Gleiche oder noch grössere Schwierigkeiten beim Bestimmen bietet uns eine andere Gruppe anorganischer Gebilde, die Vogeleierschalen. Sie besitzen die wenigsten Unterscheidungsmerkmale, sind verhältnismässig schwer zu beschaffen, verlangen eine äusserst subtile Behandlung, und es können zu Untersuchungszwecken nicht wie bei den Mineralien einzelne Stücke abgesprengt werden, ohne dass das Ei am Gewicht der Schale verliert. Analytische Bestimmungstabellen existieren über Vogeleier nicht, ein Mangel, welcher um so fühlbarer ist, als gute beschreibende Werke mit naturgetreuen Abbildungen nur in beschränktem Masse und daher zu hohem Preise erhältlich sind. In besonders schwierigen Fällen bei nahe stehenden Species unterscheidet oft nur der ,,oologische Blick" des Geübten.

So darf es nicht Wunder nehmen, wenn man immer von neuem alle nur möglichen Factoren in Erwägung zog, um charakteristische Unterschiede zwischen den einzelnen Species der Vogeleier aufzufinden.

Sind denn überhaupt die Vogeleier wert, einer solchen mühevollen Arbeit unterzogen zu werden? Sicherlich! Nach ihnen beurteilen wir vielfach die Stellung einer Vogelart im System, oft dienen sie dazu, den Grad der Verwandtschaft der Vögel innerhalb einer Gattung oder Familie zu erkennen und meistens geben sie uns Aufschluss, ob die in neuerer Zeit geradezu sportsmässig betriebene „Artenmacherei" Berechtigung findet oder nicht. Niemand wird behaupten, dass die Eier allein als Richtschnur bei der Bestimmung einer Vogelspecies dienen können, aber sie bilden ein sehr wichtiges Moment, welches besonders jetzt immer mehr gewürdigt wird.

Die Merkmale[1]), mit deren Hülfe wir die einzelnen Species der Vogeleier unterscheiden, sind Grösse, Gestalt, Gewicht, Korn, Glanz und Farbe.

Alle diese Factoren sind jedoch inconstant, so dass man mit einem derselben allein ein Ei nicht identifizieren kann.

Die Grösse, Gestalt und das Gewicht variieren z. B. ausserordentlich bei Eiern der Gattungen *Buteo*, *Milvus* und *Corvus*,

---

[1]) König-Warthausen. Über die zur Unterscheidung der Vogeleier dienenden Merkmale. Württemb. naturv. Jahreshefte 1876.

C. Liebermann. Über die Färbung der Vogeleierschalen. Berichte d. Deutschen chemischen Gesellschaft 1878. Jahrg. XI a.

H. Wickmann. Die Entstehung d. Färbung d. Vogeleier. Münster 1893.

L. Thienemann. Fortpflanzungsgeschichte aller Vögel. Leipzig 1845—56.

R. Blasius. Über d. Bildung, Struktur und systematische Bedeutung der Eischale der Vögel. Leipzig 1867.

W. v. Nathusius. Die Struktur des Vogeleies und deren Beziehung zur Systematik. Journal f. Ornithol. 1871.

Seidlitz. Die Bildungsgesetze der Vogeleier. Leipzig 1869.

und ebenso ist das Korn bei Abgrenzung von *Corvus cornix*, *frugilegus* und *corone* nicht entscheidend.

Der Glanz der Eier zeigt grosse Mannigfaltigkeit, ist aber bei gewissen Gruppen immer sehr charakteristisch, wie z. B. bei den Picidae und Crypturidae. Er ist eine Function der Menge der organischen Substanz in der Schale und der Feinheit des Kornes.

Die Farbe kann bei derselben Art ungemein wechseln. Die Grundfarbe der Eier von *Larus ridibundus* z. B. zeigt vom dunkeln Braun bis zum tiefen Grün alle nur denkbaren Töne. Weit constanter erscheint die Innenfarbe der Eier, und diesen Factor hat Rey zum ersten Male in ausgedehntem Masse benutzt, um in seinem Werke[1]) eine für die Praxis vortreffliche Einteilung gewisser Gruppen zu geben.

Einen ganz eigenartigen Weg zur Bestimmung der Vogeleier schlägt Bourcart[2]) ein. Derselbe behauptet, dass die vollständigen Gelege einer jeden Vogelspecies ein constantes Gewicht haben, ganz gleich aus wie viel Eiern sie bestehen, so dass z. B. jedes unbebrütete Gelege von *Ruticilla phoenicura* 11,25 gr. wiegt, sei es, dass es aus fünf, sei es, das es aus sechs Eiern besteht.

Diesen Angaben kann ich nicht beipflichten. Abgesehen davon, dass ich schon oft vollzählige Gelege dieser Species mit vier und andere mit sieben Stück gefunden habe, will ich zugeben, dass bei so kleinen Eiern das Gesamtgewicht von fünf Stück gleich demjenigen von sechs Eiern sein kann, wenn letzteres Gelege entsprechend kleinere Eier besitzt. Sogar das Gelege mit fünf frischen Eiern einer *Corvus corone* kann gleichviel wiegen, wie sechs frisch gelegte Eier einer andern *Corvus corone*, wie Bourcart auf S. 4 seiner Arbeit hervorhebt. Anders verhält es sich aber bei Gelegen grosser Vögel, welche nur aus einem oder gelegentlich aus zwei Eiern bestehen, wie z. B. von *Aquila pomarina*.

Nach Bourcarts Behauptung müssten dann zwei Eier des einen Geleges dieser Species an Gewicht gleich sein einem andern Gelege, welches nur aus einem Ei besteht, oder da die Eier desselben Geleges fast gleich sind, müsste jedes der beiden Eier nur halb so viel wiegen, mithin auch ungefähr halb so gross sein als das Ei des zweiten Geleges. Eine so bedeutende Differenz ist aber weder bei Eiern von *Aquila pomarina* noch auch von anderen Species bekannt.

Bei der Unzuverlässigkeit, die genannten Merkmale für die Bestimmung der Species zu verwerten, dachte ich daran, ob vielleicht die Untersuchung der Dimensionen d. h. der Gestalt des Vogeleies charakteristische Merkmale für die Erkennung der Art ergeben könnte. Ausgehend von dem Grundsatze, dass in der Natur nichts gesetzlos gebildet ist, widmete ich mich eingehend

---

[1]) Rey. Die Eier der Vögel Mitteleuropas. Gera Untermhaus 1900.
[2]) Bourcart. Erklärung der Variation der Vogeleier. Genf 1889.

dem Studium der Krümmung der Eioberfläche, um hieraus eine für alle Eier geltende Gesetzmässigkeit zu ergründen.

Die allgemein übliche Art, die Gestalt der Vogeleier zu definieren, ist eine rein descriptive und daher wenig präcise: schneidet der grösste Querdurchmesser den Längendurchmesser in der Mitte, so nennt man die Gestalt elliytisch, in jedem andern Falle heisst das Ei eiförmig. Die reine Kugelform kommt garnicht oder nur sehr selten vor. Selbst die Eier mehrerer Raubvögel, der Moropidae und Alcedinidae nähern sich nur bis zu einem gewissen Grade der Kugel.

Unter den elliytischen und eiförmigen Eiern unterscheidet man noch längliche, walzenförmige, rundliche, kurze, bauchige, kreiselförmige, birnförmige u. s. w. Die Unvollkommenheit dieser Beschreibungsmethode ergibt sich ohne Weiteres. Bis zu welcher Grenze soll ein Ei kurz, und in welchem Falle länglich genannt werden, oder wann ist die Bezeichnung birnförmig oder kreiselförmig anzuwenden? Hier ist der Willkür des Einzelnen der weiteste Spielraum gelassen. Zur Illustration der Ungenauigkeit einer derartigen Beschreibung diene folgende Stelle aus Bädecker[1]); hier heisst es bei *Scolopax rusticula*: „Die Eier sind gewöhnlich kurzoval, ziemlich bauchig, an der Höhe ziemlich spitzig, an der Basis eben zugerundet.“ Schwerlich wird sich jemand hieraus eine Vorstellung über die Gestalt dieses Eies bilden können.

Eine solche in allgemeinen Ausdrücken gehaltene Beschreibung hat daher wenig Wert. Das einzige Mittel, die Ausdehnung von Körpern nach verschiedenen Richtungen zu beschreiben, bleibt immer die Angabe von Zahlenwerten. Wenn wir z. B. sagen, dass bei dem Ei von *Cypselus apus* der Längendurchmesser 27,5 mm und der grösste Querdurchmesser 16,5 mm betragen, so bedarf es nicht mehr des unbestimmten Zusatzes, dass das Ei länglich ist, da sich aus dem Verhältnis dieser Zahlen allein schon eine längliche Eigestalt ergibt. Wir haben mithin den unbestimmten Ausdruck „länglich“ durch bestimmte Zahlenwerte ersetzt.

