

Abweichende Eischalen bei Reptilien

PEERNEL ZWART & CAMILLO J.A.H.V. VAN VORSTENBOSCH

Abstract

Abnormal egg shells in reptiles.

The introduction provides a review of the growth and formation of eggs of reptiles. This is followed by a study of abnormalities of the shell in oviparous reptiles. It is assumed that abnormalities such as the deposition of calcium around the pores in the shell as well as multiplications of the calcified shell are the result of external stimulation of the hormonal hypophyseal-ovarial cycle. Infections of the eggs or oviducts can also educe anomalies of the egg shell.

Key words: Testudines, Squamata, Serpentes; egg, shell, abnormality, hypophysis, pore.

Zusammenfassung

Einführend wird die Bildung von Eiern bei Reptilien beschrieben. Anschließend wird auf Anomalien der Eischale bei eierlegenden Reptilien näher eingegangen. Als Arbeitshypothese wird aufgeführt, daß ein Teil der Anomalien, wie Kalkablagerungen um die Poren in der Eischale oder Mehrfachbildung der Schale, durch eine bisher nicht erkannte Stimulierung des hormonellen hypophysealen-ovariellen Zyklus erzeugt wird. Infektionen der Eier oder der Eileiter können ebenfalls Mißbildungen der Eischale hervorrufen.

Schlagwörter: Testudines, Squamata, Serpentes; Eischalenanomalien, Eischalenporen; Hypophyse.

1 Entstehung, Normalstruktur und Eigenschaften des Reptilieneies

Reptilien sind eierlegende Tiere. Viele Arten machen ein richtiges Gelege, andere Arten sind „eierlegend-lebendgebärend“ (ovovivipar). Im folgenden ist die Rede von eierlegenden Reptilien. Reptilieneier sind sehr komplizierte Gebilde. Im Ovar liegen die Eizellen (Oozyten). Wenn es zur Fortpflanzung kommt, vergrößern sich einige dieser Eizellen. Dies geschieht unter hormonellem Einfluß, indem in der Leber ein Eiweiß, das sogenannte Provitellin produziert wird. Dieser Vorgang kann feiner unterteilt werden. Zuerst wird das praktisch farblose Provitellin I produziert. Während dieses Vorganges vergrößern sich die betreffenden Eizellen nur langsam. In der folgenden Phase der schnellen Vergrößerung der Eizellen wird das meist gelb gefärbte Provitellin II produziert. Die produzierten Provitelline gelangen aus den Leberzellen direkt in das Blut. Mit dem Blut erreichen die Provitelline die Eizellen, wo sie durch die Wand in das Zellinnere eingeschleußt werden (HUBERT 1985). Dieser Vorgang wird Pinozytose (Aufnahme von kleinen Teilchen) genannt.

Sobald die Eizellen ausgereift sind, findet der hormonell gesteuerte Eisprung statt. Dabei werden die Eizellen in die Bauchhöhle freigesetzt und gelangen sofort in den Eileiter. Darin findet die Befruchtung statt. Im oberen Abschnitt des Eileiters wird durch spezifische Drüsen produziertes Eiweiß ausgeschieden, welches sich um die Eizelle (Dotter) anlagert. Diese Masse aus Eizelle und Eiweiß, die, durch einen bisher noch unbekanntem Vorgang gesteuert, bereits einigermaßen Form und Größe eines Eies hat, wird in den hinteren Abschnitt des Eileiters

befördert (MILLER 1985). In der Innenauskleidung (Mucosa) dieser hinteren Abschnitte befinden sich wiederum spezifische Drüsen, welche Eiweißfäden bilden. Diese Eiweißfäden sind teilweise parallel, teilweise als „Filznetz“ angeordnet. Die innere Schicht der Eiweißfäden bildet die innere, weiche Hülle der Eischale. Dieselben Drüsen scheiden später Kalk auf das Netzwerk aus (OWENS 1980, SOLOMON & BAIRD 1976,1979). Wenn aus einer verkalkten Schale der Kalk mittels zum Beispiel Ameisensäure herausgelöst wird, bleibt die dünne Membran zurück, welche nur aus Eiweißfäden besteht (eigene Beobachtungen). Bei Schildkröten-eiern findet die erste Kalkablage lokal statt. Die ersten Kristallisationspunkte werden Mammillae genannt. Bei zunehmender Kalkablagerung verbreiten sie sich pyramidal und verschmelzen ringsherum zu einer festen Schale. Bei anderen Reptilien wird je nach Art mehr oder weniger Kalk abgelagert (EWERT 1985). Bei Schlangen beispielsweise wird wenig Kalk abgelagert, und die Eischalen erscheinen lederähnlich. Wird solch eine Eischale in Stückchen zerrissen, kann man die Eiweißfäden mikroskopisch erkennen. Diese Fäden verleihen der Wand ihre elastische Festigkeit. Bei vielen Echsen sind die Eischalen etwas fester. Bei einigen Arten werden die Schalen erst nach der Ablage hart und fest.

Die Eischalen haben für jede Art eine spezifische Form, Dicke und Feinstruktur. Die Funktion einer Eischale ist vielfältig. Sie schützt die Eizelle und später den heranwachsenden Embryo gegen äußere Einflüsse. Die Eischale verhindert weitgehend die Austrocknung des Eies, ermöglicht aber auch die Aufnahme von Wasser. Solange der Embryo lebt, stellt die Eischale eine lebende Wand dar. Bei lebenden Eidechsenembryos erscheint die Eischale trocken. Sobald jedoch der Embryo stirbt, tritt Wasser aus, und das Ei ist wie von einem feinen Sprühregen überdeckt (LANGERWERF, persönliche Mitteilung).

