farbton den höchst möglichen Sättigungswert eintragen.



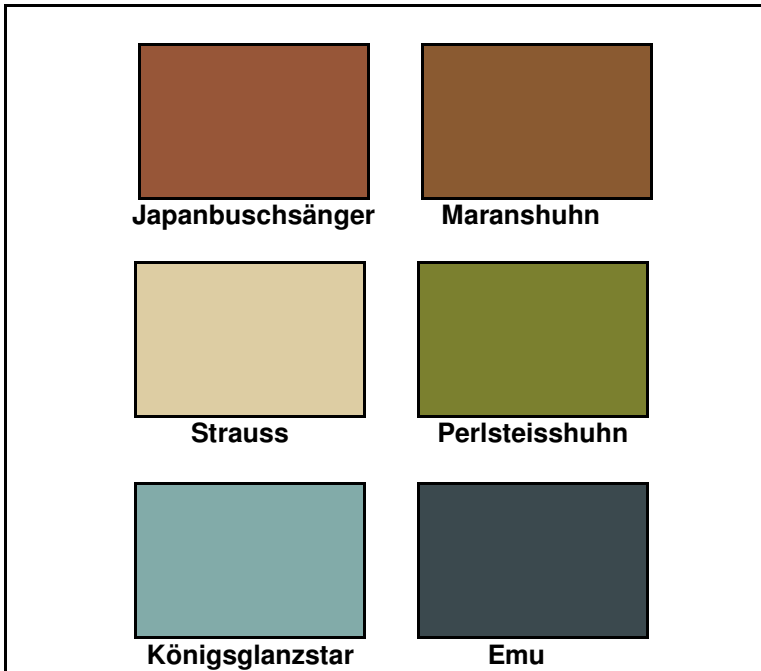
Die möglichen Sättigungswerte von Farben von Vogeleiern bei verschiedenen Farbönen (schwarze Balken) verglichen mit der maximal möglichen Farbsättigung (orange Balken)

Auf diese Weise resultiert ein Diagramm mit 36 Balken (nämlich für jeden Farbton von 0° bis 360° im Abstand von 10°). Die Gesamthöhe der Balken gibt an, welche Sättigung eine Objektfarbe bei diesem Farbton überhaupt haben kann. Die schwarzen Balkenanteile zeigen demgegenüber, welche Farbsättigung bei Farben von Vogeleiern möglich ist. Wo sich kein schwarzer Balkenanteil befindet, gibt es keine Eifarbe mit diesem Farbton. Damit sieht man nochmals, was schon anfangs dieser Broschüre gesagt worden ist, nämlich dass es

erhebliche Lücken in der Farbpalette der Vogeleier gibt. Genau genommen sind nicht einmal alle Farbtöne zwischen rotbraun und blaugrün vertreten, da nämlich auch die sattgrünen Farben – also jene, die zwischen gelbgrün und grünblau liegen – fehlen. Eine weitere Erkenntnis ist, dass Vogeleier keine sehr gesättigten Farben haben. Wenn man nochmals die Farbkarte (siehe Seite 22) anschaut, die alle Helligkeits- und Sättigungsstufen für den Farbton Orange (Farbtonwinkel 50°) veranschaulicht, sieht man, dass die eigentliche Farbe Orange bei Vogeleiern nicht vorkommt. Am nächsten unter den vorkommenden Eifarben ist orange-braun.

An dieser Stelle dürfte es vielleicht von Interesse sein, die «schönsten» Farben von Vogeleiern in Form von Farbmustern zu veranschaulichen. Es ist nicht zu erwarten, dass dabei der Laie unter den Lesern ausrufen wird, er kenne diese Eifarbe. Dazu sind die Vögel, die diese Eier legen, in unseren Breiten zu selten oder überhaupt nicht anzutreffen. Am ehesten könnte man noch die schokoladenbraune Farbe kennen, die zum Ei des Maranshuhns gehört. Maranshühner sind allerdings wenig verbreitete Züchtungen, sodass solche Eier nicht gerade im Supermarkt zu finden sind. Das «farbigste» rotbraune Ei stammt vom Japanbuschsänger, der – wie der Name sagt – vor allem in Japan lebt. Die sattesten grünen Farben findet man bei den südamerikanischen Steisshühnern, speziell beim Perlsteisshuhn (*Eudromia elegans*). Das Ei des Strausses kann man zwar nicht als eigentlich farbig bezeichnen. Es soll aber zeigen, dass unter dem Farbton Gelb (Farbtonwinkel 90°) auch dieses crèmefarbige Weiss eingereiht wird. Auf der Seite der blaugrünen Eier hat jenes des Königsglanzstars die höchste Farbsättigung. Auch diesen Vogel, der zur Familie der Stare gehört, trifft man nur ausserhalb von Europa an, nämlich in Afrika. Schliesslich sei noch ein dunkelblaues Ei gezeigt, nämlich jenes des australischen Straussenvogels Emu. Wie bereits erwähnt, können Emueier verschiedene Farben im



























Blaugrünbereich haben, sodass das abgebildete Blau als ein Beispiel zu betrachten ist.