Fatio hat den Wert von Zahlenangaben richtig erkannt und einen Apparat construiert[2]), mit welchem er die einzelnen Dimensionen eines Eis messen konnte. Die Masse, welche der Genannte zur Bestimmung der Eier benutzt, sind der Längendurchmesser, der grösste Querdurchmesser und der Abstand des Schnittpunktes dieser beiden von den Polen. Sodann benutzt er zur genaueren Unterscheidung ähnlich gestalteter Eier Supplementachsen, welche Lote auf den Längendurchmesser darstellen, die in stets gleichen Abständen von den beiden Polen bis an den Anfang des Eies errichtet sind. Hierin liegt aber etwas Mechanisches und Willkürliches. Diese Supplementachsen sind ganz überflüssig; denn

---

[1]) Bädecker. Die Eier der europäischen Vögel. Leipzig und Iserlohn.

[2]) Fatio. L'Oomètre. Bulletin de la soc. ornithol. suisse tome 1. partie 1. Genève 1865.

die Kurve, in welcher eine durch den grössten Längendurchmesser gelegte Ebene die Eischale schneidet, lässt sich in einfacher Weise durch eine mathematische Gleichung ausdrücken, aus der dann alle anderen Grössen berechnet werden können. Dieses habe ich durch ungefähr 700 Messungen an den verschiedensten Vogeleiern feststellen können. Stets habe ich die durch Abzeichnen (Tâtonnement) gefundene Kurve mit der theoretischen verglichen und dabei nur ganz geringe, auf die unvermeidlichen kleinen Messungsfehler zurückzuführende Abweichungen gefunden, die praktisch vernachlässigt werden können.

Erkennen wir aber die Gesetzmässigkeit der Eiform als Tatsache an, so können wir diesen Factor nicht mehr umgehen und etwa die Gestalt der Vogeleier aus dem Grunde weiterhin descriptiv behandeln, weil complizierte Rechnungen oft unbequem sind.

Um die Vogeleier einer genauen Messung zu unterziehen, habe ich einen Apparat construiert, der vor dem von Fatio angegebenen den Vorzug hat, dass man mit ihm die Kurve direct aufzeichnen kann[1], in welcher eine durch den Längendurchmesser des Eies gelegte Ebene den Eiumfang schneidet.

Um in eine so gefundene Kurve den Längendurchmesser und den grössten Querdurchmesser zu zeichnen, kann man sich folgender einfacher Methode bedienen; Man überträgt die Kurve auf durchscheinendes Papier (Pauspapier) und faltet dieses Blatt so zusammen, dass sich die beiden Kurvenhälften in der Durchsicht vollständig decken, was man mit dem Augenmass ziemlich genau abschätzen kann. Die entstandene Bruchfalte fällt mit dem Längendurchmesser des Eies zusammen.

Legt man nun dieses durchsichtige Papier derart auf „Millimeterpapier,“ dass der Bruch sich mit irgend einer Linie des Millimeterpapiers deckt, so kann man die grössten, senkrechten Abstände der Kurve von dem Längendurchmesser nach dem Augenmass durch Punkte gleichfalls leicht bestimmen. Die Verbindungslinie dieser beiden Punkte steht auf dem Längendurchmesser senkrecht und ist der grösste Querdurchmesser.

Mathematische Analyse der Eikurve.

Die auf eben beschriebene Weise gewonnene Kurve soll kurz die Eikurve genannt werden. Sie ist nur ausnahmsweise, wie schon erwähnt, annähernd ein Kreis, öfter eine Ellipse, meistens aber eine complizierte Kurve, die von drei Constanten

---

[1]) Der Apparat besteht im wesentlichen aus einer horizontalen, ebenen Platte, welche mit Papier bezogen werden kann. Durch besondere Vorrichtung wird das Ei auf dieser Platte horizontal festgelegt, und der Umfang desselben mit Hülfe eines zur Platte senkrechten, beweglichen Stiftes leicht auf dem darunter liegenden Papier projiciert. (Tâtonnement).

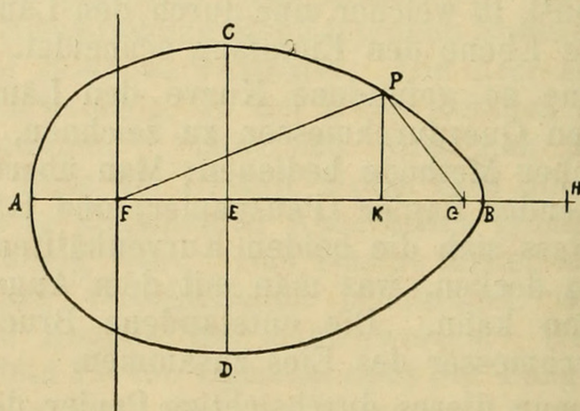
abhängt[1]). Das hat schon als Vermutung Jacob Steiner seinem Freunde Fechner[2]) gegenüber geäussert, und ich habe durch zahlreiche Messungen den Beweis dafür geliefert.

Fig. 1. zeigt ein solches Steiner'sches oder richtiger Cartesisches Oval; denn schon Cartesius hat sich mit dieser Kurve vierten Grades beschäftigt, die auch nach ihm benannt ist.[3])

Im Abstande $FG = e$ liegen zwei Punkte F und G. Ein beliebiger Kurvenpunkt P ist mit beiden verbunden. FP heisse S_1, PG dagegen S_2. Während nun bei der Ellipse die Gleichung gilt $S_1 + S_2 = c$, lautet dieselbe bei der Eikurve $S_1 + m\, S_2 = c$, wobei m und c Constante bedeuten.

In dem hier gezeichneten Falle ist $e = 50$ mm, $c = 54{,}8$ mm, $m = 0{,}687$. Ändern sich diese Grössen, so gewinnt das Oval eine andere Gestalt. Je mehr sich z. B. m der Zahl Eins nähert, desto ähnlicher wird die Kurve einer Ellipse[4]), und der Brennpunkt

Fig. 1.



$FG = e$.	$FP = S_1$.	$PG = S_2$.	$AB = L$ oder a.
$CD = Q$.	$EB = a_1$.	$AE = a_2$.	$EG = e_1$. $FE = e_2$.
$FK = x$.	$PK = y$.	$AF = p$.	$GB = q$.

1) Der Kreis ist durch eine, die Ellipse durch zwei Constanten bestimmt.

2) Berichte über d. Verhandl. d. Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch. zu Leipzig. Mathem-Physik. Klasse 1849.

3) S. Gino Loria. Specielle algebraische und transcendente Kurven. Übersetzt v. F. Schütte. Leipzig 1902.

4) Um die Kurve der Ellipse aus gegebenen Stücken zu construieren, wenn z. B. die Excentricität $e = 25$ und die Constante $= 30{,}5$ gegeben sind, beschreibt man um den einen Brennpunkt F_1 einen Kreis mit der Constanten $= 30{,}5$. Ziehe sodann von F_1 nach der Peripherie einen beliebigen Strahl $F_1 P$ und verbinde P mit dem anderen Brennpunkt F_2, so ist der Durchschnittspunkt M von $F_1 P$ und der Senkrechten, welche in der Mitte von PF_2 errichtet ist, ein Punkt der gesuchten Ellipse. Dasselbe gilt von allen anderen Strahlen, die von F_1 nach der Peripherie

G rückt dann immer mehr vom Pole B ab, bis bei dem Werte von $m = 1$ die Ellipse entsteht, und die beiden Brennpunkte von den Polen gleich weit entfernt sind. Je spitzer aber andrerseits ein Ei gestaltet ist, desto mehr wird auch der Brennpunkt G an den Pol B heranrücken; wir haben folglich in der Entfernung der Brennpunkte von den Polen ein Mittel, den Grad des Zugespitztseins von Eikurven[1]) durch Zahlen genau auszudrücken. Der Wert von m muss übrigens stets kleiner als 1 sein[2]).

Die beiden festen Punkte F und G, die aus optischen Gründen gewöhnlich Brennpunkte genannt werden, liegen dann stets innerhalb des geschlossenen Linienzuges. Es lässt sich aber auch ausserhalb bei H (Fig. 1) noch ein dritter Brennpunkt finden.

Daraus ergibt sich die Frage, ob sich aus der durch Abzeichnen gewonnenen Eikurve durch Rechnung die drei Constanten e m und c bestimmen lassen, und ob diese Grössen, welche eben den Grad des Zugespitztseins der Kurven mithin kurzweg die Gestalt des Eies bedingen, für die Unterscheidung ähnlich gestalteter Eier von Wert sind.

---

gezogen werden, bei allen wird auf gleiche Weise ein Punkt M gefunden, der jedesmal ein Punkt der gesuchten Ellipse ist. Die Verbindungslinie aller dieser Punkte M bildet die Kurve der Ellipse.

[1]) Um die Eikurve aus gegebenen Stücken m e und c zu construieren, verfahre man in folgender Weise: Um den Punkt B einer Linie $AB = 100 . m$ beschreibe man einen Kreis von 100 mm. Im Punkte A errichte man ein Lot, das den Kreis in C schneidet. Wird C mit B verbunden, so teilt jede Parallele zu AC die Linie CB im Verhältnis 1: m. Trägt man nun eine beliebige Strecke von der gegebenen Constanten c ab, beschreibt mit derselben um den einen Endpunkt H der gegebenen Strecke e einen Kreis und trägt das übrig bleibende Stück von c auf AB von B aus bis Fab, zieht durch F zu AC eine Parallele, die CB in G schneidet, schlägt dann um den anderen Endpunkt I von e mit GB einen Kreis, der den um den ersten Endpunkt H beschriebenen Kreis in M schneidet, so ist dieser Schnittpunkt M ein Punkt der gesuchten Eikurve; denn die Bedingung für die Eikurve ist erfüllt, es ist nämlich $HM + m . MI = c$. Dasselbe kann man mit anderen Strecken erhalten, die auf dem gegebenen Stücke c abgetragen werden. Die Verbindungslinie aller dieser Punkte M bildet die Eikurve.