Da der wachsende Reptilienembryo während seiner relativ langen Entwicklungszeit im Ei einen eigenen Stoffwechsel hat, muß die Eischale wenigstens für diese Gase durchlässig sein. Der Embryo verbraucht Sauerstoff (O_2) und produziert Kohlendioxyd (CO_2) (MILLER 1985). Der Gasaustausch wird gerade bei den dickschaligen Schildkröteneiern durch Porenbildung erleichtert. Diese Poren sind trichterförmig mit einer breiten Eintrittspforte an der Oberfläche und besitzen einen Stiel, der durch die Eischale in das Ei hinein bis an die innere weiche Membran heranreicht. Diese Trichterform ist sehr ökonomisch. Der mechanische Widerstand der Eischale gegen Druck und Schläge hängt von der Dicke der Schale ab; die Durchlässigkeit für Gase wird durch die Länge des Stiels bestimmt. Dabei ist zu bedenken, daß durch die Trichterform der Stiel immer kürzer ist als die Dicke der Eischale (FERGUSON 1985, PACKARD & PACKARD 1985).

Variationen in Gestalt und Masse sind bei Reptilieneiern aus der Natur bekannt. Dabei handelt es sich wahrscheinlich um Anpassungen innerhalb von Populationen oder zwischen Individuen (ROWE 1994).

Dickschalige Eier sind schon von den Dinosauriern bekannt. Sie wurden mehrmals in Süd-Frankreich gefunden (ERBEN 1972, ERBEN et al. 1979, KEROURIO 1981).

Umfassende Untersuchungen über Eischalenanomalien wurden anhand von Eiern der Schwarzbauch-Erdschildkröte (*Melanochelys trijuga*) und der Amerikanischen Erdschildkröte (*Rhinoclemmys areolata*) durchgeführt (EWERT et al. 1984). Diese Autoren beschreiben doppelschalige Eier und ein dreischichtiges Ei, wobei jedesmal nach einer Kalkschale wieder eine weiche Hülle gebildet wurde.

Weitere Erwähnungen beschränken sich auf Einzelfälle. COOPER & JACKSON (1981) veröffentlichten eine Abbildung eines Eies mit verdickter Schale aus einem Gelege von *Testudo hermanni*. Als Sonderbefunde werden drei miteinander verwach-

sene Eier und ein doppelschaliges Ei bei einer „yellow-footed tortoise“ (*Geochelone dentata*) – vermutlich handelt es sich dabei um die Waldschildkröte (*Chelonoidea denticulata*) (OBST 1985) – abgebildet. Eines dieser Eier zeigt außerdem das stellenweise Fehlen einer Kalkschale (FRYE 1991). Unser Interesse am Spektrum der Veränderungen sowie dessen möglichen Ursachen wurde durch einige abnormale Eier geweckt (ZWART & VORSTENBOSCH 1995). Zweck dieser Mitteilung ist es, über abnormale Eischalen und deren möglichen Ursachen zu berichten.

2 Material und Methoden

Wir sammelten über mehrere Jahre Eier. Für die vorliegende Untersuchung berücksichtigten wir diejenigen Eier, welche hinsichtlich Form, Größe, Farbe, Schalenmasse oder Oberflächenstruktur abnormal erschienen. Zusätzlich achteten wir auf Unregelmäßigkeiten bei der Ablage und der Zeitigung.

Bevorzugt in Alkohol (70% Ethanol) fixierte Eier wurden (eventuell nach zielgerichteter Entkalkung) als Paraffinschnitte histologisch untersucht. Die Fixierung in Formalin führte zu einer unerwünschten Entkalkung der Eier durch freiwerdende Ameisensäure.

Einige Eier wurden für die Untersuchung zuerst entleert und getrocknet. Trocken aufbewahrte Eier wurden gereinigt, weiter getrocknet und gewogen. Bei einem Teil der getrockneten Eier untersuchten wir mit dem Raster-Elektronenmikroskop die Ultrafeinstruktur der Oberfläche bzw. der Bruchflächen. Einige wurden in Essigsäure entkalkt, um die weiche Hüllen freizusetzen. Diese wurden anschließend wieder getrocknet und gewogen.

3 Ergebnisse

Die Veränderungen der Eischalen konnten in sechs Gruppen eingeteilt werden. Zusätzlich wurden Veränderungen, die durch Bakterien oder/und durch Pilze verursacht wurden, festgehalten.

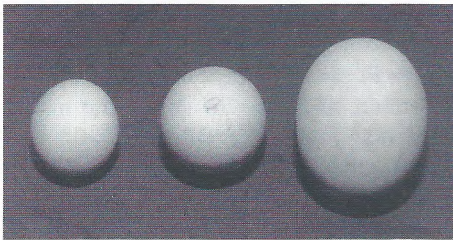


Abb. 1. Variation der Eigröße eines Geleges (*Trachemys scripta elegans*).

Variation in size within a clutch of eggs (*Trachemys scripta elegans*).