*Farbmuster für einige Vogeleier mit charakteristischer Färbung
(weitere Beispiele auf der hinteren Umschlagseite)*

Welche Farben sind nun bei Vogeleiern überhaupt möglich? Da Farben ja dreidimensional sind, also nach Farbton, Helligkeit und Sättigung unterschieden werden müssen, ist es gar nicht so einfach, die Gesamtheit der Farben, die bei Vogeleiern möglich sind, anschaulich darzustellen. Eigentlich bilden die Farben einen dreidimensionalen Farbkörper, den man aber schlecht auf Papier abbilden kann. In den Büchern, die Farbordnungen beschreiben, nimmt man daher stets als erstes Ordnungskriterium den Farbton, und zeigt dann in Form mehrerer Farbkarten die möglichen Helligkeits- und Sättigungsabstu-

fungen für jeden Farbton. Ein Beispiel dafür ist in der vorliegenden Broschüre auf Seite 22 die Farbkarte für den Farbton Orange (Farbtonwinkel 50°). Um aber die Übersicht über die möglichen Farben bei Vogeleiern noch zu vereinfachen, wird auf verschiedene Farbkarten verzichtet. Auf einer einzigen Seite wird pro Farbton und bei drei Helligkeitsstufen einfach nur die maximal mögliche Farbsättigung gezeigt (siehe folgende Seite). Farben geringerer Sättigung fehlen somit in dieser Darstellung, sind aber auch weniger interessant, da naturgemäss die «sattesten» Farben attraktiv sind. Man erkennt in dieser Darstellung erneut, dass die Farbtoneauswahl bei Vogeleiern sehr eingeschränkt ist. Wenn man die Farbtonekala in Abständen von 10° betrachtet, also den Farbkreis in 36 Farbtöne unterteilt, sind bei den Vogeleiern nur gerade 6 der 32 Farbtöne vertreten, wahrhaft keine grosse Vielfalt. Aber Eier unterscheiden sich ja nicht nur durch ihre Färbung. Nur schon die Zeichnungsstruktur, seien es Flecken, Punkte oder Streifen, und hier wiederum die unterschiedliche Färbung der Zeichnung, trägt zur weiteren Vielfalt der Vogeleier bei. Die Natur bleibt also bei den Vogeleiern trotz der farblichen Beschränkung immer noch verschwenderisch.

Farbton	Farbtonwinkel	Helligkeit 40	Helligkeit 60	Helligkeit 80
	50			
	70			
	90			
	110			
	130			
	150			
	170			
	190			
	210			

Maximal mögliche Farbsättigung bei Vogeleiern für alle möglichen Farbtöne und für drei Helligkeitsstufen

Anhang: Wenn Sie selbst einmal Eier sammeln möchten

Eiersammeln ist eigentlich nicht teuer, denn es gibt keine Läden, Börsen oder Auktionen für Vogeleier. Aber wie kommt man dann an Sammlerstücke? Als Anfänger geht man am besten an Ostermärkte, wo es Verkäufer von ausgeblasenen Vogeleiern gibt. Die Eier stammen von Hühnern, Wachteln, Gänsen, Schwänen, Fasanen, Straussen oder auch Emus. Diese werden vor allem Künstlern angeboten, die Eier bemalen oder dekorieren. Dann gibt es Züchter von Vogelarten, die unbefruchtete Eier – und nur solche kommen ja für den Eiersammler in Frage – meist ohne Entgelt weggeben, da diese ja für die Zucht wertlos sind. Man muss sie aber immerhin beim Züchter abholen, was mitunter eine längere Fahrt beinhalten kann. Es gibt sowohl professionelle Zuchtstationen, beispielsweise für Fasanen, Papageien oder Greifvögel, als auch Hobbyzüchter für Singvögel aller Art. Letztere findet man aber meist nicht im Internet, sodass es Geduld braucht, bis man solche Züchter einmal kennt. Dort wo Vögel am häufigsten gezüchtet werden, nämlich in Zoos und in Tierpärken, kommt man als «kleiner» Eiersammler allerdings selten an unbefruchtete Eier. Diese Institutionen tauschen Eier nur unter sich aus oder geben sie allenfalls noch an Museen. Es gibt natürlich Ausnahmen, wenn man einen Kurator oder Tierpfleger persönlich kennt. Früher oder später lernt der Eiersammler (oder die Eiersammlerin) auch andere Sammler kennen, und dann ergibt sich die Gelegenheit, Eier zu tauschen. Was ein Eiersammler niemals tut oder tun darf, ist Eier aus bebrüteten Nestern zu holen. Zwar legen viele Vögel einfach weitere Eier, wenn man ihnen Eier wegnimmt. Aber es ist für den Vogel schon schlimm genug, wenn dies ein tierischer Nesträuber macht. Der Mensch jedoch sollte dies nicht tun. Immerhin gibt es auch noch den Fall, das man ein verlassenes Nest mit Eiern findet. Für den Eiersammler ist es dann aber wichtig, dass die Eier nicht zu alt sind, sodass man sie noch ausblasen kann. Es gibt Eiersamm-