[2]) Zeichnet man eine beliebige Eikurve, wobei z. B. $m = 0,7$ ist, so erhält man eine Kurve, die auf der rechten Seite angeschwollen ist und nach der linken Seite spitzer zuläuft. Wächst der Wert für m, so dass er schliesslich $= 1$ wird, so verwandelt sich die Eikurve in eine Ellipse, die auf beiden Seiten gleich stark angeschwollen ist. Lässt man m noch weiter, also über 1 hinaus wachsen, so entsteht eine Kurve, welche nun auf der linken Seite die Anschwellung zeigt, während sie nach rechts spitz abfällt. Erreicht der Wert von m den reciproken Wert von 0,7, so ist die Kurve gleich und nur ein Spiegelbild der ersten Kurve. Daher kann man sagen, dass m kleiner als 1 sein muss.

Wendet man elementare Mathematik unter Zuhilfenahme der Senkrechten an, welche in der Mitte des Längendurchmessers der Eikurve errichtet wird, so ist die Aufgabe lösbar, aber man gelangt zu sehr verwickelten und schwerfälligen Gleichungen, so dass diese Art, die drei unbekannten Constanten zu berechnen, unmöglich praktisch angewandt werden kann. Verzichtet man auf absolute Genauigkeit, so kann man wesentliche Abkürzungen eintreten lassen[1]). Die so erhaltenen Werte sind allerdings mit geringen Fehlern behaftet, die jedoch in der Praxis unberücksichtigt gelassen werden können.

Eine fehlerlose Berechnung der drei unbekannten Konstanten ist in möglichst einfacher Weise nur mit den Hilfsmitteln der höheren Mathematik zu erzielen. Hierbei ergibt sich, dass der Längendurchmesser der Kurve $AB = L$, der grösste Querdurchmesser $CD = Q$ und die Abschnitte des Längendurchmessers $EB = a_1$ sowie $AE = a_2$ sich durch die drei Grössen c e und m ausdrücken lassen. Ebenso können auch die beiden Abschnitte der Strecke e, nämlich $EG = e_1$ und $FE = e_2$ aus Gleichungen berechnet werden, in denen nur c e und m vorkommen. Der Gang der Rechnung ist dann folgender[2]):

Der Koordinaten-Anfangspunkt geht durch den einen Brennpunkt (Fig. 1).

Die Gleichung der Eikurve ist

$$S_1 + m\, S_2 = c$$

Ausserdem ist $S_1{}^2 = x^2 + y^2 \qquad S_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$

$$S_2{}^2 = (e-x)^2 + y^2 \qquad S_2 = \sqrt{(e-x)^2 + y^2}$$

Diese Werte oben eingesetzt, ergibt

$$\text{I} \qquad \sqrt{x^2 + y^2} + m \sqrt{(e-x)^2 + y^2} = c.$$

Da aus einer Quadratwurzel der Wert sowohl positiv als negativ sein kann, muss untersucht werden, welche von diesen Werten für die Praxis anzuwenden sind. Der Einfachheit halber wählen wir daher einen bestimmten und zwar den einfachsten Fall, wenn für die Polpunkte der Kurve $y = o$ wird. Gleichung I wird dann

$$\sqrt{x^2} + m \sqrt{(e-x)^2} = c.$$

Löst man die Quadratwurzeln hierin auf, so können vier Fälle möglich sein, entweder haben die Glieder der linken Seite beide positives oder negatives Vorzeichen, oder es ist das erste Glied positiv, während das zweite negativ ist, oder umgekehrt.

---

1) Szielasko. Die Bildungsgesetze der Vogeleier bezüglich ihrer Gestalt. Gera-Untermhaus 1902.

2) Bei dieser Rechnung unterstützte mich in liebenswürdigster Weise der Assistent am physiologischen Institut zu Königsberg (Pr.) Privatdozent Dr. Gildemeister, dem ich hierfür meinen Dank ausspreche.

Die vier Fälle sind folgende nach Auflösung der Quadratwurzeln:

$$x + m\,(e-x) = \pm c \text{ oder}$$
$$x - m\,(e-x) = \pm c.$$

Um zu entscheiden, welche von diesen Gleichungen zu wählen ist, wenden wir die erste wieder auf einen bestimmten, einfachen Fall der Eikurve, nämlich auf die Ellipse an. Die erste Gleichung aufgelöst, ergibt

$$x = \frac{\pm c - m\,e}{1 - m},$$

für die Ellipse ist $m = 1$, also

$$x = \frac{\pm c - e}{0}, \text{ mithin } x = \infty.$$

Es müssten demnach die Brennpunkte der Ellipse in der Unendlichkeit liegen, was aber der Wirklichkeit widerspricht, folglich ist diese Gleichung für die Praxis unbrauchbar.

Betrachten wir dagegen die zweite Gleichung, so erhalten wir nach Auflösung

$$x = \frac{\pm c + m\,e}{1 + m},$$

für die Ellipse ist $m = 1$ und c gleich dem Längendurchmesser, also

$$x = \frac{\pm a + e}{2},$$

was für die Ellipse richtig ist; denn das Stück links vom Koordinaten-Anfangspunkt ist bei der Ellipse, wenn a der Längendurchmesser ist, $\frac{a-e}{2}$ oder da dieser Wert, nach links gelegen, negativ sein muss $\frac{-a+e}{2}$, das nach rechts gelegene Stück ist $\frac{a+e}{2}$.

Um uns wieder der obigen Ausdrücke für alle Eikurven zu bedienen, liegt also rechts vom Koordinaten-Anfangspunkt bis zum Pol, mithin

II $$FB = \frac{c + m\,e}{1 + m},$$

links hiervon $$AF = \frac{-c + m\,e}{1 + m}.$$

Nur diejenigen Kurven sind praktisch verwertbar, bei denen die Brennpunkte nach innen liegen. Damit dieses geschieht, muss für den linken Brennpunkt $c > m\,e$ sein. Für den rechten Brennpunkt muss $\frac{c + m\,e}{1 + m} > e$ sein, weil die Entfernung bis zum

Brennpunkt kleiner sein muss als bis zum Pol, also letzter Wert aufgelöst

$$c + m e > e + m e \text{ oder } c > e.$$

Wenn $c > e$ ist, dann ist es auch $> m e$, wenn $m < 1$ ist, was in der Praxis auch zutrifft, wie früher gezeigt worden ist. Es muss also stets $c > e$ sein.

Um einfache Gleichungen zu finden, mit denen später weiter operiert werden soll, wenden wir die Gleichung der Eikurve auch auf die radii vectores an, welche auf dem Längendurchmesser liegen und setzen

$$\begin{array}{c} p + m(p + e) = c \text{ und} \\ e + q + m q = c \\ \hline e + p + q + m(e + p + q) = 2c \end{array}$$

$$e + p + q = L, \text{ mithin}$$

III $$L = \frac{2c}{1 + m}$$

Es ist ausserdem $q = FB - e$

$$e_1 + q = a_1, \text{ daher}$$

$$e_1 + FB - e = a_1, \text{ oder nach II}$$

$$e_1 + \frac{c + m e}{1 + m} - e = a_1$$

$$e_1 - e = - e_2, \text{ also}$$

$$\frac{c + m e}{1 + m} - e_2 = a_1 \text{ oder}$$

$$\frac{m e_1 - e_2}{1 + m} + \frac{c}{1 + m} = a_1$$

Nach Gleichung III ist

$$\frac{c}{1 + m} = \frac{L}{2} = \frac{a_2 + a_1}{2}, \text{ also}$$

IV $$\frac{m e_1 - e_2}{1 + m} = \frac{a_1 - a_2}{2}.$$

Leitet man aus Gleichung I den Differentialquotienten $\frac{dy}{dx}$ ab, so erhält man zunächst

$$\sqrt{x^2 + y^2} + m\sqrt{(e - x)^2 + y^2} - c = o$$

$$\frac{y dy}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{x dx}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{m y dy}{\sqrt{(e - x)^2 + y^2}} - \frac{m (e - x) dx}{\sqrt{(e - x)^2 + y^2}} = o$$

$$\left(\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} + \frac{m\,y}{\sqrt{(e-x)^2+y^2}}\right) dy +$$

$$\left(\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}} - \frac{m\,(e-x)}{\sqrt{(e-x)^2+y^2}}\right) dx = o$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\dfrac{x}{\sqrt{x^2+y^2}} - \dfrac{m\,(e-x)}{\sqrt{(e-x)^2+y^2}}}{\dfrac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} + \dfrac{m\,y}{\sqrt{(e-x)^2+y^2}}}$$

$$\frac{dy}{dx} = \text{tang. } z = -\frac{x\sqrt{(e-x)^2+y^2} - (m\,e-x)\sqrt{x^2+y^2}}{y\left(\sqrt{(e-x)^2+y^2} + m\sqrt{x^2+y^2}\right)}$$

z ist der Winkel, den die Tangente der Kurve mit der X-Achse bildet. Für den höchsten Punkt der Kurve läuft die Tangente der X-Achse parallel, also ist tang. z = o, mithin erhält der obige Bruch den Wert o, folglich ist auch der Zähler gleich o. Es ist also für den höchsten Punkt der Kurve

$$x\sqrt{(e-x)^2+y^2} - m\,(e-x)\sqrt{x^2+y^2} = o \text{ oder}$$

$$\text{V} \qquad x\sqrt{(e-x)^2+y^2} = m\,(e-x)\sqrt{x^2+y^2}$$

Gleichfalls ist für den höchsten Punkt $x = e_2$, und $e-x = e_1$ und $y = \frac{Q}{2}$. Diese Werte in V eingesetzt, erhält man

$$\text{VI} \qquad e_2\sqrt{e_1^2+\left(\frac{Q}{2}\right)^2} = m\,e_1\sqrt{e_2^2+\left(\frac{Q}{2}\right)^2}$$

Diese Gleichung quadriert und $\frac{Q}{2} = Y$ gesetzt, erhält man

$$\text{VII} \qquad Y^2 = \frac{e_2^2\,e_1^2\,(1-m^2)}{m^2\,e_1^2 - e_2^2}$$

Damit Y^2 positiv wird, muss $m^2 e_1^2 > e_2^2$ sein, alles andere in dem Ausdruck ist bereits positiv. Ebenso ist auch $m\,e_1 > e_2$.