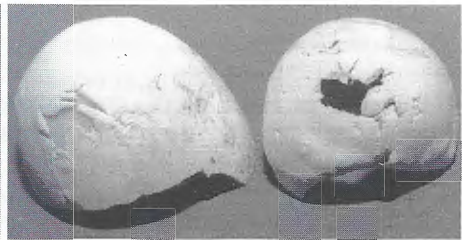


Abb. 2. Örtlicher Defekt in der äußeren Schale bei einem doppelschaligen Ei. Links die Kalkschale, die zwei Schichten aufweist; rechts die innere, weiche Hülle mit einem vergleichbaren Defekt (*Geochelone carbonaria*).

Local defect in the outer shell of a double-shelled egg. The calcified shell (left) is duplicated. The soft membrane (right) reveals a comparable defect (*Geochelone carbonaria*).

3.1 Anomalien der Schale

3.1.1 Masse der Eier

Einige Gelege zeigten deutliche Unterschiede hinsichtlich Masse und Größe der einzelnen Eier, beispielsweise bei einem Gelege einer Rotwangenschmuckschildkröte (*Trachemys scripta elegans*), das in zwei Schüben à 5 bzw. 10 Eiern in einem Abstand von 14 Tagen produziert wurde (Tab. 1, Abb. 1). Die Massen der trockenen Schalen lagen nahe beieinander während die Masse der Eier stark variierte. Es zeigte sich, daß das kleinste Ei eine viel dickere Schale hatte als die beiden anderen.

Masse (in g)	Anzahl Eier		
16	1		
14	1		
13	1		
10	5		
9	4	Masse einer trockenen Eischale:	2,066 g
7	2	Masse einer trockenen Eischale:	2,016 g
5	1	Masse der trockenen Eischale:	2,246 g

Tabelle 1. Massenunterschiede von Eiern (n = 15), die im Abstand von 14 Tagen von einer Rotwangenschmuckschildkröte (*Trachemys scripta elegans*) abgesetzt wurden.

Variation eggmass (n = 15). Eggs were produced within 14 days by a red-eared terrapin (*Trachemys scripta elegans*).

3.1.2 Extrem dünne Schalen

Bei mehreren Gelegen einer Köhlerschildkröte (*Geochelone carbonaria*) wurden extrem dünne Schalen gemessen. Jedesmal zerbrachen die Eier bei der Ablage. Vergleichbare Eier können auch schon im Eileiter zerbrechen. In diesen Fällen können auf der Röntgenaufnahme zertrümmerte Schalen als 2-3 mm große Stücken sichtbar werden (LAMBRECHTS, pers. Mitt.).

3.1.3 Lokale Defekte

Bei einer Kornnatter (*Elaphe g. guttata*) fehlten in einem Gelege bei etwa 50% der Eier jeweils an kleineren Flächen Teile der äußeren Schale. So wirkte die innere Membran wie ein Fenster. Durch diese Fenster waren die Blutgefäße in den Eihüllen unmittelbar sichtbar. Die Embryonen haben sich normal entwickelt.

Ein Ei einer Köhlerschildkröte (*Geochelone carbonaria*) zeigte zwei kalzifizierte Schichten, wobei die äußere Schicht einen unregelmäßigen Defekt aufwies, da die zweite Schicht lokal fehlte. Die Entfernung der weichen inneren Membran ergab, daß auch sie einen Defekt hatte und zwar an derselben Stelle. Dieser Defekt hatte praktisch die gleiche Größe und Form (Abb. 2). Die Stelle lag der Eileiterwand zugewandt. Glücklicherweise war der Teil der Eileiterwand, wo das operativ entfernte Ei gelegen hatte, noch erhalten. So konnte festgestellt werden, daß dort in der Schleimhaut des Eileiters eine Zyste ausgebildet war.

3.1.4 Rauhe Eischalen-Oberflächen

Einige Eier zeigten eine sehr raue Eischale. Zudem waren einige dieser Eier sehr klein. Diese kleinen Eier waren in die Harnblase geraten und konnten nur operativ

entfernt werden. Dabei ergaben sich verschiedene Befunde. Bei einem Ei zeigte das Raster-Elektronenmikroskop eine labyrinthähnliche Oberflächenstruktur. Bei anderen Eiern war amorphes Kalzium auf der Schale abgelagert. Diese Ablagerungen waren entweder als lokale, gut abgegrenzte Klumpen zu erkennen, oder sie waren mehr diffus vorhanden. Nachdem die Schalen entkalkt worden waren, konnte man erkennen, daß es sich bei diesen Ablagerungen nicht um Teile einer neuen Schale handelte, denn es war nur die innere, weiche Hülle anwesend. Es waren somit reine Kalkablagerungen.

