Jonathan Jeschke und
Ernst Peller

4.5 Lösungen zu den Unterrichtsmaterialien

Material 1: Karten zum Ausdrucken und Ausschneiden

Eigenschaften von Säugetieren

Baummarder



Foto: USFWS / E. & P. Bauer

Fortpflanzungsalter	2 Jahre
Zeit zwischen 2 Würfen	12 Monate
Wurfgröße	3,3
Gewicht, Nachkommen	30 g
Gewicht, Erwachsene	1,2 kg
Maximalalter	17 Jahre

Buckelwal



Foto: NOAA / Louis M. Herman

Fortpflanzungsalter	6 Jahre
Zeit zwischen 2 Würfen	2 Jahre
Wurfgröße	1
Gewicht, Nachkommen	1,4 t
Gewicht, Erwachsene	35 t
Maximalalter	80 Jahre

Gepard



Foto: USFWS / Gary M. Stolz

Fortpflanzungsalter	2 Jahre
Zeit zwischen 2 Würfen	17 Monate
Wurfgröße	3,8
Gewicht, Nachkommen	388 g
Gewicht, Erwachsene	50 kg
Maximalalter	19 Jahre

Hauskatze



Foto: Pascal Jeschke

Fortpflanzungsalter	12 Monate
Zeit zwischen 2 Würfen	7,5 Monate
Wurfgröße	4,4
Gewicht, Nachkommen	97 g
Gewicht, Erwachsene	3 kg
Maximalalter	34 Jahre

Hausmaus

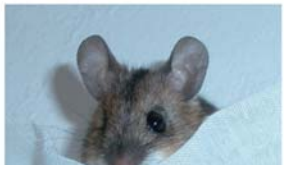


Foto: Otto Wiedemann

Fortpflanzungsalter	6 Wochen
Zeit zwischen 2 Würfen	2 Monate
Wurfgröße	6,1
Gewicht, Nachkommen	1,3 g
Gewicht, Erwachsene	16 g
Maximalalter	6 Jahre

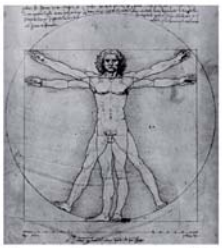
Mausohrfledermaus



Foto: USFWS / Don Pfritzer

Fortpflanzungsalter	12 Monate
Zeit zwischen 2 Würfen	12 Monate
Wurfgröße	1
Gewicht, Nachkommen	?
Gewicht, Erwachsene	10 g
Maximalalter	30 Jahre

Mensch



Leonardo da Vinci (ca. 1492)

Fortpflanzungsalter	30 Jahre
Zeit zwischen 2 Würfen	9 Monate
Wurfgröße	1
Gewicht, Nachkommen	3,5 kg
Gewicht, Erwachsene	74 kg
Maximalalter	122 Jahre

Wildschwein



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	23 Monate
Zeit zwischen 2 Würfen	15 Monate
Wurfgröße	5,3
Gewicht, Nachkommen	817 g
Gewicht, Erwachsene	55 kg
Maximalalter	21 Jahre

Wolf



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	2,5 Jahre
Zeit zwischen 2 Würfen	12 Monate
Wurfgröße	5,5
Gewicht, Nachkommen	425 g
Gewicht, Erwachsene	33 kg
Maximalalter	20 Jahre

Eigenschaften von Vögeln

Amsel



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	12 Monate
Zeit zwischen 2 Gelegen	4,8 Monate
Gelegegröße	3,5
Gewicht, Eier	7,5 g
Gewicht, Erwachsene	113 g
Maximalalter	20 Jahre

Blässhuhn



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	18 Monate
Zeit zwischen 2 Gelegen	8 Monate
Gelegegröße	7
Gewicht, Eier	38 g
Gewicht, Erwachsene	700 g
Maximalalter	18 Jahre

Flamingo



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	4,5 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	1
Gewicht, Eier	140 g
Gewicht, Erwachsene	3 kg
Maximalalter	>44 Jahre