Aus Gleichung I erhält man für den höchsten Punkt der Kurve unter Berücksichtigung der Bemerkungen zu Gleichung V

$$\text{VIII} \qquad \sqrt{e_2^2+Y^2} + m\sqrt{e_1^2+Y^2} = c$$

und aus Gleichung VI erhält man

$$\sqrt{e_1^2+Y^2} = \frac{m\,e_1}{e_2}\sqrt{e_2^2+Y^2},$$

Diesen Wert in VIII eingesetzt, ergibt

$$\sqrt{e_2^2+Y^2} = \frac{c\,e_2}{e_2+m^2\,e_1}$$

$$\text{IX} \qquad e_2^2 + Y^2 = \frac{c^2 e_2^2}{(e_2 + m^2 e_1)^2}$$

$$\text{X} \qquad Y = e_2 \sqrt{\frac{c^2}{(e_2 + m^2 e_1)^2} - 1}$$

Der negative Wert fällt hierbei fort, weil Y eine absolute Strecke bedeutet. Aus Gleichung IX c berechnet:

$$c^2 e_2^2 = (e_2^2 + Y^2)(e_2 + m^2 e_1)^2,$$

hierin aus VII Y^2 eingesetzt, ergibt

$$\text{XI} \qquad c = (e_2 + m^2 e_1) \sqrt{\frac{e_1^2 - e_2^2}{m^2 e_1^2 - e_2^2}}$$

Der negative Wert für c fällt auch hier fort, weil c eine absolute Strecke bedeutet.

Ersetzt man in Gleichung X c^2 durch Gleichung XI, so erhält man

$$\text{XII} \qquad \frac{Q}{2} = e_2 \sqrt{\frac{e_1^2 - e_2^2}{m^2 e_1^2 - e_2^2} - 1}$$

Die vier Gleichungen III IV XI XII sind die Grundgleichungen, mit denen weiter operiert werden kann; denn sie enthalten nur die Unbekannten m e_1 e_2 und c, während sämtliche andern Werte aus der abgezeichneten Eikurve direkt gemessen werden können und daher bekannt sind.

Schafft man nun durch Kombination von Gleichungen III und XI c heraus und berechnet aus Gleichung IV m, welches man in die erhaltene Gleichung einsetzt, so entsteht eine Gleichung dritten Grades zwischen e_1 und e_2, aus welcher e_1 berechnet werden kann.[1])

Setzt man das aus Gleichung IV berechnete m ebenfalls in Gleichung XII, so erhält man eine zweite Gleichung dritten Grades zwischen e_1 und e_2, aus der in derselben Weise e_1 zu berechnen ist. Durch Gleichsetzung der beiden gefundenen Werte für e_1 erhält man eine Gleichung, in der nur e_2 als Unbekannte vorkommt. Diese Gleichung heisst:

$$\sqrt[3]{-\frac{t}{2} + \sqrt{\left(\frac{t}{2}\right)^2 + \left(\frac{s}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{t}{2} - \sqrt{\left(\frac{t}{2}\right)^2 + \left(\frac{s}{3}\right)^3}} - \frac{(a_1 - a_2)^2 - 2 e_2^2}{6 e_2}$$

1) Wie dieses geschieht, ist aus der erwähnten Schrift „Die Bildungsgesetze der Vogeleier" Gera-Untermhaus 1902 zu ersehen.

$$-\sqrt[3]{-\frac{v}{2}+\sqrt{\left(\frac{v}{2}\right)^2+\left(\frac{u}{3}\right)^3}}-\sqrt[3]{-\frac{v}{2}-\sqrt{\left(\frac{v}{2}\right)^2+\left(\frac{u}{3}\right)^3}}-\frac{e_2+(a_1-a_2)}{3}=0$$

Hierin bedeutet

$$s=\frac{-[(a_1-a_2)^2+4\,e_2{}^2]^2-3\,(a_1+a_2)^2\,(a_1-a_2)\,[(a_1-a_2)+4\,e_2]}{48\,e_2{}^2}$$

$$t=\frac{\begin{cases}9(a_1+a_2)^2(a_1-a_2)\left[(a_1-a_2)^2[(a_1-a_2)+4e_2]+4e_2{}^2[(a_1-a_2)-2e_2]\right]\\-[(a_2-a_1)^2+4\,e_1{}^2]^3\end{cases}}{864\,e_2{}^3}$$

$$u=\frac{-16\,e_2{}^2\,[(a_1-a_2)+e_2]^2-3\,q^2\,(a_1-a_2)\,[(a_1-a_2)+4\,e_2]}{48\,e_2{}^2}$$

$$v=\frac{\begin{cases}9\,q^2\,(a_1-a_2)\left[3\,e_2\,(a_1-a_2)-[(a_1-a_2)+e_2]\,[(a_1-a_2)+4\,e_2]\right]\\-32\,e_1{}^2\,[(a_2-a_1)+e_1]^3\end{cases}}{432\,e_2{}^2}$$

Ist e_1 und e_2 berechnet, so können die andern Unbekannten aus den angegebenen Gleichungen gleichfalls leicht gefunden werden. Mithin ist die gestellte Aufgabe, aus der durch Abzeichnen gewonnenen Eikurve durch Rechnung die drei Constanten e, m und c zu bestimmen, gelöst worden.

Anwendung der aus der Eikurve gefundenen Werte auf die Systematik.

Mittels der drei Constanten e, m und c ist es also möglich, die Form eines Eies genau zu beschreiben. Deshalb untersuchte ich, ob nicht diese Constanten in Fällen, in denen Eier verschiedener Species bisher nicht von einander getrennt werden konnten, ein brauchbares Unterscheidungsmerkmal abgeben würden.

Mein Interesse war hauptsächlich denjenigen Arten zugewendet, welche schon oft Gegenstand eingehendster Untersuchungen gewesen sind und oft selbst dem Geübten Schwierigkeiten bei der Bestimmung bereiten.

So haben sich z. B. Altum, Lovassy, Rzehak und Nathusius unter Zuhilfenahme eines sehr umfangreichen Materials und unter erheblichen Schwierigkeiten vergeblich abgemüht, zwischen Eiern von *Buteo vulgaris*, *Milvus regalis*, *Milvus ater* einerseits und zwischen solchen von *Corvus cornix*, *Corvus frugilegus* und *Corvus corone* andrerseits charakteristische Merkmale zu finden.[1])

---

[1]) Altum. Die Eier von *Buteo vulgaris*. Journal für Ornithol. XI und XII.

Meine Resultate sind in der folgenden Tabelle niedergelegt. Da ich mich aber bei Aufstellung dieser der im vorigen Abschnitt erwähnten, abgekürzten Methode bediente, sind die berechneten Zahlen, wie schon früher hervorgehoben wurde, mit kleinen Fehlern behaftet.