3.1.5 Lokale Kalkablagerungen um die Poren

Solche Veränderungen waren gelegentlich schon mittels einer Röntgenaufnahme des Patienten zu erkennen, wobei sich diese Kalkablagerungen als kleine Erhebungen auf der Schale abzeichneten. Es handelt sich bei allen uns vorgestellten Fällen um Eier, welche über Wochen oder Monate übertragen wurden. Dabei können zwei Formen unterschieden werden:

- a) Einfache Ablagerungen um die Poren herum, wobei sich jede Pore gleichzeitig vergrößert. Hier wuchs also die Pore weiter, wobei der trichterförmige Teil sich mehr oder weniger normal weiterentwickelte und breiter wurde (Abb. 3-5). Solche Ablagerungen sehen unter der Lupe wie kleine Vulkane mit Kratern aus.
- b) Ablagerungen von Kalzium um die Poren herum, wobei die Ausmündungen in mehrere kleine Gänge aufgeteilt wurden (Abb. 6, 7). Dies ergab dann im

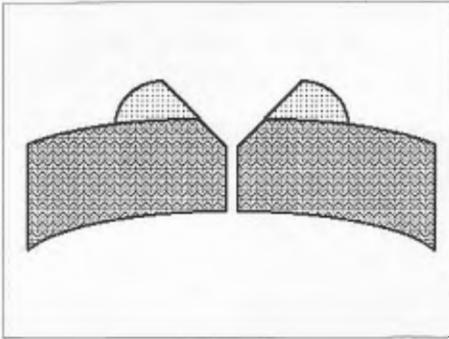


Abb. 3. Einfache Kalkablagerung um eine Pore (schematisch).

Simple deposition of calcium around a pore (schematic).

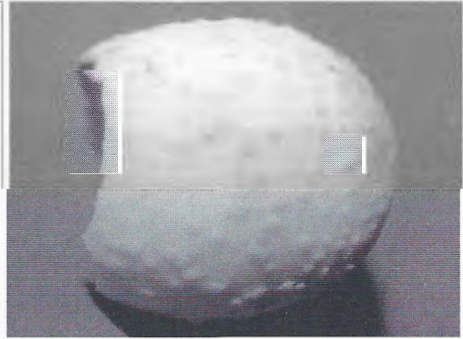
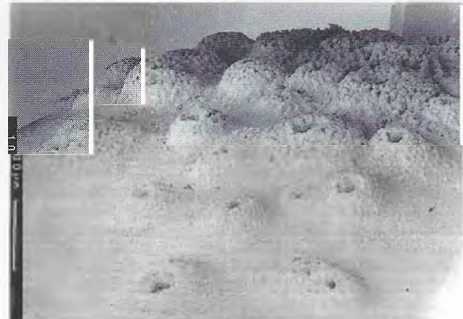


Abb. 4. Einfache Kalkablagerung um Poren (*Testudo hermanni*).

Simple deposition of calcium around pores (*Testudo hermanni*).

Abb. 5. Einfache Kalkablagerung um Poren. Raster-Elektronenmikroskopische Aufnahme (*Testudo hermanni*) (Maßstab 1 mm).

Simple deposition of calcium around pores. Scanning-electronmicroscopy (*Testudo hermanni*) (scale 1 mm).



Raster-Elektronenmikroskop das Bild einer mit vielen kleinen Löchern durchsetzten Erhebung (Abb. 8).

3.1.6 Verdickung der Eischale

Von einer Verdickung der Eischale spricht man, wenn eine Schale durch fortschreitende Kalziumablagerungen dicker wird (Abb. 9). Die Eischale ist praktisch

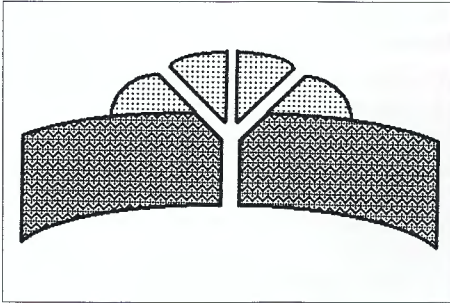


Abb. 6. Aufteilung der Ausmündung einer Pore bei Kalkablagerung (schematisch).
Multiple openings of a pore occurring during deposition of calcium around a pore (schematic).



Abb. 7. Aufteilung der Porenöffnung eines Eies (*Testudo hermanni*) durch Kalkablagerung. Daneben ein normales Ei (*Testudo hermanni*).
Ramifications of openings of pores in an egg (*Testudo hermanni*) related to calcium deposition. Compare with the normal egg (*Testudo hermanni*).



Abb. 8. Kalkablagerung um Poren. Ein doppelschaliges Ei, wobei die innere, zuerst produzierte Schale eine Pore mit einfacher Kalkablagerung aufweist. Die zweite Schale zeigt die Oberfläche einer Pore mit verzweigten Ausmündungen (*Testudo hermanni*). Raster-Elektronenmikroskopische Aufnahme (Maßstab 1 mm).
Deposition of calcium around pores. A double-shelled egg. The inner shell demonstrates a pore with simple deposition of calcium. The outer shell illustrates a pore with multiple openings (*Testudo hermanni*). SEM (scale 1 mm).

zwei-, drei- oder mehrfach so schwer wie eine normale Schale. Hiervon kann ein ganzes Gelege betroffen sein, wobei alle Eier gleichartig verändert sind. Es kann aber auch vorkommen, daß nur einzelne Eier eines Geleges eine „Mehrfachschale“ aufweisen (Abb. 10).

Innerhalb eines Geleges können Verdickungen der Eischalen sehr variabel sein. So variierte die Schalenmasse in einem Gelege einer Pantherschildkröte (*Geochelone pardalis*) zwischen 4,9-29,5 g (Tab. 2). In diesem Fall war bekannt, daß das Weibchen die Eier etwa sechs Wochen zu lange getragen hatte, weil keine geeigneten Ablageplätze vorhanden waren.