Gänsesäger



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	2 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	10
Gewicht, Eier	73 g
Gewicht, Erwachsene	1,5 kg
Maximalalter	13 Jahre

Höckerschwan



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	4 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	6,5
Gewicht, Eier	330 g
Gewicht, Erwachsene	11 kg
Maximalalter	27 Jahre

Spatz



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	12 Monate
Zeit zwischen 2 Gelegen	4,8 Monate
Gelegegröße	5
Gewicht, Eier	3 g
Gewicht, Erwachsene	28 g
Maximalalter	13 Jahre

Trottellumme



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	4 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	1
Gewicht, Eier	108 g
Gewicht, Erwachsene	990 g
Maximalalter	32 Jahre

Uhu



Foto: Jonathan Jeschke

Fortpflanzungsalter	2,5 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	2,5
Gewicht, Eier	75 g
Gewicht, Erwachsene	2,7 kg
Maximalalter	68 Jahre

Wanderfalke



Foto: USFWS / Steve Maslowski

Fortpflanzungsalter	2 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	3,5
Gewicht, Eier	52 g
Gewicht, Erwachsene	782 g
Maximalalter	16 Jahre

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Eigenschaften von Fischen

Amerikanischer Aal



Zeichnung: USFWS / Duane Raver

Fortpflanzungsalter	10 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	semelpar
Gelegegröße	10.000.000
Gewicht, Eier	?
Gewicht, Erwachsene	6,8 kg
Maximalalter	20 Jahre

Atlantischer Stör



Zeichnung: USFWS / Duane Raver

Fortpflanzungsalter	19 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	4 Jahre
Gelegegröße	1.118.000
Gewicht, Eier	?
Gewicht, Erwachsene	369 kg
Maximalalter	60 Jahre

Bachforelle



Foto: USFWS / Eric Engbretson

Fortpflanzungsalter	3,2 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	1.600
Gewicht, Eier	62 mg
Gewicht, Erwachsene	18 kg
Maximalalter	18 Jahre

Buckellachs



Zeichnung: USFWS / Timothy Knepp

Fortpflanzungsalter	2 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	semelpar
Gelegegröße	1.700
Gewicht, Eier	113 mg
Gewicht, Erwachsene	5 kg
Maximalalter	3 Jahre

Hecht



Zeichnung: USFWS / Timothy Knepp

Fortpflanzungsalter	3 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	500.000
Gewicht, Eier	11 mg
Gewicht, Erwachsene	28 kg
Maximalalter	24 Jahre

Regenbogenforelle



Zeichnung: USFWS / Duane Raver

Fortpflanzungsalter	3,6 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	2.400
Gewicht, Eier	?
Gewicht, Erwachsene	24 kg
Maximalalter	11 Jahre

Saibling



Zeichnung: USFWS / Duane Raver

Fortpflanzungsalter	2,2 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	670
Gewicht, Eier	42 mg
Gewicht, Erwachsene	6,6 kg
Maximalalter	15 Jahre

Schwarzmund-Grundel



Foto: USFWS / Eric Engbretson

Fortpflanzungsalter	2,5 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	40 Tage
Gelegegröße	900
Gewicht, Eier	14 mg
Gewicht, Erwachsene	155 g
Maximalalter	5 Jahre

Streifenbarsch



Zeichnung: USFWS / Duane Raver

Fortpflanzungsalter	4 Jahre
Zeit zwischen 2 Gelegen	12 Monate
Gelegegröße	245.000
Gewicht, Eier	1,4 mg
Gewicht, Erwachsene	36 kg
Maximalalter	19 Jahre

Material 2: Das Konzept der r- und K-Strategen

Aufgabe 1

a Fasse die wesentlichen Aussagen des r/K-Konzepts tabellarisch zusammen.