Artname	L	Q	a_1	a_2	e_1	e_2	m	c
Corvus frugilegus	38,4	27,7	21,8	16,6	18,2	9,1	0,75	33,6
" "	39,8	28,6	22,9	16,9	19,5	9,1	0,73	34,5
" "	42,8	28,8	24,4	18,4	21,6	11,1	0,76	37,6
" "	41,8	27,7	24,7	17,1	22,9	9,9	0,72	35,8
" "	41,0	28,4	23,0	18,0	19,4	10,6	0,77	36,3
Corvus cornix	44,0	29,0	26,4	17,6	24,8	9,9	0,70	37,4
" "	42,0	30,2	24,4	17,6	21,0	9,3	0,72	36,1
" "	38,8	29,2	22,4	16,4	18,3	8,0	0,72	33,3
" "	41,0	30,3	22,6	18,4	17,7	10,2	0,79	36,7
" "	44,0	30,9	23,6	20,4	18,8	12,9	0,84	40,6
Aquila pomarina	62,3	49,0	35,3	27,1	27,1	12,9	0,74	54,2
" "	61,0	50,4	33,8	27,2	23,3	11,7	0,75	53,4
" "	62,2	49,2	34,1	28,1	25,0	14,3	0,79	55,6
" "	61,2	51,4	33,3	27,9	21,5	11,9	0,78	54,4
" "	58,4	46,9	30,9	27,5	20,4	14,1	0,85	53,9
Buteo vulgaris	55,6	42,6	31,2	24,4	24,1	12,2	0,75	48,7
" "	55,4	43,0	30,2	25,2	22,1	13,1	0,80	49,8
" "	55,0	42,6	29,4	25,6	21,0	14,0	0,83	50,4
" "	55,6	43,0	29,2	26,4	20,4	15,2	0,87	52,0
" "	58,2	43,2	29,1	29,1	19,5	19,5	1,00	58,2
Milvus regalis	57,0	42,8	32,9	24,1	27,1	12,0	0,72	49,1
" "	57,4	43,2	33,1	24,3	27,0	11,9	0,72	49,4
" "	57,8	43,7	33,0	24,8	26,3	12,1	0,73	50,0
" "	56,0	43,0	30,3	25,7	22,2	13,9	0,81	50,7
" "	57,0	43,0	30,7	26,3	23,0	15,0	0,83	52,0
Milvus ater	54,0	42,6	28,6	25,4	19,8	13,9	0,85	50,0
" "	52,8	42,0	28,0	24,8	19,0	13,1	0,85	48,7
" "	52,6	42,6	27,8	24,8	18,3	12,7	0,85	48,6
" "	50,6	42,4	26,6	24,0	16,4	11,6	0,85	46,9
" "	52,1	41,0	27,0	25,2	17,9	14,5	0,90	49,7
Falco tinnunculus	34,4	32,0	17,8	16,6	7,7	5,5	0,86	31,9
Columba domestica	38,0	27,6	19,0	19,0	13,1	13,1	1,00	38,0

Lovassy. Über die Eier von *Milvus regalis* Zeitschr. f. Ornithol.
Rzehak. Charakterlose Vogeleier. Ann. d. k. naturh. Hofmuseums 1893.
Nathusius. Nachweis des Speciesunterschiedes von *Corvus corone* und *Corvus cornix* und ihrer häufigen Verbastardierung an den Eischalen. Journal f. Ornithol. 1874.

Hierbei könnte vielleicht der Einwand gemacht werden, dass nach Lösung der Aufgabe, aus den Bekannten a_1 a_2 Q und L die Constanten e, m und c zu berechnen, die Zusammenstellung einer Tabelle keine Schwierigkeiten mehr haben dürfte. Aber der blosse Anblick der Rechnung im vorigen Kapitel genügt, um zur Überzeugung zu gelangen, dass trotz der Richtigkeit des Verfahrens letzteres in der Praxis doch nicht angewandt werden kann, weil die Rechnung immerhin compliziert ist, und weil das Operieren mit solchen Gleichungen nicht eines Jeden Sache ist. Deshalb gehe ich mit der Absicht um, Tabellen herzustellen, in denen die Constanten bereits ausgerechnet sind und daher nur abgelesen werden brauchen.

Unterwerfen wir die obige Zusammenstellung einer näheren Prüfung, so findet man unter Eikurven von *Corvus frugilegus* und *cornix* und ebenso von *Buteo vulgaris* und *Milvus regalis* überhaupt keinen Unterschied, da die Zahlenwerte der genannten Arten vollständig in einander übergehen. Da ausserdem in der Natur Bastardierungen zwischen *Corvus cornix* und *corone* ziemlich häufig vorkommen, und diese Eier von *cornix*, *frugilegus* und *corone* nicht zu unterscheiden sind[1]), bleiben sämtliche genannte Arten auch fernerhin die Schmerzenskinder der Oologie, und die mathematische Berechnung der Eikurve kommt in diesen Fällen nicht einmal als neuer Hilfsfactor zur Unterscheidung der betreffenden Species hinzu.

Ebenso ist es mit kleinen Eiern von *Aquila pomarina*, die mit grossen von *Buteo vulgaris* verwechselt werden können. Auch hier gehen die Werte von m e und c in einander über.

Zwischen *Milvus ater* und *Buteo vulgaris* ist die Grösse e ($e_1 + e_2$) zu verwerten, und ebenso dient zur Trennung von *Milvus regalis* und *ater* die Feststellung von a_1, e_2, e und m. In diesen Fällen kann also die mathematische Berechnung der Eikurve als neu hinzukommender Factor angesehen werden, welcher zusammen mit den anderen Unterscheidungsmerkmalen eine Trennung der genannten Species ermöglicht.

Von den anderen in der Tabelle aufgeführten Species ist bei *Falco tinnunculus* noch hervorzuheben, dass, trotzdem der Längen- und Querdurchmesser fast gleich sind, das Ei dennoch von der Kugelgestalt sehr abweicht, da die Grösse e nicht $= o$ wie bei dem Kreise ist, sondern die bedeutende Länge von 13,2 mm besitzt.

Begründung der Variabilität der Eiform.

Die Frage, weshalb die Eier der Vögel nicht in gleicher Weise wie bei den Reptilien, von denen sie abstammen[2]), durch-

[1]) Zeitschrift für Oologie. Jahrg. XII. S. 171.

[2]) Wiedersheim. Die Stammesentwickelung der Vögel. Biolog. Centralblatt 1884, Nr. 21.

weg elliptisch oder fast elliptisch gestaltet sind, sondern bald kugelig, bald elliptisch oder nach dem einen Pole stark zugespitzt erscheinen, und weshalb ein nach allen Seiten dehnbarer Uterus so gesetzmässig gebildete Gestalten zu produzieren vermag, ist schon oft und verschieden beantwortet worden.

Thienemann[1]) glaubte zwischen der Gestalt der Eier und der des Vogelkörpers Beziehungen gefunden zu haben: Vögel mit kurzem, dickem Körper (Strigidae, Gallinae, Alcedinidae) sollten rundliche Eier legen, die mit lang gestrecktem Körper (Colymbidae, Mergidae) längliche Eier. Er selbst wagt aber diese Regel nicht zu verallgemeinern, führt vielmehr zahlreiche Ausnahmen von (*Astur nisus*, *Merops apiaster*, *Iynx torquilla*).

Fatio[2]) gibt die Ansichten über die Entstehung der Eigestalt von mehreren Autoren an, ohne jedoch deren Werke namhaft zu machen und ohne näher zu begründen, wie die betreffenden Verfasser zu ihrer Ansicht gekommen sind, so dass eine Prüfung dieser Angaben nicht vorgenommen werden konnte. Danach soll Moquin-Tandon die Eigestalt der Bauart des Oviducts zuschreiben, der Engländer Berge ist der Ansicht, dass sich dieselbe nach der Stärke des Vogels, der Natur seiner Geschlechtsorgane und ganz besonders nach der Weite und Ausmündung des Oviducts richtet. Sodann suchten De Blainville und de la Fresnaye die Ursache der verschiedenen Eiformen in der Vergleichung mit dem sternum und dem vollständigen Skelett der Vögel.

Nach Nikolsky und Wagner[3]) soll die Eigestalt eine Function der Wirkung der Gravitation sein. Je nach der gewohnheitsmässigen Stellung des Vogels soll die Eiform verschieden sein. Vertikale Haltung der Längsachse des Vogelkörpers soll rundliche Eier, mehr horizontale Haltung stärker elliptische Eier entstehen lassen.

Wenn die Betrachtung richtig wäre, so müsste bei derselben Vogelart die Eiform wechseln, je nach der Haltung, in welcher der Vogel sich im Anfange des Anlegens der Kalkschale befindet. Beim Stehen und Sitzen des Vogels müsste das Ei die grösste Breite unten besitzen, bei wagerechter Haltung des Körpers also z. B. beim Schwimmen könnten nur elliptische Eier entstehen und beim Fressen des Vogels, wobei der Hinterleib gehoben und der Vorderkörper geneigt ist, müsste jedesmal eine verkehrte Eiform gebildet werden. Die Form ist aber ebenso constant, wie

---

Wiedersheim. Über die Vorfahren der heutigen Vögel. Veröffentlicht in „Humboldt“ 1885.

1) Thienemann. System. Darst. d. Fortpflanz. der Vögel Europas. Leipzig 1838.

2) Fatio. L'Oomètre. Bulletin de la société ornithol. suisse. tome I, 1 partie. Genf 1865.

3) Nikolsky u. Wagner. Über die Form des Vogeleies. Citiert nach d. Jahresbericht über d. Fortschr. d. Anatomie u. Physiologie 1890.

die Haltung des Vogels in Ruhe, im Fluge, im Laufen wechselt. Diese Anschauung hält daher einer ernsten Kritik nicht stand.

Grässner[1]) endlich spricht die Vermutung aus, dass die Eigestalt von der Gestalt des Uterus abhänge. Eine Begründung dieser Ansicht gibt er nicht.

Das Gepräge, welches die Eiform der verschiedenen Species aufweist, kann in der Tat, wie Grässner vermutet, nur von dem Uterus verliehen sein; denn solange das Ei im Oviduct verweilt, ist seine Form variabel, da es jeder Umhüllung entbehrt. Die erste Hülle, membrana testacea genannt, wird dem Ei erst im untersten Abschnitt des Oviductes unmittelbar vor der Mündung desselben in den Uterus — im sogenannten Isthmus — umgelegt. Auch durch diese Membran wird dem Ei noch keine bestimmte Gestalt gegeben. Diese resultiert erst aus der Umlagerung der harten Kalkschale, welche im Uterus geschieht[2]). Hier ist also das formgebende Organ, hier muss demnach die Untersuchung angreifen.