Aus der Tatsache, daß die Schalen oft nicht miteinander verbunden waren, zogen wir den Schluß, daß es sich hier um einen echten Neubeginn der Schalenbildung handelt. Spätere Beobachtungen an Schalen, die in Essigsäure entkalkt wurden, haben ergeben, daß meistens jede Schicht mit einer weichen Hülle von Eiweißfäden anfängt (Tab. 3). Die Eier der Pantherschildkröte aus Tabelle 3 wurden drei Monate übertragen und nach Oxytocinbehandlung gelegt.

Bei einer Seychellenschildkröte (*Megalochelys gigantea*), die über einige Jahre immer Gelege mit dickschaligen, mehrschichtigen Eiern (Abb. 11) ablegte, konnten an einem Ei bis zu sieben sich allmählich verdünnende Kalkschichten gezählt

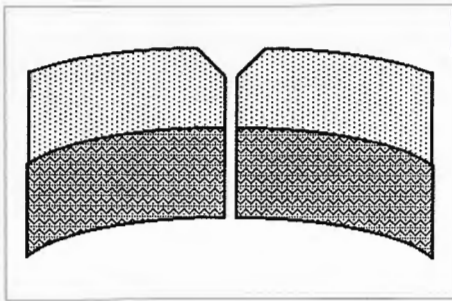


Abb. 9. Ablagerung einer zusätzlichen Schale um die erste, normale Schale eines Eies (schematisch).

Production of an extra shell around a primary, normal shell (schematic).

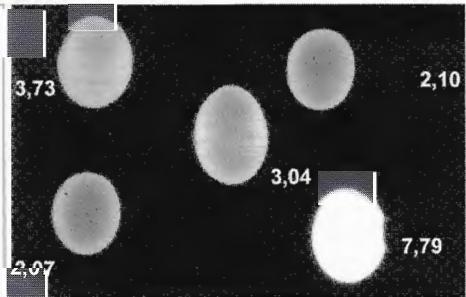


Abb. 10. Eischalenverdickung bei *Testudo hermanni*. Die Masse der normalen Schalen (die Eier sind entleert) variiert zwischen 2,07-3,73 g. Das doppelschalige Ei wiegt 7,79 g. One egg out of a clutch of eggs produced by *Testudo hermanni* reveals a thickened shell. The mass of the normal shells (after emptying the eggs) varies from 2,07-3,73 g. The double shell weighs 7,79 g.

Schale Masse (g)	Schale + Inhalt (g)
29,5	46,0
27,3	
22,4	54,0
18,9	
8,6	
7,3	
5,4	
4,9	

Tabelle 2. Masse (g) der Eischalen in einem Gelege einer Pantherschildkröte (*Geochelone pardalis*).

Mass (g) of eggshells originating from one clutch of a panther tortoise (*Geochelone pardalis*).

werden. Die Schalenmasse betrug 72 g! Ein vergleichbarer Befund wurde an einem spontan in einer Nistgrube abgelegtes Ei einer Griechischen Landschildkröte (*Testudo hermanni*) gemacht. Die Schalenmasse betrug 22,3 g. Auf der Schnittfläche zeigten sich schon mehrere Schichten. Nach Entkalkung wurden sieben weiche Hüllen festgestellt.

3.2 Krankheiten

3.2.1 Bakterielle Infektion

Daß Poren als Eintrittspforte von Bakterien fungieren können, stellten wir am Beispiel einer Waldschildkröte (*Chelonoides denticulata*) dar (Abb. 12). Die bakterielle Infektion durch die Eischale bei einer Griechischen Landschildkröte (*Testudo hermanni*) wurde histologisch untersucht. Innerhalb der weichen Eihaut waren Bakteriennester erkennbar. An der Stelle, wo der Dottersack des Embryos der Eischale anlag, war eine dicke Bakterienschicht zwischen Schale und Dottersack vorhanden, welche eine Verklebung verursacht hatte. Im Embryo hatten die Bakterien sich ausschließlich in den Blutgefäßen verbreitet, es kam zu keinem

Schale	Weiche Hülle (W.H.)	innere W.H.	1. zusätzl. W.H.	2. zusätzl. W.H.
Masse (g)	Anzahl	Masse (g)	Masse (g)	Masse (g)
7,4	1 *	0,81**		
10,5	2	0,39	0,18	
11,0	2	0,43	0,21	
12,0	2	0,40	0,24	
13,7	2	0,47	0,22	
25,6	3	0,70	0,35	0,24

*: Zusätzlich eine größere Zahl dünner Hüllenfragmente (aus Eiweißfasern bestehend), deren Lokalisation nicht mehr feststellbar war.

** : Etwa 1/5 dieser weichen Hülle zeigt ein scharf abgegrenztes dünnes Teil.

Tabelle 3. Masse (g) der Eischalen in einem Gelege einer Pantherschildkröte (*Geochelone pardalis*).

Mass (g) of egg shells originating from one clutch of a panther tortoise (*Geochelone pardalis*).

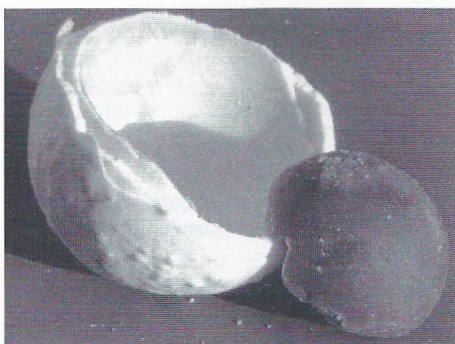


Abb. 11. Mehrschichtiges Ei (7 Schichten!) einer Seychellenschildkröte (*Megalocheleya gigantea*). Der Inhalt (rechts unten) war während der Lagerung eingetrocknet.