Tab. 4.5: Lösungsvorschlag für Aufgabe 1a

	r-Strategen	K-Strategen
Umwelt	wechselnd	stabil
Population	niedrige Dichte	hohe Dichte (nahe an K)
Arteigenschaften	hohe Wachstumsrate r	effizient hohe Tragekapazität K
	frühe Fortpflanzung	späte Fortpflanzung
	kleine Individuen	große Individuen
	viele Nachkommen (einmalig)	wenige Nachkommen (mehrmals)
	kurze Lebensspanne	lange Lebensspanne

b Suche nach Widersprüchen beziehungsweise unlogischen Aussagen im r/K-Konzept. Gibt es Beispiele von Organismen, die nicht in das Konzept passen? Recherchiere!

Eine unlogische Aussage ist vor allem der gegenseitige Ausschluss der Merkmale von r- und K-Strategen: Organismen mit hohem r besitzen kein hohes K und umgekehrt. Ratten können aber beispielsweise eine hohe Fortpflanzungsrate haben und in großen, teilweise auch konstanten Dichten auftreten.

Nach dem Konzept sind Organismen, die in großen Populationsdichten vorkommen (K-Strategen), eher groß. Eigentlich wäre es logisch anzunehmen, dass solche Organismen klein sind, da kleine Individuen weniger Ressourcen benötigen als große.

Ein weiterer Kritikpunkt (aus dem Text jedoch nicht zu erschließen): Die Tragekapazität der Umwelt K ist im Gegensatz zur Wachstumsrate r oft nicht zu ermitteln.

Aufgabe 2

a Recherchiere, welche Lebewesen es in Pfützen und Seen gibt.

Pfützen sind temporäre Kleinstgewässer, d. h., in ihnen gibt es vorübergehend eine große Vielfalt an Einzellern, Algen, Insektenlarven und anderen Lebewesen. Üblicherweise sind dies Organismen, die kurze oder längere Perioden von Trockenheit überdauern können.

In Seen gibt es genauso wie in Pfützen eine große Vielfalt an Einzellern, Algen, usw. Hier kommen außerdem noch größere Organismen wie Wasserpflanzen oder Fische vor.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

b Bewerte die oben gemachte Aussage. Ziehe hierfür auch die Arteigenschaften beispielsweise von Hecht und Wasserfloh heran (Tab. 4.3 in Unterrichtsmaterialien).

Wie in Aufgabe 2a festgestellt, leben in Seen mit gleichbleibenden Umweltbedingungen sehr wohl Einzeller und auch Wasserflöhe. Wasserflöhe sind als Zooplankton ein wichtiger Bestandteil der Nahrungsnetze im Ökosystem See. Es gibt keinen Grund, weshalb Wasserflöhe nur unter instabilen Lebensbedingungen wie in Pfützen vorkommen sollten.

Ein wesentliches Merkmal der r-Strategen sind viele Nachkommen. Wenn man die Gelegegröße des Hechts mit der des Wasserflohs vergleicht, stellt sich die Frage, ob man Fische pauschal als K-Strategen bezeichnen kann.

Die hier zu bewertende Aussage zeigt sehr gut die Probleme des r/K-Konzepts: Man kann keinen grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Umweltbedingungen (hier konstant), Populationsdichte (bei Wasserflöhen höher als bei Hechten) und Arteigenschaften (Hechte sind groß und legen viele Eier, Wasserflöhe sind klein und legen wenige Eier) entsprechend des r/K-Konzepts machen.

Material 3: Korrelation von Eigenschaften

Aufgabe 3

a Erstelle eine Tabelle, aus der das Maximalalter und die Wurfgröße ausgewählter Säugetierarten ersichtlich sind. Die Datengrundlage findest du in den Karten „Eigenschaften von Säugetieren“ (Material 1).

Tab. 4.6: Lösung zu Aufgabe 3a: Maximalalter (Jahre) und Wurfgröße für neun Säugetierarten

Art	Maximalalter (Jahre)	Wurfgröße
Baummarder	17	3,3
Buckelwal	80	1
Gepard	19	3,8
Hauskatze	34	4,4
Hausmaus	6	6,1
Mausohrfledermaus	30	1
Mensch	122	1
Wildschwein	21	5,3
Wolf	20	5,5

b Zeichne unter Verwendung der Tabelle einen Graphen, der die Abhängigkeit der Wurfgröße (y-Achse) vom Maximalalter (x-Achse) darstellt.