Es fallen sofort zwei Möglichkeiten ins Auge. Entweder ist die Eiform das Resultat des Spieles der Muskulatur, oder sie ist bedingt durch die Elastizitätsverhältnisse der Wand des Uterus.

Die Experimente werden mit der Prüfung der zweiten Frage zu beginnen haben, da ihre Entscheidung leicht ist. So wurde denn auch verfahren, indem die infolge von Dehnung entstehende Form des Uterus bei zwei toten Tieren untersucht wurde, bei *Columba domestica*, welche elliptische Eier, und bei *Charadrius minor*, der birnförmige Eier legt[3]).

Columba domestica.

Der erste Versuch betraf den puerperalen Uterus einer frisch getöteten Taube. Derselbe wurde am vaginalen Ende unterbunden und vom abdominalen Ende her, analog dem natürlichen Eintritt der Eimasse, mit Wasser unter mässigem Druck injiciert. Nach dieser Manipulation zeigte er deutlich die Gestalt des Taubeneies.

Hiermit war es für diese Species wahrscheinlich gemacht, dass die Elastizität der Uteruswand die formbestimmende Ur-

---

[1]) Grässner. Die Vögel Deutschlands und ihre Eier. Halle 1860.

[2]) Sacchi. Contribuzione all istiologia dell'ovidotto dei Sauropsidi. Atti. Soc. Ital. Nat. Milano Vol. 30.

Giacomini. Sull'ovidotto dei Sauropsidi. Monitore Zoologico Italiano. Vol. IV. Anno IV 1893.

Weidenfeld. Über die Bildung der Kalkschale und Schalenhaut der Hühnereier. Centralbl. Phys. 11. Band.

[3]) Die Untersuchungen sind im physiologischen Institute zu Königsberg (Pr.) unter Leitung des Assistenten und Privatdozenten Dr. Weiss angestellt worden. Für die mir dabei erwiesene Unterstützung darf ich dem Genannten an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

sache ist. Um etwas tiefer einzudringen, sollte noch festgestellt werden, welche Gewebselemente für die Form in Betracht kommen.

Vorweg muss bemerkt werden, dass die Wirkung des elastischen Gewebes allein die Form des gedehnten Uterus nicht bedingen kann. Vielmehr muss man sowohl am vaginalen wie am abdominalen Uterusende Muskelwirkungen voraussetzen. Es zeigte sich nämlich bei Injection vom Eileiter her, dass sowohl die Kloaken-Uteruspforte wie auch die Eileiter-Uterusmündung stark erweitert wurden. Um dem Zustande nahe zu kommen, der im graviden Uterus herrscht, wurde daher jene unterbunden, und in diese die Kanülenspitze eingefügt.

Nachdem nunmehr durch die Injectionsmasse (physiologische Kochsalzlösung) die Dehnung erfolgt und die erwähnte Form ausgebildet war, wurde zunächst die Wand makroskopisch betrachtet. Es fielen dabei Gewebsstränge auf, welche vom Kloakenende ausgehend in der Uteruswand verliefen, teils gerade, teils spiralig etwa den halben Umfang des Uterus umkreisten und etwa in einer Entfernung von $1/3$ der gesamten Uteruslänge, vom Oviductende gerechnet, ihr Ende erreichten. Bei Aufschneiden des zuvor mit Flemming'scher Lösung gefüllten und darin erhärteten Uterus zeigte sich, dass diese spiraligen Stränge auf der Innenfläche des Uterus über die Wandwölbung vorragten. Die mikroskopische Untersuchung (Flemming'sche Lösung-Saffranin) zeigte, dass es sich um Faltungen der Uterusschleimhaut handelte.

Die Ursache dieser Falten kann zwiefach sein. Entweder genügt die zur Dehnung des Uterus angewandte Druckkraft nicht, was unwahrscheinlich ist, da das lumen so stark gedehnt war, dass ein Taubenei vollkommen darin Platz hatte, oder aber die Faltenbildung war durch die Fixation der Schleimhaut am Kloakenende infolge der Ligatur bedingt. Diese Möglichkeit ist die wahrscheinliche, da durch die erwähnte Ursache eine Faltenbildung resultieren muss. Im graviden Uterus fehlen diese Falten, so dass sie also Kunstproducte sein müssen.

Weiter wurde die Uteruswand mikroskopisch untersucht. Von Interesse ist das Verhalten der muscularis und der mucosa. Im corpus fand sich eine Muskulatur von etwa 0,014 bis 0,159 mm Dicke. Dieselbe bestand im wesentlichen aus Längsmuskeln, nur vereinzelt fanden sich Ringmuskeln. An den Stellen, wo diese vorhanden waren, zeigte sich die angeführte Dickenzunahme. Nach den beiden Enden des Uterus zu wurde die Muskulatur mächtiger. Am Kloakenende betrug ihre Dicke 0,183 mm. Hier bestand sie aus zwei Ringmuskelschichten, welche eine Längsmuskelschicht zwischen sich fassten. Analog war das Bild des Eileiterendes; hier betrug die Mächtigkeit der Muskelschicht 0,136 bis 0,250 mm. Die Versuche ergaben also, dass an beiden Enden eine Art Sphinctermuskel vorhanden ist, was ja erwartet werden konnte.

Die Schleimhaut zeigte ein aus hohen Cylinderzellen bestehendes Epithel, unter welchem die Drüsen sich befanden, welche tubulös gebaut, ein niederes granuliertes Epithel aufwiesen. Ausführungsgänge der Drüsen konnte ich nicht nachweisen. Wie das Secret in das lumen des Uterus gelangt, wurde also nicht erkannt. Das Object eignete sich auch für das Studium dieser Frage nicht, da der tätige Zustand der Drüsen bereits vorüber war. Wie gesagt, handelte es sich um das puerperale Organ.

Charadrius minor.

Der nicht puerperale Uterus, in gleicher Weise wie der vorige injiziert, zeigte eine deutliche Anschwellung am vaginalen und ein Zugespitztsein am abdominalen Ende[1]), gab also die Form des vom Vogel gelegten Eies deutlich wieder.

---

[1]) Um hier noch die Frage zu streifen, wie das Ei im Uterus liegt, möchte ich erwähnen, dass mir zwei Fälle bei Hühnern aus eigener Anschauung bekannt sind. Beide Male verliess das Ei den Vogelkörper mit dem stumpfen Ende zuerst. Den umgekehrten Fall, dass das spitze Ende der Kloake zugewandt liegt, habe ich bei Kanarienvögeln öfter beobachten können, wobei aber jedesmal die Tiere an Legenot eingingen.

Es verhält sich dieses bei den Vögeln ebenso wie bei den Säugetieren und beim Menschen. Hier wie dort verlässt die ausgetragene Frucht resp. das legereife Ei den mütterlichen Körper in der Regel mit dem voluminösesten Teile zuerst, bei Säugetieren und Menschen ist also der Kopf, bei Vögeln das stumpfe Ende des Eies der vorangehende Teil. In Ausnahmefällen kommen hier wie dort Abweichungen vor, bei den ersteren gibt es Steisslagen und noch seltener Querlagen, welche aber meist besonderer Hülfe bedürfen, damit die Geburt überhaupt erfolgen kann. Ebenso kommt es auch bei den Vögeln vor, dass das spitze Ende des Eies den vorangehenden Teil bildet. Hierbei verfängt sich in vielen Fällen, ebenso wie bei der Steisslage des Menschen, der längere vorangehende Hebelarm in den nachgiebigen Wandungen des Gebärschlauches, und das Ei kann nicht ausgestossen werden, das Tier geht dann, weil eine Geburtshülfe bei Vögeln fast ausgeschlossen ist, an Legenot ein. Freilich sind auch Fälle bekannt, in denen das Ei den mütterlichen Körper mit dem spitzen Ende zuerst ohne Schwierigkeiten verlassen hat, analog der Steissgeburt des Menschen, die auch spontan erfolgen kann. Selbst einen Fall von Querlage des Eies im Uterus erwähnt Rey in der Einleitung seines Werkes „Die Eier der Vögel Mitteleuropas.“

Dass gerade der voluminöseste Teil der Frucht oder der kürzere Hebelarm in der Regel der vorangehende sein muss, ist natürlich; denn auf solche Weise wird ja jeder durch eine treibende Kraft erregte Körper fortbewegt: Der von der Sehne abgeschnellte Pfeil durcheilt seine Bahn mit dem bleibeschwerten Ende, dem kürzeren Hebelarm zuerst, und ein in einen Block getriebener Keil hat das Bestreben, mit dem stumpfen Ende voran zu gleiten, weil die treibenden Kräfte zu seinen Seiten und

Die mikroskopische Untersuchung der Schnitte (Sublimat — Alaunkarmin) ergab folgendes: Die muscularis zeigte durchweg zwei von einander getrennte Schichten, eine äussere continuierlich verlaufende Längs- und eine innere, gleichfalls continuierliche Ringmuskulatur. Eine äussere Ringmuskulatur war nicht nachzuweisen.