ler, die nur ganze Gelege sammeln. Diese sind dann sehr darauf angewiesen, dass sie verlassene Nester finden. Bei älteren Sammlungen kann man dabei fast sicher sein, dass nicht nur verlassene Gelege den Weg in die Sammlung gefunden haben. 1984 entstand in den USA ein Spielfilm (Titel «A breed apart»), in welchem ein Eiersammler und Millionär einem mutigen Kletterer eine hohe Summe anbot, um aus einem Nest die Eier eines Weisskopfseeadlers, des amerikanischen Wappenvogels, zu stehlen. Heute kommt man einfacher zu Eiern des Weisskopfseeadlers, da diese in vielen Greifvogel-Zuchtstationen gehalten werden. Es gibt aber einen Vogel, der in der Schweiz heimisch ist (er war 2001 sogar «Vogel des Jahres»), und der sich nicht züchten lässt, nämlich der Kuckuck. Kuckuckseier findet man somit nur in verlassenen Nestern seiner Wirtsvögel. Solche Eier sind daher in Sammlungen grössere Raritäten als jene von Greifvögeln, die in Zuchtstationen gehalten werden.

Darf man überhaupt Eier sammeln, d.h. Eier besitzen? Bis vor etwa 50 Jahren war dies kein Thema. Dann aber gab es die ersten Artenschutzgesetze, z.B. seit 1950 die «Internationale Übereinkunft zum Schutze der Vögel», welche 1963 auch für die Schweiz gültig erklärt wurde. Dort steht wörtlich, dass der Besitz von gesammelten Eiern nur erlaubt ist, wenn diese von gefangen gehaltenen Vögeln stammen. Seit 1975 gibt es das Washingtoner Artenschutzübereinkommen (englisch abgekürzt CITES), das bereits 164 Staaten unterzeichnet haben, die Schweiz sogar schon 1975. Darin wird der grenzüberschreitende Verkehr und Handel mit Wildtieren und Pflanzen sowie mit davon abstammenden Produkten geregelt. Unter das Washingtoner Abkommen fallen auch Eier als Erzeugnisse von wild lebenden Vögeln. Es stehen allerdings nicht alle Vögel unter dem Schutz dieses Abkommens. In drei Anhängen, in denen der Grad der Schutzwürdigkeit unterschieden wird, werden knapp 1500 Vogelarten (von insgesamt 10'000 Arten)

aufgeführt, darunter fast alle Greifvögel, alle Papageien und alle Kolibris. Werden somit Eier solcher Vogelarten in die Schweiz eingeführt, muss mit einem so genannten CITES-Zeugnis nachgewiesen werden, dass die Eier von Vögeln stammen, die in Gefangenschaft leben.

Wer Vogeleier aufbewahren möchte, sollte diese unbedingt ausblasen. Damit man das Ei noch ausblasen kann, muss aber der Inhalt weitgehend flüssig sein, was nur bei kürzlich gelegten Eiern der Fall ist. Wenn man somit ältere Eier findet oder bekommt, ist das Ausblasen in der Regel nicht mehr möglich. Entscheidet man sich, ein nicht ausgeblasenes Ei zu behalten, sollte man sicher sein, dass es keine Haarrisse hat. Sonst kann der Inhalt mit der eintretenden Luft reagieren, und das Ei läuft aus. Dabei können dann Mikroorganismen auf andere Eier übertreten. Zum Ausblasen bohrt man zunächst ein kreisrundes Loch, wozu man einen kleinen Bohrer benötigt. Grundsätzlich genügt ein einziges Loch, sei es an der Spitze oder auf der Längsseite. Der Inhalt wird nicht im wörtlichen Sinn ausgeblasen, sondern man leert das Ei mit Hilfe einer Spritze oder mit einer so genannten Eierpumpe. Der Durchmesser der Spritzenkanüle (und damit das gebohrte Loch) müssen so gewählt sein, dass sich der leicht zähflüssige Inhalt gut ansaugen lässt. Ist das Ei leer gepumpt, reinigt man die Spritze und pumpt zunächst Leitungswasser zum Ausspülen in das Ei. In einem nächsten Spülgang verwendet man Seifenwasser und/oder Essigwasser, wobei man diese Spülung ein- oder zweimal wiederholt. In einem letzten Schritt behandelt man das leere Ei mit einer keimtötenden Lösung. Als preisgünstiges Mittel eignet sich Formalin (eine ca. 35-prozentige Lösung von Formaldehyd). Formalin wird im Verhältnis 1:10 verdünnt und dann ins Ei eingefüllt. Die Formalin-Lösung sollte man einige Stunden einwirken lassen, bevor man das Ei wieder leert (und dann nicht mehr spült).