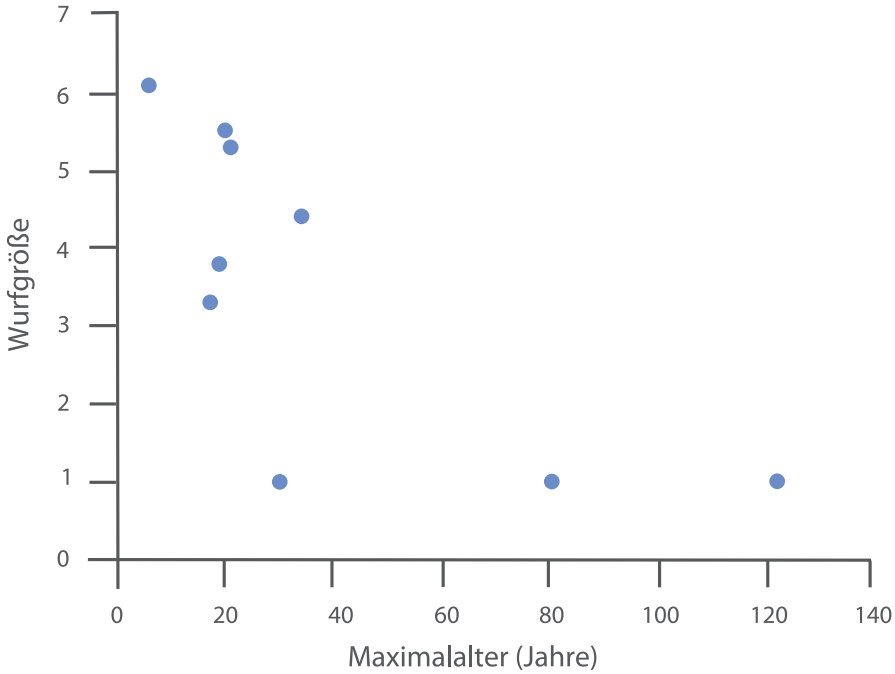


Abb. 4.5 Beziehung zwischen Maximalalter (Jahre) und Gelegegröße bei neun Säugetierarten

c Beschreibe und interpretiere den Graphen.

Abbildung 4.5 zeigt eine negative Korrelation (Korrelationskoeffizient $r = -0{,}73$; $p < 0{,}05$) zwischen dem Maximalalter und der Wurfgröße bei neun Säugetierarten: Je höher das Maximalalter ist, desto geringer ist die Wurfgröße.

Das Ergebnis könnte man dahingehend deuten, dass Säugetiere mit einer kurzen Lebensspanne viele Nachkommen in einer kurzen Zeitspanne produzieren müssen, was sie mit einer hohen Wurfgröße erreichen. Säugetiere, die sehr alt werden, müssen dies nicht tun, denn sie haben mehr Zeit zur Verfügung. Statt viele Nachkommen auf einmal zu produzieren, bekommen sie große Nachkommen und betreiben mehr Brutpflege (das ist auf dem Graphen allerdings nicht zu sehen).

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Aufgabe 4

a Erstelle eine Tabelle, aus der das Maximalalter und die Gelegegröße ausgewählter Fischarten ersichtlich sind. Die Datengrundlage findest du in den Karten „Eigenschaften von Fischen" (Material 1).

Tab. 4.7: Lösung zu Aufgabe 4a: Maximalalter (Jahre) und Gelegegröße für neun Fischarten

Art	Maximalalter (Jahre)	Gelegegröße
Amerikanischer Aal	20	10000000
Atlantischer Stör	60	1118000
Bachforelle	18	1600
Buckellachs	3	1700
Hecht	24	500000
Regenbogenforelle	11	2400
Saibling	15	670
Schwarzmund-Grundel	5	900
Streifenbarsch	19	245000

b Zeichne unter Verwendung der Tabelle einen Graphen, der die Abhängigkeit der Gelegegröße (y-Achse) vom Maximalalter (x-Achse) darstellt.