Die Dicke der muscularis schwankte oft, besonders wurde sie an denjenigen Stellen auffallend stärker, an denen sich auch hier bemerkbare Falten der mucosa erhoben. Im ersten Viertel am vaginalen Ende begann die Dicke der Muskulatur mit 0,042 mm, um bald bis 0,016 mm zu sinken und wieder bis 0,031 mm anzusteigen. Auch die Mitte des Uterus zeigte zunächst eine allmähliche Dickenzunahme der Muskulatur von 0,025—0,150 mm, dann aber wieder eine starke Unregelmässigkeit von 0,016--0,071 mm. Das letzte Viertel begann mit 0,036 mm, um bis 0,045 mm am abdominalen Ende anzuwachsen.

Bei diesem Uterus, der sich, wie erwähnt, im inactiven Zustand befand, konnte eine Sphincterenbildung der Muskulatur an den beiden Enden nicht mit der Deutlichkeit wie bei der Taube constatiert werden. Weitere Untersuchung an zu geeigneter Jahreszeit entnommenen Organen würde über diesen Punkt Aufschluss geben.

Die Untersuchungen, welche die zweite Möglichkeit, nämlich das Spiel der Muskulatur des Uterus ins Auge fassen sollten, sind bedeutend schwieriger. Hierbei wäre besonders auf die Innervation des Uterus Wert zu legen, und die Untersuchungen müssten daher am lebenden Tier angestellt werden. Es käme dabei einerseits die Zahl der zum Uterus ziehenden Nerven in Betracht, sodann blieben auch die Eintrittsstellen der einzelnen Nerven und die Nervenfaserzahl nebst ihrer Ausbreitung in der Uteruswand zu berücksichtigen. Auch könnte die Intensität der Innervation in den einzelnen Nerven nicht ganz ausser Acht gelassen werden.

Da jedoch die Prüfung der Elastizitätsverhältnisse der Uteruswand bereits positive Resultate ergeben hat, konnte die Untersuchung der zweiten, weit schwierigeren Frage unterlassen werden.

---

hinten angreifen. Ebenso verhält es sich mit dem Uterus, bei dem die treibende Kraft die tätige Muskulatur ist.

Aber nicht nur in der Gefangenschaft, sondern auch in der freien Natur gibt es Fälle, in denen der spitze Pol des Eies den Vogelkörper zuerst verlässt. Man findet nämlich vereinzelt die Eier eines Geleges, z. B. von *Corvus cornix* oder *Lanius collurio*, mit einer schönen Flecken- oder Kranzzeichnung am stumpfen Ende versehen, während ein Ei dieses Geleges genau dieselbe Zeichnung aber am spitzen Ende trägt. Sicherlich hat ein so gefleckte Ei, obwohl ein directer Beweis hierfür nicht erbracht werden kann, im Uterus mit dem spitzen Pole der Kloake zugewandt gelegen.

Kehren wir nach diesen anatomischen Untersuchungen noch einmal zu der Frage zurück, weshalb die Eier mancher Vögel elliptisch und die von anderen birnförmig u. s. w. gestaltet sind, so ist es interessant zu constatieren, wie die Natur auch bei den Vogeleiern zweckmässig verfährt, soweit es die Gestalt betrifft; denn es ist klar, dass eine Eischale, welche zum Schutze des sich darin entwickelnden Individuums dient, in jeder Beziehung, mithin auch hinsichtlich der Gestalt möglichst vorteilhaft gebildet sein wird. Wenn daher ein Kibitzei stark zugespitzt oder birnförmig erscheint, so kann dieses kein Zufall sein, sondern es muss irgend ein Grund dafür sprechen; denn ebenso sind die Eier mehrerer Selachier (Haifische) mit fadenförmigen Anhängen versehen, womit sie sich am Meeresgrund oder an unterseeischen Klippen verankern können, und die Eier verschiedener Trematoden (Saugwürmer), besonders der Polystomen, besitzen ankerförmige Haken, mit denen sie sich auf den Kiemen von Fischen befestigen und so in den Stand gesetzt werden, dass die Jungen sofort nach dem Auskriechen ohne Generationswechsel als Parasiten neben ihren Eltern leicht eine passende Wohnstätte finden.

Es ist auffallend, dass gerade diejenigen Vögel, welche auf Äcker, kurzgrasige Wiesen, am Meeres- und Seeufer, auf nakte Felsen, also stets auf der Erde und meist ohne Nestanlage und ohne jeden Schutz ihre Nistplätze wählen, Eier von stark zugespitzter, birnförmiger Gestalt besitzen. Hierzu gehören die *Gallinago-*, *Numenius-*, *Limosa-*, *Totanus-*, *Tringa-*, *Vanellus-*, *Charadrius-*, *Uria-*, *Alca-* und *Aptenodytes*-Arten. Es müssen doch wohl die so geformten Eier irgend einen Vorteil vor den mehr rundlich gestalteten der übrigen Vögel besitzen. Worin liegt die Zweckmässigkeit?

Soweit das Gelege aus mehreren Eiern besteht, wird es immer so geordnet, dass die Spitzen der Eier nach innen liegen, die stumpfen Pole nach aussen. Es ist dieses kein Zufall, wie daraus hervorgeht, dass die Tiere die aus ihrer Lage gebrachten Eier immer wieder in der genannten Weise anordnen. So kann man z. B. bei einem Kibitzgelege mehrmals täglich die Eier so wenden, dass die Spitzen nach aussen liegen. Man findet die alte Anordnung immer wieder, wenn der Vogel inzwischen zum Neste heimkehren konnte.

Diese Anordnung hat zwei ins Auge fallende Vorteile. Erstens wird durch dieselbe die zu Tage liegende Oberfläche ein Minimum. Die Wärmeabgabe, welche bekanntlich der Oberfläche proportional ist, ist demnach ebenfalls ein Minimum. Für den im Ei befindlichen Embryo ist das ein grosser Vorteil, da beim Fernbleiben des Vogels vom Nest die Abkühlung, welcher der Embryo zum Opfer fallen kann, vermindert wird.

Eine weitere Zweckmässigkeit dieser Anordnung liegt darin, dass die Eier sich gegenseitig in ihrer Lage festhalten, wenn sie durch mechanische Gewalt z. B. durch Wind beeinflusst werden.

Solche störenden Zufälle finden wir in der Natur recht häufig. Die Eier genannter Vögel sind, weil sie frei auf der Erde in eine zufällige oder selbst angefertigte, kunstlose Vertiefung oft ohne alle Unterlage gelegt werden, schädlichen Einflüssen besonders ausgesetzt. Bei Annäherung eines Feindes sehen sich die Vögel selbst oft genötigt, ihren Nistplatz zu verlassen. Die frei daliegenden Eier sind dann, wenn sie auch durch ihre Färbung oft so sehr der Umgebung angepasst sind, dass sie schwer gefunden werden können, dem Unbill der Witterung für längere Zeit ausgesetzt. Sie können leicht von einem dahinfahrenden Sturm erfasst und von ihrem Platze fortgerollt und so zerstreut werden. Natürlich würden runde Eier viel leichter und weiter vom Nistorte entfernt werden können als stark zugespitzte.

Bei Gelegen, die nur aus einem Ei bestehen, fallen obige Gründe nicht ins Gewicht. Die Zweckmässigkeit ihrer Form ist aber doch augenfällig.

Je spitzer ein Ei ist, um so grösser ist die dem Boden aufliegende Fläche, wie die Betrachtung solcher Eier lehrt. Dieselben liegen immer mit der der Spitze benachbarten Fläche dem Boden auf, haben also eine grössere Reibung als rundliche Eier, werden also auch weniger durch antreibende Kräfte aus ihrer Ruhelage entfernt werden können als die rundlichen. Geschieht dies dennoch, so ist die Art, wie sie fortrollen, wiederum höchst zweckmässig. Sie rollen nämlich in einer kreisförmigen Bahn von kleinem Radius, mithin haben sie die Möglichkeit, zum Ausgangspunkt zurückzukehren oder wenigstens entfernen sie sich nicht weit von demselben. Einige Versuche werden diese Behauptung stützen.

Angestellt wurden dieselben mit Eiern von *Vanellus cristatus*, *Gallus domesticus* und *Columba domestica* einmal unter Zuhülfenahme einer schiefen Ebene mit einem Neigungswinkel von ca. 19°, und sodann wurden Eier von genannten Vögeln bei stürmischem Wetter auf die ebene Erde gelegt. Zunächst wurde festgestellt, dass der Inhalt des Eies garnicht das leichtere oder schwerere Fortrollen beeinflusst. Der Inhalt ist derart angeordnet, dass die fettreiche und daher spezifisch leichtere Dotterkugel (das spezif. Gewicht des Eiweis von *Vanellus cristatus* wurde auf 1,04, das des Eigelb auf 1,02 festgestellt. Bei *Gallus domesticus* betrugen diese Zahlen 1,04 und 1,03) in jeder Lage des Eies den höchsten Stand einnimmt und die Keimscheibe so nahe wie möglich der Quelle der Brutwärme drängt. Die Dotterkugel dreht sich also innerhalb des Eiweisses, was noch durch den Umstand begünstigt wird, dass sich um die Dotterkugel flüssiges und nach den Polen zu mehr zähes Eiweis befindet.[1])

[1]) Bronn. Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. VI. 4 Abth. Vögel.