Multipleshelled egg (7 layers!) of an Aldabra-tortoise (*Megalocheleya gigantea*). The contents (on the right) dried up due to the long period of preservation.

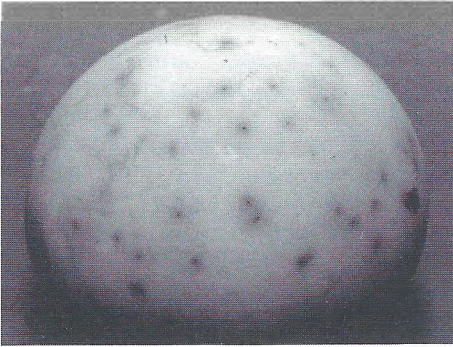


Abb. 12. Bakterielle Invasion in den Poren eines Eies der Wahlschildkröte (*Chelonoides denticulata*). Dieses Bild verdeutlicht auch die etwas unregelmäßige Verteilung der Poren.

Bacterial invasion via the pores in a yellow-footed tortoise (*Chelonoides denticulata*). This picture also illustrates the slightly irregular distribution of the pores.

Überwachsen der Organe. Der Embryo war somit durch eine bakterielle Sepsis gestorben. Weder um die Bakterien herum an der Schale noch bei denen im Embryo waren Entzündungszellen zu finden.

3.2.2 Mykotische Infektion

Bei einem Gelege eines Pantherchamäleons (*Chamaeleo pardalis*) wiesen die meisten Eier bei der Eiablage mehrere braun-schwarze fleckige Veränderungen von etwa 1 mm Durchmesser auf. Bei der histologischen Untersuchung wurden auf der Oberfläche sowie in den obersten Schichten zwischen den Eiweißfäden Pilzhypen festgestellt. Auf der Oberfläche waren Fruktifikationen von *Aspergillus* sp. erkennbar. Die Eier waren unbefruchtet.

3.2.3 Krankhafte Veränderungen der Eileiter

Wie bereits in Abschnitt 3.1.3 erwähnt, wurde einmal eine Schleimhautzyste gefunden, die eine örtliche Fehlbildung der Eischale bewirkte. Bei einer *Lacerta pamphylica*, die nach ihrem letzten Gelege eine langsam fortschreitende Abmagerung zeigte, wurde nach der Euthanasie festgestellt, daß in jedem Eileiter noch ein Ei lag. Diese Eier sahen makroskopisch normal aus. In der histologischen Untersuchung wurde aber festgestellt, daß die innere Auskleidung der Eileiter, die normalerweise aus einem Epithel mit zylinderförmigen Zellen besteht, lokal vollständig verschwunden war. Diese Stellen stimmten genau mit den Bereichen überein, wo im Ei die Dottermembran fehlte. Da Dottermaterial sehr aggressiv wirkt, ist zu vermuten, daß in diesen Bereichen durch die Schale hindurch Dotter diffundieren konnte, welcher dann an den betroffenen Stellen der Eileiter das Epithel zerstört hat.

Vereinzelt haben wir weitere krankhafte Veränderungen im Eileiter ermittelt. Da jedoch Angaben über ihren Einfluß auf die Schalenbildung fehlen, seien hier nur einige Beispiele aufgezeigt: So wurden Entzündungen der Schleimhaut, degenerative Veränderungen der Muskelwand, Kalziumablagerungen in der Muskelwand, lokales Verschwinden von Drüsen im Zusammenhang mit Kalkablagerungen in der Mukosa, chronische Zunahme von Bindegewebe in der Schleimhaut und Ablagerungen von Eiweißmaterial an den Blutgefäßen der Schleimhaut festgestellt. Derartige krankhafte Veränderungen könnten gelegentlich die normale Eischalenbildung ungünstig beeinflussen bzw. sogar verhindern.

4 Diskussion

Wir diskutieren hier vor allem Hypothesen, die für die Zucht von Reptilien von Bedeutung sein können. Eine gewisse Variabilität in der Masse von Eiern tritt auch unter natürlichen Bedingungen auf (ROWÉ 1994). Bei den von ROOSENBURG & KELLEY (1996) gesammelten Eier der Diamantschildkröte (*Malaclemys terrapin*) variierte die Standardabweichung zwischen vier Gelegen von 0,73-1,23 g. Bei der höchsten Standardabweichung variierte die Eimasse von 8,2-12,1 g.

Vermutlich hängt die Variationen in der Größe von Eiern bei Rotwangenschmuckschildkröten mit der Größe des Dotters zusammen (ZWART unveröff.). Mehr Daten werden benötigt, um die Faktoren, die zu Variationen in der Masse von Eiern beitragen können, besser zu verstehen.

Lokale Veränderungen der Eischale können durch krankhafte Veränderungen in der Mukosa der Eileiter bedingt werden. Ein Hinweis aus unserem Material war das gemeinsame Auftreten einer Zyste der Mukosa mit lokalen Defekten in der Eischale. Möglicherweise war die normale Bildung der inneren Membran und der äußeren Kalkschicht des Eies verhindert. Durch regionales Verschwinden von Drüsen, wie dies bei Kalkablagerungen in der Mukosa festgestellt wurde, könnten ebenfalls lokale Veränderungen an Eischalen verursacht werden.

Abnormalitäten an den Poren haben besondere Konsequenzen für den Embryo. Da die Poren eine wichtige Aufgabe für den Gasaustausch durch die Eischale haben, bedeuten die Verlängerung der Poren und besonders ihre röhrenförmige Aufteilung einen zusätzlichen Widerstand bei der Diffusion und stellen ein Risiko für den Embryo dar. Beim China-Alligator (*Alligator sinensis*) wurde festgestellt, daß eine Verringerung der Anzahl offener Poren die Schlupfrate reduziert (WINK & ELSEY 1994). Der Embryo kann frühzeitig absterben. Hinzu kommt, daß einige solcher Eier außerdem eine besonders dicke Eischale haben können. Auch dies ist im Röntgenbild erkennbar. Soweit bisher bekannt ist, werden diese Eier meistens normal abgelegt. Aber genau wie bei normalen Eiern kann auch hier einmal eine Legenot auftreten.

Über das Funktionieren der Bildungsstellen der Poren im Ovidukt von Reptilien ist den Autoren nichts bekannt. Die sehr spezifischen Kalkablagerungen an den Poren lassen vermuten, daß die Bildungsstellen separat gesteuert werden. Wahrscheinlich kommt es durch innere oder äußere Steuermechanismen zu einer pathologischen Weiterentwicklung von Poren.

In dickschaligen Eiern entwickelt sich nur relativ selten ein vollständiger Embryo. Beim China-Alligator (*Alligator sinensis*) wurde nachgewiesen, daß aus Eiern mit einer dicken äußeren Kalkschicht nur selten Jungtiere schlüpften und daß Embryonen oft schon frühzeitig absterben (WINK & ELSEY 1994). Dies kann durch unzureichenden Gasaustausch verursacht werden. Rein mechanische Schwierigkeiten können ebenfalls das Schlüpfen verhindern. So wurde uns einmal mitgeteilt, daß ein ausgewachsener Embryo einer *Testudo hermanni* mit abgeschliffenem Eizahn tot in seinem Ei gefunden wurde. Das Tierchen hatte offenbar vergebens versucht, die Schale aufzuschneiden.

Der Ovidukt soll nach AITKEN & SOLOMON (1976) so lange kontinuierlich Eischalen und Kalkablagerungen produzieren, wie sich Eier im Ovidukt befinden. Da aber nach unseren Befunden jeweils eine komplette neue Schale mit weicher Hülle und Kalkschicht gebildet wird, ist ein diskontinuierlicher Prozeß wahrscheinlicher. Der gesamte physiologische Prozeß der Eischalenbildung wird erneut in Gang gesetzt. Dies stimmt überein mit der Beobachtung von EWERT et al. (1984),

die in einem Fall dokumentieren, daß ein zweischaliges Ei entstand, nachdem es aus einem vorherigen Gelege im Ovidukt verblieben war. Wir vermuten aber, daß dies nicht die einzige Ursache für mehrschalige Eier ist. Äußere Einwirkungen könnten die Bildung von zwei- bzw. mehrfach verdickten Schalen bewirken. Es könnte sein, daß über die Epiphyse-Hypophyse ein neuer Reiz zur Schalenbildung gegeben wird, wenn längere Dunkelperioden mit einigen hellen Tagen abwechseln, wie dies in den höheren Breitengraden, wie in Deutschland, der Fall ist.

Infektionen wurden von uns vereinzelt festgestellt. Histologisch ließen sich beim von uns untersuchten Fall einer bakteriellen Infektion keine Abwehrreaktionen mittels Entzündungszellen im Tierkörper nachweisen. Es ist aus der Neonatologie bekannt, daß die zelluläre Abwehr beim Embryo nur minimal entwickelt ist. Verbindungen wie Lysozym und Ovotransferrin im Ei, die wachstumhemmend auf Bakterien wirken, verhindern wahrscheinlich ein häufigeres Auftreten von bakteriellen Infektionen in Eiern. Bei Hühnereiern ist bekannt, daß auch die dünne Proteinschicht auf der Oberfläche der Eier eine starke Schutzwirkung gegen das Eindringen von Infektionen hat (BURLEY & VADEHRA 1985).

Äußere Faktoren, die zu Störungen der Eiablage und dadurch zu Abnormalitäten an Eiern beitragen können, lassen sich im Moment folgendermaßen zusammenfassen:

- a) Mangel an geeigneten Ablageplätzen;
- b) notgedrungene Verlängerung der Tragzeit (Tragen der Eier während des Winterschlafes – dies kann allerdings auch physiologisch normal sein);
- c) besondere klimatische Faktoren, die die normale Physiologie wieder in Gang setzen;
- d) besondere Lichtreize, die über die Epiphyse-Hypophyse dazu beitragen, daß erneut eine Eischale gebildet wird;
- e) bisher unbekannte Faktoren.

Dabei sind die Punkte a) und b) direkt durch die Tierpfleger zu korrigieren. Eine nähere Untersuchung der Hypothesen c) und d) könnte zur weiteren Aufklärung dieser Probleme beitragen. Wir hoffen, mit diesen Informationen einen Beitrag zu einer weiteren Verbesserung von den, jetzt schon beachtlichen, Zuchtergebnissen zu geben zu haben.

Danksagung

Allen Liebhabern und Tierärzten, die Informationen gesammelt und Material zur Verfügung gestellt haben, danken wir herzlichst, insbesondere den Kollegen Dr. L. LAMBRECHTS (Wilrijk) und Dr. L. SASSENBURG (Berlin). Unser besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. R. IPPEN (Berlin) und Frau Dr. R. BAUMGARTNER (Zürich) für die kritische Durchsicht des Manuskripts und Ihre Hilfe bei der grammatikalischen Überarbeitung.

Für die aktive zukünftige Unterstützung der Forschung der Eischalenabnormalitäten möchten wir uns vorab bei den Reptilienliebhabern, die uns mit Material und Informationen versorgen, bedanken. Materialsendung an Prof. Dr. P. ZWART, Burg.v.d. Weijerstr. 16, NL-3981 EK Bunnik, Niederlande.

Literatur

- AITKEN, R.N.C. & S.E. SOLOMON (1976): Observations on the ultrastructure of the oviduct of the Costa Rican green turtle (*Chelonia mydas* L.). – J. Experim. Mar. Biol. Ecol., **21**: 75-90.
- BURLEY, R.W. & D.V. VADEHRA (1985): The Avian Egg, Chemistry, and Biology. – New York (John Wiley & Sons), (289-298).

- COOPER, J.E. & O.F. JACKSON (1981): Miscellaneous diseases. – S. 501 in COOPER, J.E. & O.F. JACKSON: Diseases of the Reptilia. – London (Academic Press).
- ERBEN, H.K. (1972): Ultrastrukturen und Dicke der Wand pathologischer Eischalen. – Abh. Akad. Wiss. DDR. Abt. Math. – Naturwiss. Tech., Berlin, **6**: 193-231.
- ERBEN, H.K., J. HOEFS & K.H. WEDEPOL (1979): Paleobiological and isotopic studies of eggshells from a declining dinosaur species. – Paleobiology, **5**: 380-414.
- EWERT, M.A. (1985): Embryology of turtles. – S. 77-90 in GANS, C., F. BILLET & P.F.A. MADERSON: Biology of the Reptilia. Vol. 16: Ecology B. – New York (John Wiley & Sons).
- EWERT, M.A., S.J. FIRTH & C.E. NELSON (1984): Normal and multiple eggshells in batagurine turtles and their implications for dinosaurs and other reptiles. – Can. J. Zool., **62**: 1834-1841.
- FERGUSON, M.W.J. (1985): Reproductive biology and embryology of the crocodylians. – S. 367-374 in GANS, C., F. BILLET & P.F.A. MADERSON: Biology of the Reptilia. Vol. 14A: Development. – New York (John Wiley & Sons).
- FRYE, F.L. (1991): Biomedical and surgical aspects of captive reptile husbandry. – Malabar (Krieger Publ. Cie) (374-375 & 380).
- HUBERT, J. (1985): Origin and development of oocytes. – S. 43-74 in GANS, C., F. BILLET & P.F.A. MADERSON. Biology of the Reptilia. Vol. 14 A: Development. – New York (John Wiley & Sons).
- KEROURIO, P. (1981): La distribution des „coquilles d’oeufs de dinosauriens multistratifiées“ dans la Maestrichtien continental du sud de la France. – Geobios, **14**: 533-536.
- OBST, F.J. (1985): Die Welt der Schildkröten. – Leipzig (Verlag: Edition Leipzig) (218).
- OWENS, D.W. (1980): The comparative reproductive physiology of sea turtles. – Amer. Zool., **20**: 549-563.
- PACKARD, G.C. & M.J. PACKARD (1985): The physiological ecology of reptilian eggs. – S. 525-605 in GANS, C., F. BILLET & P.F.A. MADERSON. Biology of the Reptilia. Vol. 16: Ecology B. – New York (John Wiley & Sons).
- ROOSENBURG, W.M. & K.C. KELLEY (1996): The effect of egg size and incubation temperature on growth in the turtle, *Malaclemys terrapin*. – J. Herpetol. **30**(2): 198-204.
- ROWE, J.W. (1994): Egg size and shape variation within and among Nebraskan painted turtle (*Chrysemys picta bellii*) populations: Relationships to clutch and maternal body size. – Copeia **19**(4): 1034-1040.
- SOLOMON, S.E. & T. BAIRD (1976): Studies on the egg shell (oviductal and oviposited) of *Chelonia mydas* L. – J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **22**: 145-160.
- (1979): Aspects of the biology of *Chelonia mydas* L. – Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., **17**: 347-361.
- WINK, C.S. & R.M. ELSEY (1994): Morphology of shells from viable and nonviable eggs of the Chinese alligator (*Alligator sinensis*). – J. Morphol., **222**: 103-110.
- ZWART P. & C.J.A.H.V. VAN VORSTENBOSCH (1995): Abnormalities of the shell of eggs in reptiles. – Proc. 5th internat. coll. Pathol. Rept. Amphib. Alphen a.d. Rijn, The Netherlands: 233-238.

Eingangsdatum: 20. März 1996

Verfasser: PEERNEL ZWART, Abteilung Krankheiten von besonderen Tieren, P.O. Box 80.158, NL-3584 CL de Uithof, Utrecht, Niederlande; Camillo J.A.H.V. VAN VORSTENBOSCH, Institut für funktionelle Morphologie, Yalelaan 1, NL-3508 TD de Uithof, Utrecht, Niederlande.