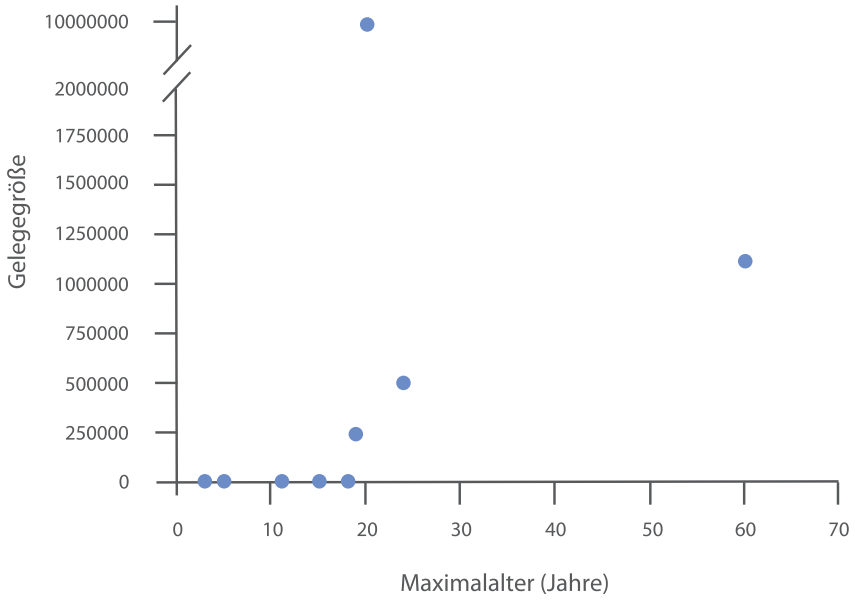


Abb. 4.6 Beziehung zwischen Maximalalter (Jahre) und Gelegegröße bei neun Fischarten

c Beschreibe und interpretiere den Graphen.
Hinweis: Eine Besonderheit bei Fischen ist, dass sie – im Gegensatz zu Vögeln und Säugetieren – mit zunehmendem Alter weiterhin wachsen.

Betrachtet man die Daten ohne den Amerikanischen Aal (Abb. 4.6), zeigt sich eine positive Korrelation (Korrelationskoeffizient $r = 0{,}95$; $p < 0{,}001$) zwischen dem Maximalalter und der Gelegegröße bei acht ausgewählten Fischarten: Je höher das Maximalalter ist, desto größer ist die Gelegegröße. Der Aal bildet hiervon eine Ausnahme – er hat bei mittlerem Maximalalter eine sehr hohe Gelegegröße. Das hängt vermutlich damit zusammen, dass er sich nur einmal in seinem Leben fortpflanzt.

Eine mögliche Erklärung für die hier beobachtete Korrelation wäre, dass mit zunehmendem Alter die Fische größer werden und somit auch mehr Eier produzieren können, da sie zum Beispiel größere Fortpflanzungsorgane besitzen.

d Vergleiche die Ergebnisse bei Fischen mit denen von Säugetieren (Aufgabe 3).

Säugetiere und Fische zeigen hier eine genau gegensätzliche Beziehung zwischen „Maximalalter" und „Wurf- beziehungsweise Gelegegröße", da sie zwei unterschiedliche Fortpflanzungsstrategien verfolgen.

Säugetiere investieren relativ viel Zeit und Energie in wenige (große) Nachkommen. Je älter sie werden, desto mehr Zeit haben sie dafür (Differenz zwischen Lebensspanne und Fortpflanzungsalter) und entsprechend kleiner kann die Wurfgröße sein, um trotzdem eine hohe Gesamtzahl an Nachkommen zu haben (absolute Fitness).

Fische hingegen betreiben üblicherweise keine Brutpflege und produzieren Nachkommen in sehr großen Mengen. Je größer/älter ein Tier ist, desto mehr Nachkommen kann es theoretisch auch produzieren.