Bei einem Versuche, ein auf den stumpfen Pol gestelltes Ei von *Vanellus cristatus* zu kochen, befand sich die Dotterkugel gleichfalls möglichst hoch, aber nicht dicht am spitzen Pol, weil das hier befindliche zähe Eiweis und die Chalazen, welche die Dotterkugel möglichst in der Mitte des Eies halten, ein weiteres Emporsteigen verhinderten.

Ebenso wie ein von Natur mit Dotter und Eiweis gefülltes Ei rollt auch ein seines Inhaltes beraubtes, und gleichfalls ein anderes, mit einer homogenen Masse z. B. mit Gelatine angefülltes Ei. Das leichtere oder schwerere Fortrollen der Eier vom Platze hängt somit nur von der Gestalt ab.

Bei den erwähnten Versuchen mit der schiefen Ebene wurden sämtliche Eier stets auf denselben Punkt als Anfangspunkt des Rollens gelegt, dabei rollte das birnförmige Ei von *Vanellus* garnicht von der schiefen Ebene herab, sondern beschrieb einen Kreisbogen mit einem Radius von 12,5 cm, um dann auf der schiefen Ebene liegen zu bleiben. Das eiförmige Ei von *Gallus* beschrieb einen Bogen mit einem Radius von 37,5 cm, und bei dem elliptisch gestalteten Ei von *Columba* war der Radius des Kreisbogens unendlich gross, so dass der Bogen sich schon der geraden Linie näherte und das Ei daher geradeswegs fortrollte.

Der andere Versuch, wobei die Eier bei stürmischem Wetter auf den ebenen Boden gelegt wurden, fiel derart aus, dass das birnförmige Ei von *Vanellus cristatus* garnicht fortrollte, sondern sich durch den andrängenden Wind sofort wie eine Wetterfahne so drehte, dass die Spitze dem Winde entgegen zeigte. Bei dem eiförmigen Ei von *Gallus domesticus* trat dieses zwar auch ein, aber bei sehr heftigen Windstössen überschlug sich das Ei mehrere Male und entfernte sich dadurch etwas vom Anfangspunkt, während das elliptische Ei von *Columba* teils durch Rollen teils durch Überschlagen sich sofort vom Platze entfernte.

Am meisten Aussicht, beim Fortrollen aus dem Neste dieses wieder zu erreichen, hat also das birnförmige Ei von *Vanellus cristatus*. Ausserdem ist seine Bahnfläche am kleinsten, der Weg wird also durch Unregelmässigkeiten der Bodenbildung am wenigsten beeinflusst werden.

Daher können oder dürfen vielmehr genannte Vogelarten, wie die *Gallinago-*, *Numenius-*, *Limosa-*, *Totanus-*, *Tringa-*, *Vanellus-*, *Charadrius-*, *Uria-*, *Alca-* und *Aptenodytes-*Arten nur stark zugespitzte Eier legen, wenn die Existenz ihrer Art nicht auf dem Spiele stehen soll. Wären die Eier dieser Spezies anders gestaltet, so würden sie eben der Gefahr des Fortrollens und somit des leichteren Zugrundegehens ausgesetzt sein.

Werfen wir zur Bestätigung des eben Gesagten einen Blick auf jene nordischen Vogelberge, die von Meervögeln in unbeschreiblicher Anzahl bewohnt werden, wo sich auch zur Brutzeit

Tausende von ihnen auf die kahlen Absätze der Felsen zusammendrängen, so finden wir, dass gerade die *Uria-* und *Alca-*Arten den Hauptbestandteil ausmachen. Diese Vögel legen nur ein stark zugespitztes Ei auf das nackte Gestein. Es ist klar, dass elliptisch gestaltete Eier von den nackten, von Brandung und orkanartigen Stürmen umtobten Felsenriffen und Scheeren leicht hinabrollen und auf den unteren Felsen zerschellen würden. Die Existenz dieser Arten stände somit bei der geringen Fortpflanzungsfähigkeit zu sehr auf dem Spiele. Wenn nach den Berichten der Nordlandfahrer auch trotz der stark zugespitzten Gestalt die Eier oftmals hinabrollen und zerschellen, so hat das seinen Grund wohl hauptsächlich darin, dass die Vögel beim Brüten eben zu dicht gedrängt zusammen sitzen, dass die Eier weniger durch den Sturm als durch die sich stossenden und gegenseitig behindernden Vögel selbst von ihrer Stelle fortbewegt werden.

Im Gegensatz zu den erwähnten Arten ist die Eiform bei allen andern Vögeln, welche ihre Eier in künstlich gebaute Nester, in Höhlen oder auf der Erde unter dem besonderen Schutz von Sträuchern, Bäumen oder dergl. legen, gleichgültig, sie ist entweder gering zugespitzt, oder geradezu elliptisch, aber nie birnförmig. So finden wir denn auch bei den Raub-, Sing- und Klettervögeln, welche besondere Nester zum Schutze der Eier auf Felsen, Bäumen oder dergl. bauen, oder die Eier in Höhlungen ablegen, dass von der Natur auf eine zweckmässige Eiform kein Wert gelegt ist, weil die Eier nicht dem Unbill der Witterung und ausserdem in weit geringerem Masse feindlichen Nachstellungen ausgesetzt sind. Tatsächlich kommt es hier oft genug vor, dass dieselbe Spezies bald elliptische, bald eiförmige Eier aufzuweisen hat, so z. B. bei *Buteo vulgaris, Passer domesticus*, *Ciconia alba* u. s. w.

Eine bemerkenswerte Ausnahme bilden allerdings die frei nistenden Tauben, z. B. *Columba palumbus* und *Turtur vulgaris.* Es ist erstaunlich, wie die beiden elliptisch gestalteten, leicht rollenden Eier in dem flachen Neste keinen Schaden nehmen. Mir ist dieser Fall unerklärlich, und ich vermag mich nur der Ansicht M'Aldovie's[1]) anzuschliessen, wonach die Tauben ein Beispiel für generische Entfärbung der Eischalen bilden, indem sie wahrscheinlich alle ursprünglich Höhlenbrüter waren und als solche weisse, elliptisch geformte Eier gelegt haben.

Die Hühner und Schwimmvögel, welche ihre Nester zwar auf der Erde aber meist auf langgrasigen Wiesen, Getreidefeldern, unter dem Schutz von Sträuchern und Bäumen oder im dichten Rohr und dergl. bauen, weisen gleichfalls keine birn-

[1]) M'Aldovie. Observation on the development and the decay of the pigment layer on birds eggs. Jouru. Anat. Phys. London Vol. XX pag. 225—237.

förmigen Eier auf, weil ein Fortrollen derselben durch den geschützten Nistplatz vermieden wird.

Fassen wir nach eingehender Prüfung dieser Arbeit noch einmal die Hauptmomente zusammen, so ergibt sich folgendes:

1. Die Vogeleier sind hinsichtlich ihrer Gestalt nach bestimmten Gesetzen aufgebaut. Die Eikurve, d. h. der Durchschnitt durch den Längendurchmesser eines Eies, lässt sich mit hinreichender Genauigkeit durch eine Kurve vierten Grades ausdrücken, die von drei Konstanten abhängt.
2. Diese Konstanten lassen sich rechnerisch aus der abgezeichneten Eikurve ermitteln. Sie legen die Form des Eies durch Zahlenwerte fest, wodurch die bisher übliche, ungenaue deskriptive Art, die Eiform zu bestimmen, in Wegfall kommt.
3. Die mathematische Berechnung der Eigestalt bildet in vielen Fällen ein brauchbares Hülfsmittel zur Unterscheidung von Vogeleiern. Sie ist aber nicht das einzige Unterscheidungsmoment, sondern sie kommt als neuer Hülfsfaktor zu den andern Merkmalen, welche zur Unterscheidung der Vogeleier dienen, hinzu.
4. Die Form des Eies ist bedingt durch die Elastizitätsverhältnisse der Uteruswand.
5. Die Vogeleier haben eine für die Erhaltung der Art zweckmässige Form.

Die paläarktischen Apodiden.

(Vortrag, gehalten am 16. Oktober 1904 auf der Jahresversammlung der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft zu Berlin.)

Von **Paul Kollibay**.

Veranlassung, mich für die Segler und insbesondere für die Mauersegler der paläarktischen Region näher zu interessieren, bot mir der Umstand, dass von Tschusi die von mir im Jahre 1902 von der süddalmatinischen Insel Curzola mitgebrachten *Apus apus* subspezifisch sonderte und als *A. a. kollibayi* beschrieb (Ornith. Jahrbuch 1902, S. 234).

Es waren nur wenige Stücke, die ich damals erbeutete, und auch meine Exkursion im vorigen Jahre (1903) nach der Bocche di Cattaro brachte kein erhebliches Material, insbesondere keine Vögel von den Inseln. Deshalb liess ich in diesem Jahre (1904) meinen Reisebegleiter Grossmann Curzola, den locus typicus für die neue Unterart, während zweier Wochen aufsuchen. Er verweilte auf der Insel vom 16. Mai bis zum 1. Juni. Seine Ausbeute an Seglern betrug 41 Stück. Zu diesen kamen für die Untersuchung durch die Güte der Frau Baronin von Erlanger 22, von Herrn von Tschusi 7, von Schlüter 23, von Kleinschmidt 11, aus dem Berliner Museum 5 und aus meiner Samm-