Material 4: Schnelle und langsame Lebenszyklen – fast/slow-Konzept

Aufgabe 5

Sortiere jeweils die neun Karten mit Säugetieren beziehungsweise Vögeln (Material 1) so, dass du eine Reihe – beginnend mit Lebewesen mit „schnellem" Lebenszyklus mit Übergängen zu Lebewesen „langsamem" Lebenszyklus – erhältst. Beachte, dass du hier nur *eine* Arteigenschaft als Hauptkriterium verwendest.

Es bietet sich an, das Maximalalter als Hauptkriterium für das Sortieren zu verwenden:

- Säugetiere: Hausmaus – Baummarder – Gepard – Wolf – Wildschwein – Mausohrfledermaus – Hauskatze – Buckelwal – Mensch
- Vögel: Spatz/Gänsesäger – Wanderfalke – Blässhuhn – Amsel – Höckerschwan – Trottellumme – Flamingo – Uhu

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Aufgabe 6

a Erstelle analog zu Aufgabe 5 mithilfe der neun Fischkarten (Material 1) eine Reihe, die ein Kontinuum von „schnellen" zu „langsamen" Lebenszyklen darstellt.

Es bietet sich an, das Maximalalter als Hauptkriterium für das Sortieren zu verwenden:

- Buckellachs – Schwarzmund-Grundel – Regenbogenforelle – Saibling – Bachforelle – Streifenbarsch – Amerikanischer Aal – Hecht – Atlantischer Stör

b Vergleiche die Arteigenschaften deiner Reihe mit den Merkmalen in Tabelle 4.4. Modifiziere die Tabelle entsprechend.

Tab. 4.8: Lösung zu Aufgabe 6b: Eigenschaften von Arten mit schnellem beziehungsweise langsamem Lebenszyklus, modifiziert für (neun ausgewählte) Fische

	schneller Lebenszyklus (*fast life history*)	**langsamer Lebenszyklus (*slow life history*)**
Fortpflanzung	beginnt früh	beginnt spät
Abstände zwischen Geburten	–	–
Gelegegröße	niedrige Gelegegröße	hohe Gelegegröße
Körpergröße der Nachkommen (Gewicht Eier)	Nachkommen sind klein	Nachkommen sind groß
Körpergröße der Erwachsenen (Gewicht Erwachsene)	Erwachsene sind klein	Erwachsene sind groß
Lebensspanne	kurz	lang

Tab. 4.4: (aus Unterrichtsmaterialien) Eigenschaften von Arten mit schnellem beziehungsweise langsamem Lebenszyklus, gültig für Säugetiere und Vögel (nach Reynolds 2003 und Jeschke et al. 2008)

	schneller Lebenszyklus (*fast life history*)	**langsamer Lebenszyklus (*slow life history*)**
Fortpflanzung	beginnt früh	beginnt spät
Abstände zwischen Geburten	kurze Abstände	lange Abstände
Wurf-/Gelegegröße	hohe Wurf-/Gelegegröße	niedrige Wurf-/Gelegegröße
Körpergröße der Nachkommen	Nachkommen sind klein	Nachkommen sind groß
Körpergröße der Erwachsenen	Erwachsene sind klein	Erwachsene sind groß
Lebensspanne	kurz	lang

- „Fortpflanzung“: ähnlicher Trend wie in Tabelle 4.4
- „Abstände zwischen den Geburten“: kein Trend
- „Gelegegröße“: gegenläufiger Trend im Vergleich zu Tabelle 4.4 (positive Korrelation)
- „Körpergröße der Nachkommen“ (Gewicht Eier): ähnlicher Trend wie in Tabelle 4.4
- „Körpergröße der Erwachsenen“: ähnlicher Trend wie in Tabelle 4.4

Die Gelegegröße passt nicht zu den Werten von Tabelle 4.4. Zu begründen ist dies mit den unterschiedlichen Fortpflanzungsstrategien der Fische im Gegensatz bei Vögeln und Säugetieren.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg