



Moritz SCHÖNHÄRL, Christoph MONING und Cynthia TOBISCH

Gelbbauchunken können auch Schatten

Die Gelbbauchunke ist in Bayern stark gefährdet. Als Pionierart in Kleinstgewässern ist sie bei zahlreichen Planungen relevant und wird in vielen Naturschutzprojekten gefördert. In einem Freiland-Experiment haben wir getestet, wie sich Beschattung und Nahrungsverfügbarkeit auf Entwicklungsdauer, Gewicht und Länge der Larven auswirkt. Unter stark beschatteten Bedingungen waren Gewichtszunahme, Längenentwicklung und Entwicklungsdauer der Individuen unterdurchschnittlich. Bei Zufütterung waren die Gewichtszunahme und der Längenzuwachs unter starker Beschattung – bedingt durch einen herabgesetzten Stoffwechsel – jedoch am größten. Die Entwicklungsdauer verlängerte sich unter diesen Bedingungen nur geringfügig. Auch beschattete Gewässer können also eine Bedeutung für die Fortpflanzung von Gelbbauchunken haben. Die Eignung der Gewässer wird dabei weniger durch Wassertemperatur oder Schattentoleranz, sondern vielmehr durch die Nahrungsverfügbarkeit beschränkt.

Die Gelbbauchunke (*Bombina variegata*) ist eine in Bayern stark gefährdete Art (BEUTLER & RUDOLPH 2003). Als europarechtlich geschützte Art der Anhänge II und IV der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie ist sie außerdem planerisch relevant. Erkenntnisse zu den Habitatansprüchen der Art sind daher von hoher Bedeutung. Gelbbauchunken gelten als Pioniere in vegetationsarmen, besonnten Gewässern (GLANDT 2010). Jedoch wurden die

Limitationen der Reproduktion im Hinblick auf die Beschattung von Gewässern experimentell bislang wenig untersucht. In den Reproduktionsgewässern wirkt das Substrat durch die Nährstoffe auf die Nahrungsverfügbarkeit. Zugleich wirkt die Beschattung auf die Wassertemperatur, diese wiederum auf den Stoffwechsel der Larven sowie auf das Algenwachstum und somit ebenfalls auf die Nahrungsverfügbarkeit. Beim Management

Abbildung 1

Larven von Gelbbauchunken zeigten sich in der Studie unerwartet schattentolerant (Foto: Christoph Moning).

Laichgewässersubstrat

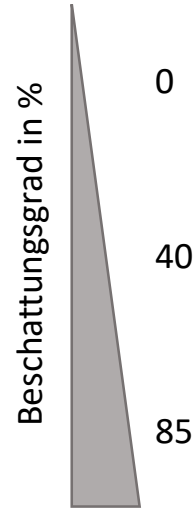


Abbildung 2
Versuchsdesign mit unterschiedlich behandelten Becken.

von Gelbbauchunkengewässern können das Gewässersubstrat und der Beschattungsgrad beeinflusst werden, doch welcher der Faktoren wirkt stärker? Eine Frage, die beispielsweise für die Relevanz von Forstwirtschaftswegen als Reproduktionsgewässer für diese Art eine entscheidende Rolle spielt. An der Fakultät Landschaftsarchitektur der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf wurde diese Frage experimentell untersucht. Dabei wurde der Faktor Nahrungverfügbarkeit über Zufütterung teilweise ausgeschaltet, sodass auch der Beschattungsgrad alleine betrachtet werden kann. Die Managementperspektive einer Zufütterung war hier nicht adressiert.

1. Die Wahl des Laichgewässers – Reflektion des Fortpflanzungserfolges oder Risikominimierung?

Wie wählen Gelbbauchunkenweibchen ihre Laichgewässer? Überwiegt die Perspektive der Wachstumschancen der Jungen im Gewässer oder handelt es sich um eine Risikoabwägung hinsichtlich des potenziellen Verlustes der Nachkommenschaft? Gelbbauchunken scheinen prädatonsarme, besonnte Gewässer zu bevorzugen (BARANDUN & REYER 1997; NEUBECK & BRAUCKMANN 2014). Vorteile von besonnten Laichgewässern sind eine erhöhte Temperatur und Produktivität, was wiederum die schnelle Entwicklung der Larven aufgrund erhöhter Nahrungverfügbarkeit und Stoffwechselprozesse begünstigen kann. Der große Nachteil besonnener, flacher Gewässer ist das hohe Austrocknungsrisiko, dem die Larven dabei ausgesetzt sind. Beschattete

Gewässer dagegen bieten einen gewissen Schutz vor dem Austrocknen, weisen aber eine geringere Temperatur und Produktivität auf (BARANDUN & REYER 1997). Welche Begrenzungen die Produktivität und die Beschattung des Gewässers tatsächlich darstellen, wollten wir in unserem Experiment klären.

2. Nahrung und Beschattung als Gradienten – das Untersuchungsdesign

Um dem Wirkungsgefüge bei der Larvalentwicklung von Gelbbauchunken nachzugehen, wurde bei Figlsdorf (Gemeinde Nandlstadt, Landkreis Freising, 470 m ü. NN, mittlere Jahrestemperatur 7,8 °C) im Frühjahr 2018 folgendes Untersuchungsdesign auf einer Waldlichtung eingerichtet: Neun Kunststoffbecken (40 cm x 40 cm) mit jeweils 15 Liter Füllvolumen wurden in den Boden eingegraben. Durch Schattiernetze wurde ein Gradient für Beschattung erzeugt. Außerdem kamen Sand und Humus als Laichgewässersubstrat zum Einsatz (Abbildung 2). Außentemperatur, Tageslauf und Grundbeschattung waren bei allen Becken gleich. Um die untersuchten Beschattungsgrade in natürlichen Waldsituationen zu evaluieren, wurden Vergleichsmessungen zwischen unterschiedlich stark beschatteten Waldsituationen und den im Versuch verwendeten Netzen mittels eines Lichtmessgeräts (TROTEC BF06 Luxmeter) durchgeführt. Die Becken s0, h0 und sf0 waren nur der natürlichen, sehr geringen Beschattung des Standorts ausgesetzt. Über die Becken s40, h40 und sf40 wurden Schattiernetze mit einer Schattenwirkung von 40%



Abbildung 3
Kunststoffnetze mit
einer Schattenwirkung,
links 40 % und rechts 85 %
(Foto: Moritz Schönhärl).

und über die Becken s85, h85 und sf85 Netze mit einer Schattenwirkung von 85 % gespannt (Abbildung 3). In die Becken s0, s40 und s85 wurde eine zirka 5 cm dicke Schicht aus kiesigem Sand aus der benachbarten Sandgrube in die Becken gefüllt. Das Substrat enthielt kaum organische Substanz. In die Becken h0, h40 und h85 wurde eine zirka 5 cm dicke, humusreiche Substratschicht ausgebracht, die aus einem angrenzenden Erlenbruchwald entnommen wurde. In die Becken sf0, sf40 und sf85 wurde eine zirka 5 cm dicke Schicht aus kiesigem Sand gefüllt. Zusätzlich wurde an jedem Messtag zirka 1 g Futter zugegeben, um die Nahrungsverfügbarkeit als limitierenden Faktor auszuschalten. Dafür wurde Flockenfutter für algenfressende Fische verwendet, das zum Großteil aus Algen besteht (JBL Novo-Malawi Flakes). Auf diese Weise ergaben sich zwei Gradienten entlang von Substrat und Beschattungsgrad.

Anfang Mai wurden mehrere Gelege mit insgesamt zirka 100 Eiern aus künstlicher Reproduktion abgesammelt und zwischengelagert. Nachdem

alle Embryonen geschlüpft waren, wurden die Becken mit je acht Larven besetzt. Die Summe des Startgewichts pro Becken wurde gemessen. Im weiteren Versuchsverlauf wurde abwechselnd jeden dritten und vierten Tag eine Messung durchgeführt. Dabei wurden folgende Parameter festgehalten:

- Gesamtgewicht der Larven pro Becken (digitale Feinwaage, TL-Series, 0,001 g Genauigkeit; gemessen wurde das Abtropfgewicht)
- Gesamtlänge jedes Individuums (auf 0,1 cm genau bestimmt)
- Entwicklungsstufe angelehnt an GOSNER (1960)
- pH-Wert der Becken (JUMO 20271/20, Kalibrierung nach pH-Einstabmesskette)
- Temperatur der Becken (USB-Temperaturlogger Elitech RC-51, stündliche Messung mit einer Genauigkeit von 0,1 °C)

Abbildung 4
Becken mit sandigem
Substrat (links) und
humusreichem Substrat
(rechts; Foto:
Moritz Schönhärl).



Die Messung endete, als 50 % der Individuen pro Becken die letzte Entwicklungsstufe der vereinfachten Skala nach GOSNER (1960) erreicht hatten.

Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit der Software R (R CORE TEAM 2018). Der Einfluss von Beschattung und Laichgewässersubstrat auf Gewichtszunahme und Größenzuwachs der Larven wurde mit Hilfe linearer Modelle und nachgeschalteter Permutations-t-Tests (HERVÉ 2017) auf Signifikanz überprüft. Um Normalverteilung der Residuen zu erreichen, wurde für die Zielgröße „Gewichtszunahme“ eine Wurzeltransformation der Daten durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 pH-Wert und Wassertemperatur

Die Becken ohne zusätzliche Beschattung hatten im Mittel eine Wassertemperatur von 20,4 °C, die zu 40 % beschatteten 19,1 °C und die zu 85 % beschatteten 18,3 °C. Die Ergebnisse der Permutations-t-Tests zeigten signifikante Unterschiede der mittleren Wassertemperatur zwischen allen drei Beschattungsgraden [t-Wert = 8,071** (Beschattung 0 %–40 %), t-Wert = 19,666** (Beschattung 0 % bis 85 %), t-Wert = 10,475** (Beschattung 40 % bis 85 %)]. Die künstliche Beschattung führte dazu, dass die Temperaturschwankungen im Tagesverlauf in den beschatteten Becken geringer zum Tragen kamen als in den Becken ohne zusätzliche Beschattung. Zwischen den drei Substraten wurden keine signifikanten Unterschiede in der Wassertemperatur festgestellt. Die Becken ohne zusätzliche Beschattung hatten im Mittel einen pH-Wert von 8,7, die zu 40 % beschatteten 8,6 und die zu 85 % beschatteten 7,9. Der pH-Wert lag demnach in allen Becken im leicht basischen Bereich. In den stark beschatteten Becken war der

pH-Wert signifikant geringer als in den nicht beschatteten (t-Wert = 7,1721**) und leicht beschatteten (t-Wert = 7,0213**) Becken.

3.2 Gewicht

Abbildung 5 zeigt die Gewichtsentwicklung der Larven pro Becken bis zum Erreichen der letzten Entwicklungsstufe. Auffällig ist die Reduktion des Gewichts bei allen Becken am Ende der Entwicklung, bedingt durch das Abschmelzen des Schwanzes. Dies erfolgte in fast allen Becken rapide, nur in den Becken s85 und h85 blieb das Gesamtgewicht am Ende der Entwicklung konstant bis leicht abfallend. Das größte Gesamtgewicht pro Messtag konnte bei Zufütterung unter schattigen Bedingungen gemessen werden (sf85: 10,2 g; sf40: 8,9 g). Ohne Zufütterung blieben die Gewichte bei geringer Beschattung und Sand sowie bei hoher Beschattung unterdurchschnittlich (s85: 4,6 g; s0: 5,3 g; h85: 5,6 g). Die Larvengewichte bei mittlerer Beschattung ohne Zufütterung (s40, w40) sowie bei Humussubstrat und Zufütterung ohne Beschattung (h0, sf0) lagen bei 6,4 g bis 7,6 g.

Die Gewichtszunahme der Larven zwischen den Messtagen in Abhängigkeit des Beschattungsgrades über alle Becken ist in Abbildung 6 dargestellt. Das arithmetische Mittel der Gewichtszunahme für die Becken mit 0 % Beschattung beträgt 0,88 g, für 40 % 0,95 g und für 85 % 0,41 g. Die Ergebnisse der Permutations-t-Tests zeigten keine signifikanten Unterschiede der Gewichtszunahme zwischen den Beschattungsgraden 0 % und 40 %. Dagegen zeigen sich hoch signifikante Unterschiede der Gewichtszunahme, vergleicht man die Beschattungsgrade 0 % und 85 % (t-Wert = 3,7618**) sowie 40 % und 85 % (t-Wert = 3,8719**).

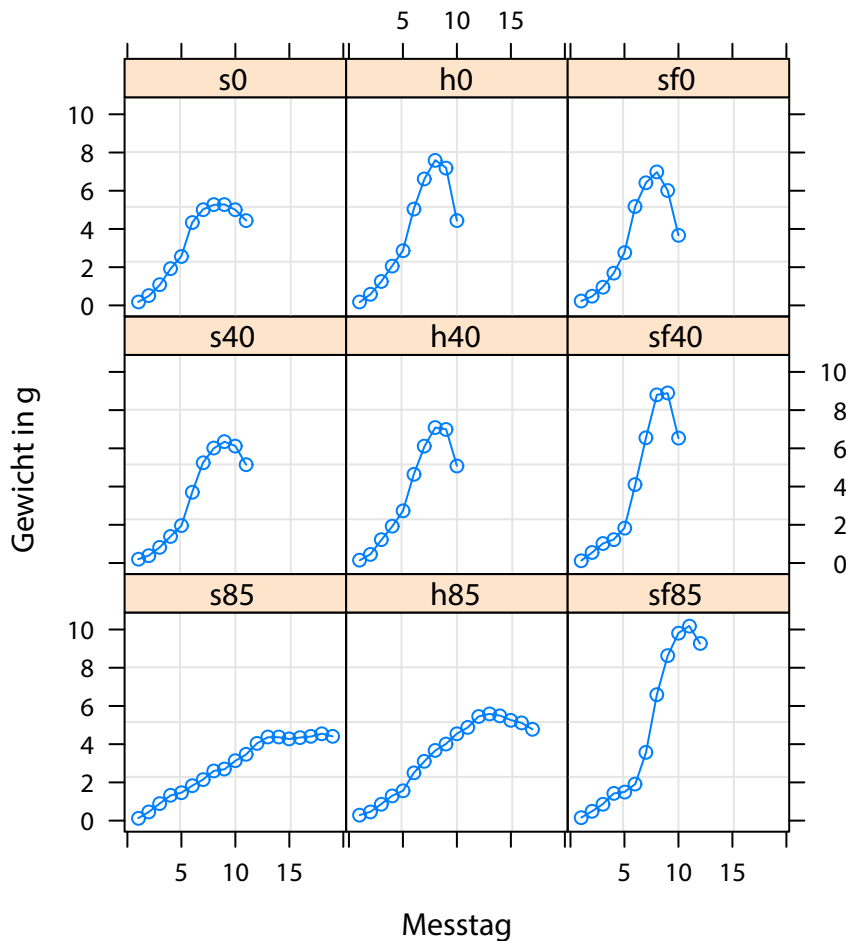


Abbildung 5
Entwicklung des
Gesamtgewichtes
der Larven.

Abbildung 7 stellt die Gewichtszunahme der Larven zwischen den Messtagen in Abhängigkeit vom Laichgewässersubstrat dar. Das arithmetische Mittel der Gewichtszunahme für die Becken mit kiesig-sandigem Substrat beträgt 0,49 g, die mit humosem Waldboden 0,76 g und für die gefütterten Becken 0,89 g. Die Ergebnisse der Permutations-t-Tests zeigten keine signifikanten Unterschiede der Gewichtszunahme zwischen den Becken mit humosem Waldboden und den gefütterten Becken (p -Wert = 0,426). Dagegen zeigen sich signifikante Unterschiede der Gewichtszunahme beim Vergleich der Becken mit humosem Waldboden und kiesig-sandigem Substrat (t -Wert = 2,0851*) sowie dem Vergleich von kiesig-sandigem Substrat und kiesig-sandigem Substrat mit zusätzlicher Fütterung (t -Wert = 2,3819*).

3.3 Länge

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen Gesamtlänge der Larven pro Becken bis zum Erreichen der letzten Entwicklungsstufe. Die größte durchschnittliche Gesamtlänge wurde in dem stark beschatteten Becken mit Zufütterung gemessen (sf85: durchschnittlich 58,0 mm). Deutlich kleiner waren die Larven beim Erreichen der letzten Entwicklungsstufe aus den Becken mit

hoher Beschattung und ohne Zufütterung (s85: 39,8 mm; h85: 41,4 mm) und ohne Beschattung auf Sand (s0: 41,9 mm). Die restlichen Becken ohne und mit mittlerer Beschattung haben durchschnittliche Gesamtlängen zwischen 44,9 mm (s40) und 52,3 mm (sf40) erreicht. Die Rückbildung des Ruderschwanzes hat in den Becken mit hoher Beschattung und ohne Zufütterung (s85, h85) deutlich länger gedauert als in den übrigen Becken.

Abbildung 9 zeigt das durchschnittliche Längenwachstum der Larven pro Becken zwischen den Messtagen in Abhängigkeit vom Beschattungsgrad. Das größte Wachstum erreichten die zu 40 % beschatteten Becken mit einem Mittelwert von 4,0 mm, gefolgt von nicht beschatteten Becken mit 3,8 mm und stark beschatteten Becken mit 2,2 mm. Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen 0 % und 85 % Beschattung (t -Wert = 2,7498**) sowie zwischen 40 % und 85 % Beschattung (t -Wert = 3,7834**).

Der Zuwachs der durchschnittlichen Länge der Larven zwischen den Messtagen und der Einfluss des Laichgewässersubstrats in den Becken ist in Abbildung 10 dargestellt. Die gefütterten Larven

Abbildung 6

Zuwachs des Gesamtgewichts zwischen den Messungen pro Becken in Abhängigkeit vom Beschattungsgrad

(roter Punkt = Mittelwert)

n. s. = Unterschied nicht signifikant,

** = Unterschied hoch signifikant,

p-Wert $\leq 0,01$.

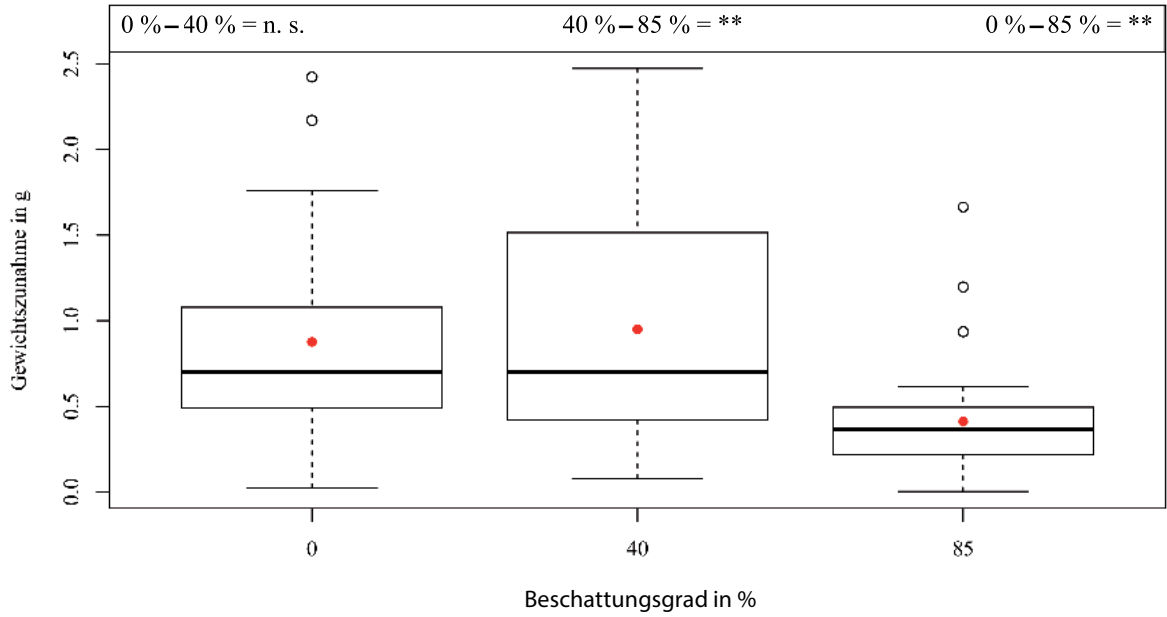


Abbildung 7

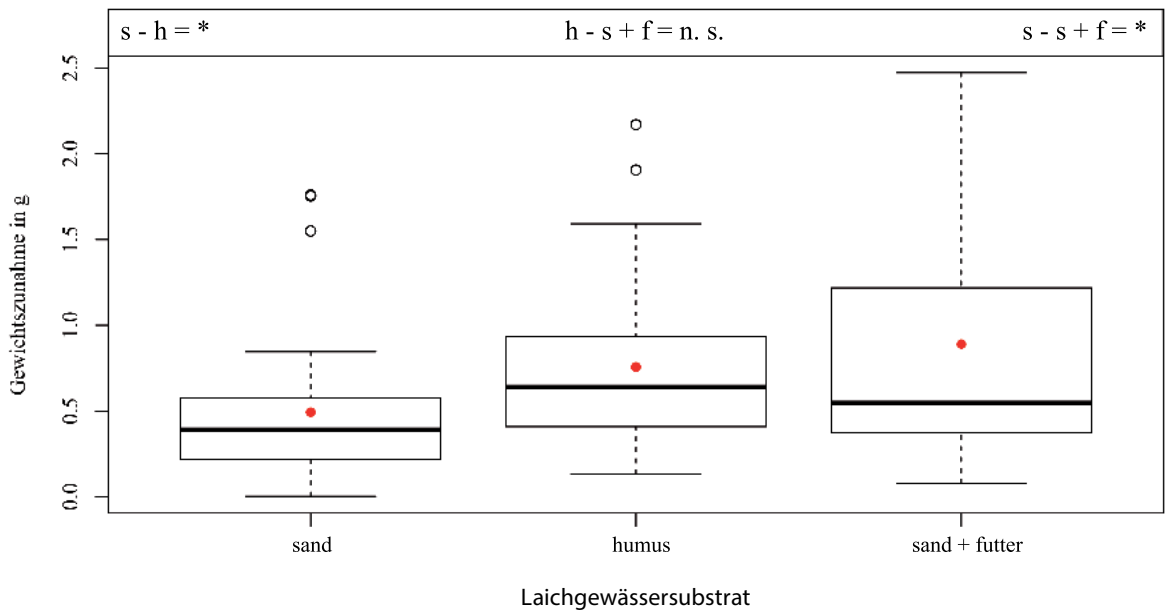
Zuwachs des Gesamtgewichts pro Becken in Abhängigkeit vom Laichgewässersubstrat

(roter Punkt = Mittelwert)

n. s. = Unterschied nicht signifikant

* = Unterschied signifikant,

p-Wert $\leq 0,05$.



konnten im Mittel 3,9 mm wachsen, die Larven im Becken mit humosem Waldboden 3,2 mm und Larven im Becken mit kiesig-sandigem Substrat nur 2,5 mm. In Folge der statistischen Auswertung konnte zwischen den Becken mit kiesig-sandigem Substrat und den Becken mit Zufütterung ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (t-Wert = 2,4954*).

3.4 Nivellierende Wirkung der Fütterung

Betrachtet man den Längen- und Gewichtszuwachs der Becken mit kiesig-sandigem Substrat und zusätzlicher Fütterung, so konnten die

Unkenlarven zwischen den Messtagen im nicht beschatteten Becken $0,96 \pm 0,73$ g (SD) Gewicht und durchschnittlich $3,9 \text{ mm} \pm 2,38$ mm (SD) an Länge zulegen. Im leicht beschatteten Becken waren es $1,09 \pm 1,03$ g (SD) und $4,6 \text{ mm} \pm 1,99$ mm (SD) und im stark beschatteten $0,62 \pm 0,53$ g (SD) und $3,3 \text{ mm} \pm 1,68$ mm (SD). Zwischen den unterschiedlichen Beschattungsgraden der Becken mit Zufütterung konnten im Rahmen der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden; weder für die Gewichts-, noch für die Größenzunahme.

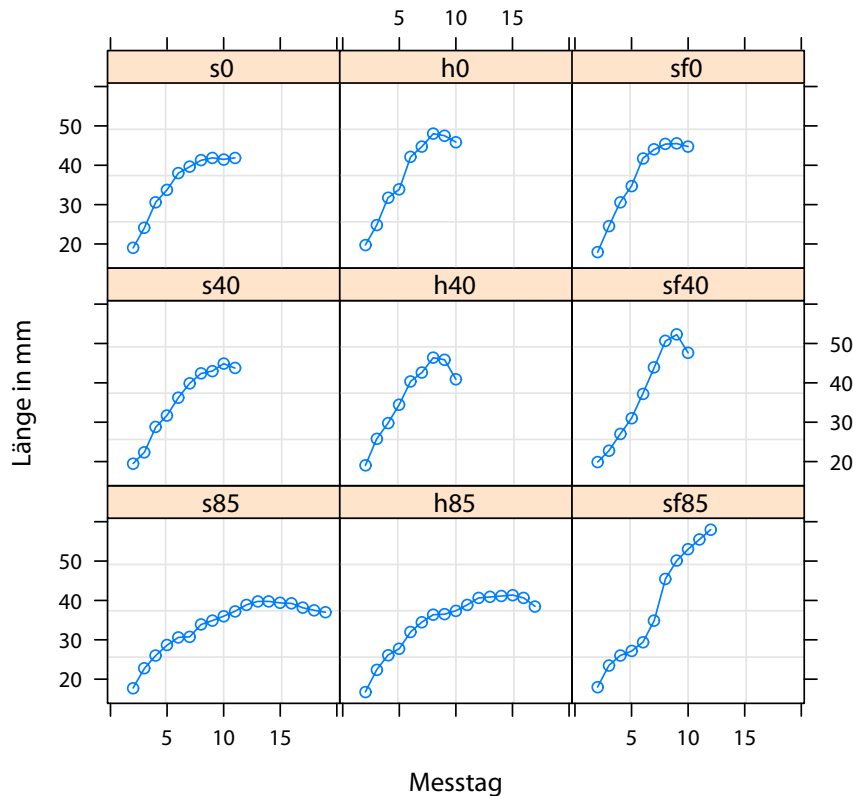


Abbildung 8
Entwicklung der durchschnittlichen Gesamtlänge der Larven.

3.5 Entwicklungsdauer

In Abbildung 11 ist zu sehen, wie viele Tage die Larven in den einzelnen Becken benötigt haben, um die letzte Entwicklungsstufe sowie die einzelnen Entwicklungsstufen der vereinfachten Skala nach GOSNER (1960) zu erreichen. Bei Zufütterung ist auch bei 85 % Beschattung im Vergleich zu allen übrigen Becken, ohne Zufütterung eine nur geringfügige Verzögerung zu verzeichnen. Am längsten brauchten die Larven in den stark beschatteten Becken ohne Zufütterung mit bis zu 65 Tagen. Bei 0 % bis 40 % Beschattung brauchten die Larven jeweils rund 33 Tage, unabhängig von der Zufütterung. Da im Versuchsdesign ein Messintervall von 3 bis 4 Tagen vorgesehen war, ist es möglich, dass die Individuen einzelner Becken die dritte Entwicklungsstufe bereits zwischen dem vorletzten und dem letzten Messtag erreicht haben.

4. Diskussion

4.1 Schattentoleranz von Gelbbauchunkenlarven

Der Gewichts- und Größenzuwachs der Larven zwischen den nicht beschatteten und leicht beschatteten Becken verlief ähnlich. Die Larven in nicht und leicht beschatteten Becken brauchten in etwa gleich lange, um die letzte Entwicklungsstufe zu erreichen (33 bis 36 Tage). Individuen der stark beschatteten Becken hatten jedoch einen deutlich schlechteren Gewichts- und Größenzu-

wachs zwischen den Messtagen als Individuen in leicht- und nicht beschatteten Becken. Leicht beschattete Gewässer sind demnach für Entwicklung von Gelbbauchunkenlarven geeignet, was der Art eine überraschend hohe Schattentoleranz für die Laichgewässer bestätigt.

Die Beschattung hat Einfluss auf die Wassertemperatur und den pH-Wert, da eine geringere Beschattung die Photosynthese von Algen fördert. Die Algen nutzen das im Wasser gelöste CO₂ (Kohlensäure H₂CO₃). Zurück bleiben Wasserstoffionen, was zu einem erhöhten pH-Wert führt (THOMAS 1953).

Die erhöhte Produktivität besonnener Gewässer hat eine gesteigerte Nahrungsverfügbarkeit zur Folge. Doch welcher der Faktoren ist entscheidend für die Larvalentwicklung? RÜHMEKORF (1958, in GOLLMANN & GOLLMANN 2002) hat für Gelbbauchunkenlarven in einem einfachen Wahlversuch eine Vorzugstemperatur zwischen 24,9 und 29,7 °C ermittelt. Diese Temperaturen wurden, zwar unterschiedlich häufig, aber in allen Becken, erreicht. Bei Temperaturen um 12 °C oder weniger stellte RÜHMEKORF fest, dass sich die Larven nicht mehr normal entwickeln können. Diese Grenze wurde in allen Becken des Versuchs vereinzelt unterschritten, im Mittel lagen aber alle Becken um mindestens 6 bis 8 °C darüber. Eine Erhöhung

Abbildung 9

Zuwachs der durchschnittlichen Individuenlänge pro Becken in Abhängigkeit vom Beschattungsgrad

(roter Punkt = Mittelwert)

n. s. = Unterschied nicht signifikant

** = Unterschied hoch signifikant,

p-Wert $\leq 0,01$.

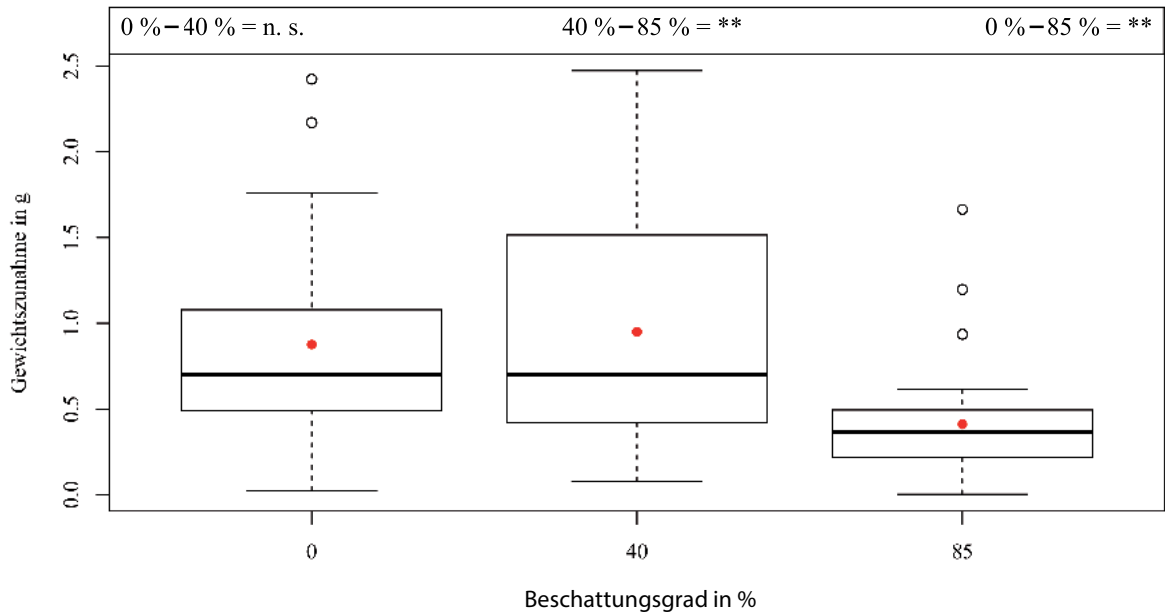


Abbildung 10

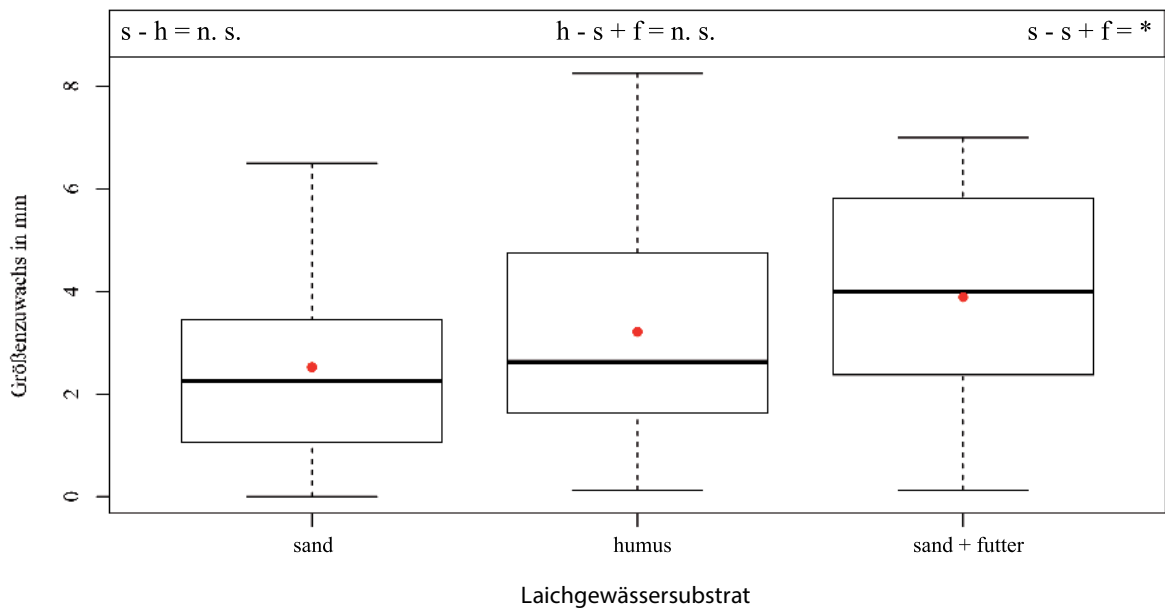
Zuwachs der durchschnittlichen Gesamtlänge pro Becken in Abhängigkeit vom Laichgewässersubstrat

(roter Punkt = Mittelwert)

n. s. = Unterschied nicht signifikant

* = Unterschied signifikant,

p-Wert $\leq 0,05$.



des Beschattungsgrades von 0 % auf 40 % auf 85 %, bedeutet eine im Mittel zirka 1 °C geringere Wassertemperatur in den Becken. Dieser geringe Unterschied kann den unterschiedlichen Gewichts- und Größenzuwachs zwischen leicht beschatteten und stark beschatteten Becken nur teilweise erklären. Obwohl die Temperaturschwankung in den Becken mit künstlicher Beschattung abgemildert und die 12 °C-Marke im Tagesmittel weniger häufig unterschritten wurde, hat sich das Gewicht und die Größe der Individuen nicht positiv gegenüber den nicht beschatteten Becken entwickelt. Deshalb ist anzunehmen,

dass das Nahrungsangebot, welches durch die Beschattung gesteuert wird, einen stärkeren Einfluss auf den Gewichts- und Größenzuwachs haben könnte.

4.2 Das Futter macht's – Einfluss der Nahrungsverfügbarkeit auf die Larvalentwicklung

Durch die Zugabe von Futter herrschte in den Becken ein erhöhtes Nahrungsangebot, was dazu führte, dass auch die Larven im stark beschatteten Becken (85 %) ähnliche Zuwachsraten und Entwicklungszeiten hatten, wie die in den

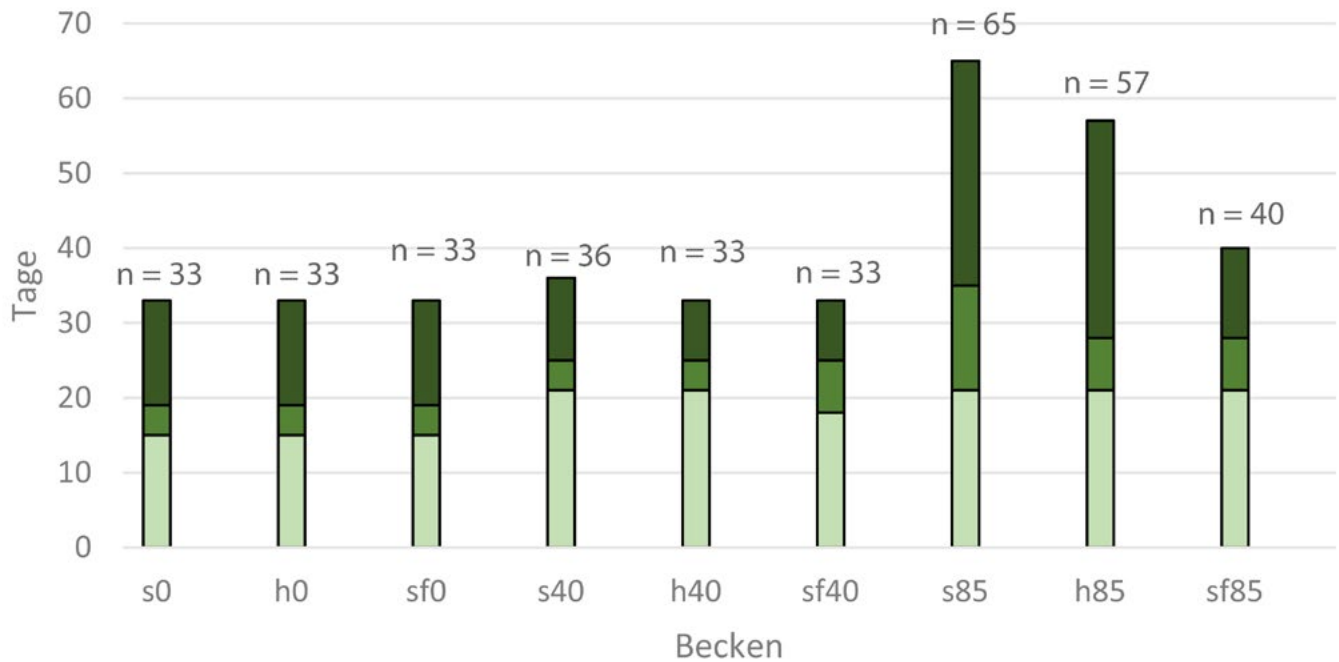


Abbildung 11
Entwicklungsdauer
bis zum Erreichen
der letzten
Entwicklungsstufe.

weniger beschatteten Becken (0 % und 40 %). Durch zusätzliche Fütterung kann der Einfluss der Beschattung auf die Produktivität des Gewässers nivelliert werden.

Der höhere Gewichtszuwachs der Larven im Becken mit Humusboden gegenüber der in Becken mit Sandboden lässt darauf schließen, dass das humusreiche Laichgewässersubstrat einen Einfluss auf die Nahrungsverfügbarkeit in den Becken hatte. Zum einen stehen den Individuen Bodenlebewesen und abgestorbene Pflanzenteile als Nahrung zur Verfügung (GOLLMANN & GOLLMANN 2002), zum anderen gehen im Boden befindliche Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor durch andauernde Abbauprozesse ins Wasser über. Dies erhöht die Produktivität und das Algenwachstum im Wasser gegenüber Gewässern mit kiesig-sandigem Substrat und gleicher Beschattung.

Waren Unterschiede in der Gewichtszunahme eindeutig, so zeigte sich beim Vergleich der Entwicklungszeiten kein Unterschied zwischen sandig-kiesigem Substrat und dem humusreichen Waldboden. Obwohl Larven in Gewässern mit humusreichem Substrat eine verbesserte Nahrungsgrundlage hatten, führte dies nicht zu einer gesteigerten Entwicklungsgeschwindigkeit. Vielmehr steigert die erhöhte Nahrungsverfügbarkeit die Wachstumsraten der Larven (SMITH-GILL & BERVEN 1979, in GOLLMANN & GOLLMANN 2002), was sich im Versuch durch einen gesteigerten Gewichts- und Größenzuwachs gezeigt hat.

4.3 Selektionsdruck: Entwicklungs- geschwindigkeit schlägt Gewichtszunahme

Welcher Strategie folgen Gelbbauchunkenweibchen mit der Wahl des Laichgewässers? Bevorzugen Sie in humusarme, sonnige Gewässer abzulaichen und somit ihre Nachkommenschaft dem offensichtlichen Risiko einer limitierten Gewichtszunahme aussetzen? Gelbbauchunken laichen in Gewässern mit einem hohen Austrocknungsrisiko, mit dem ein geringer Prädationsdruck einhergeht. Unter natürlichen Lebensbedingungen sind die Überlebensraten bei geringem Prädationsdruck und schnellen Entwicklungsraten am höchsten (BARANDUN & REYER 1997). Sie wirken somit stark selektiv auf die Entscheidung von Gelbbauchunkenweibchen bei der Eiablage. Auch bei den Larven herrscht ein hoher Selektionsdruck auf die Entwicklungsdauer. Während sich durch die Ernährungssituation schnell Unterschiede in Gewichts- und Längenzunahme zeigen, manifestieren sich signifikante Unterschiede in der Entwicklungsdauer erst bei sehr hohen Beschattungsgraden. Dies zeigt sich auch in Abbildung 12: Setzt man die kürzeste Entwicklungsdauer auf 100 %, so fällt die Entwicklungsdauer erst bei einem Beschattungsgrad von 85 % merklich zurück; am stärksten bei schlechter Nahrungsverfügbarkeit. Betrachtet man hingegen das Gewicht der Larven im letzten Entwicklungsstadium, so ist dieses bei Zufütterung bereits bei 40 % Beschattung signifikant höher als bei Larven ohne Zufütterung. Zugleich zeigt sich bei den nicht zugefütterten Larven, dass das letzte Entwicklungsstadium

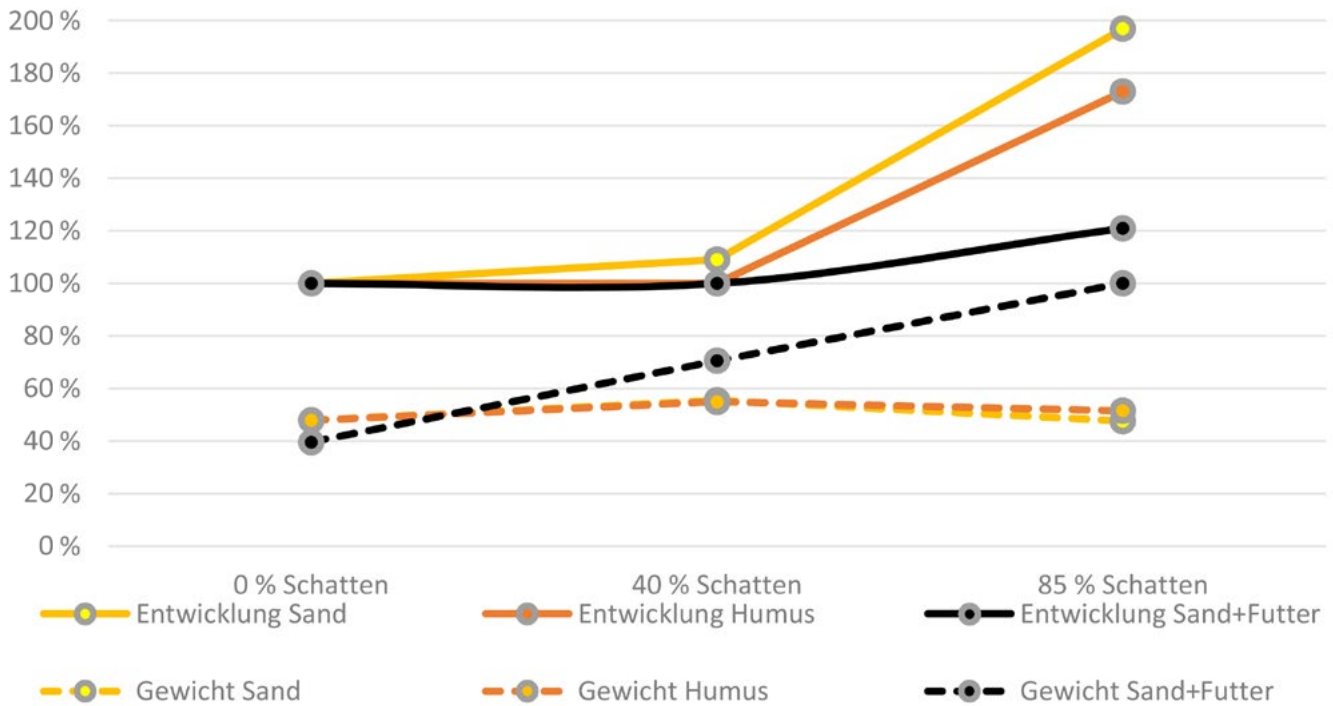


Abbildung 12

Entwicklungsdauer bis zum Erreichen der letzten Entwicklungsstufe. Die kürzeste Entwicklungsdauer bis zum Erreichen des letzten Entwicklungsstadiums (33 Tage) wurde auf 100 % und längere Entwicklungsdauer in Relation dazu gesetzt (> 100 %). Das größte maximale durchschnittliche Gewicht der Larven bei Erreichen der letzten Entwicklungsstufe wurde auf 100 % gesetzt (9,3 g im Becken mit Zufütterung und 85 % Beschattung). Die übrigen jeweiligen Durchschnittsgewichte wurden in Relation dazu gesetzt (< 100 %).

erst ab einem Mindestgewicht von zirka 4,5 g eingeleitet wird. Solange dieses Gewicht nicht erreicht wird, verlängert sich die Entwicklungsdauer. Dies ist vor allem in stark beschatteten Gewässern ohne Zufütterung der Fall.

Ein besonderer Effekt ist der erhöhte Stoffwechsel bei hohen Temperaturen. Dieser vermindert den Gewichtszuwachs bei den wechselwarmen Tieren. Gelbbauchunkenlarven, die während ihrer Entwicklung wärmeren Wassertemperaturen und sonst gleichbleibenden Bedingungen ausgesetzt sind, haben beim Erreichen der gleichen Entwicklungsstufe eine geringere Körpergröße als ihre Artgenossen, die einer geringeren Wassertemperatur ausgesetzt sind (SMITH-GILL & BERVEN 1979). Dieser Effekt konnte auch im Versuch beobachtet werden: Bei Zufütterung hatten die Individuen in dem stark beschatteten Becken beim Erreichen der letzten Entwicklungsstufe das größte Gesamtgewicht sowie die größte durchschnittliche Gesamtlänge, verglichen mit den Individuen aus den anderen Becken, die zusätzlich gefüttert wurden.

5. Fazit

Für die Larven scheint es günstiger zu sein, sich möglichst schnell zu entwickeln und dafür gegebenenfalls einen geringeren Gewichts- und Längenzuwachs in Kauf zu nehmen. Diese Strategie funktioniert bei 40 % Beschattungsgrad noch recht gut, bei 85 % Beschattungsgrad verlängern sich die Entwicklungszeiten stark. Bei Gelbbauchunken zeigt sich in der Reproduktion somit eine Minimierungsstrategie hinsichtlich des Mortalitätsrisikos: Lieber schlank und lebendig als fett und tot.

Rückschlüsse für die Praxis:

- Für die Planung von neuen Reproduktionsgewässern können auch **leicht beschattete Standorte** in die Auswahl potenzieller Laichgewässerstandorte aufgenommen oder zusätzlich zu voll besonnten Gewässern angeboten werden.

- Da Gelbbauchunken die Möglichkeit haben, ihren **Laich** während der Fortpflanzungsperiode **auf verschiedene Gewässer zu verteilen** (GOLLMANN & GOLLMANN 2002), bieten leicht beschattete Gewässer gerade in niederschlagsarmen Jahren einen Vorteil: Wenn die besonnten Gewässer längst trockengefallen sind, kann sich zumindest ein Teil der Nachkommen in den beschatteten, noch immer wasserführenden Gewässern entwickeln. Dies ist vor dem Hintergrund des Klimawandels von Bedeutung.



- Kleinstgewässer an leicht beschatteten Waldstandorten können zur Reproduktion von Gelbbauchunken beitragen, wenn im **Aktionsradius** von Gelbbauchunken ein **Reproduktionszentrum** vorliegt. Laut KARCH (2011) können neu entstandene Gewässer in einer Entfernung von bis zu 2.000 m zügig besiedelt werden.

- Da kleine prädatonsarme Tümpel vor allem in **Fahrspuren** entstehen, ist darauf zu achten, dass es zur Fortpflanzungszeit von Gelbbauchunken in solchen Gewässern nicht zu Befahrungen kommt. Diese Vorgabe ist beispielsweise bei vernässten Bodenverdichtungen, die bei der Holzbringung entstanden sind, leicht umsetzbar.



Literatur

BARANDUN, J. & REYER, H. (1997): Reproductive ecology of *Bombina variegata*: characterisation of spawning ponds. – Amphibia-Reptilia 18: 143–154.

BEUTLER, A. & RUDOLPH, B.-U. (2003): Rote Liste gefährdeter Lurche (Amphibia) Bayerns. – Bayerisches Landesamt für Umwelt 166: 48–51.

GLANDT, D. (2010): Taschenlexikon der Amphibien und Reptilien Europas: alle Arten von den Kanarischen Inseln bis zum Ural. – Quelle & Meyer: 633 S.

GOLLMANN, B. & GOLLMANN, G. (2002): Die Gelbbauchunke: von der Suhle zur Radspur. – Beiheft der Zeitschrift für Feldherpetologie 4, Laurenti-Verlag, Bielefeld.

GOSNER, K. L. (1960): A Simplified Table for Staging Anuran Embryos and Larvae with Notes on Identification. – Herpetologica 16: 185–189.

HERVÉ, M. (2017): RVAideMemoire: Diverse Basic Statistical and Graphical Functions. – R Package Version 0.9–63.

KARCH (= KOORDINATIONSSTELLE FÜR AMPHIBIEN- UND REPTILIENSCHUTZ IN DER SCHWEIZ, 2011): Praxismerkblatt Artenschutz – Gelbbauchunke *Bombina variegata*. – Neuenburg, Schweiz.

NEUBECK, C. & BRAUCKMANN, U. (2014): Gelbbauchunke Nordhessen – Die Gelbbauchunke als Leitart für Pionieramphibien in den Flussauen Nordhessens: Naturschutzgenetik, Populationsökologie und Schutzmaßnahmen. – Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Witzhenhausen, Kassel.

R CORE TEAM (2018): R: A Language and Environment for Statistical Computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

RÜHMEKORF, E. (1958): Beitrag zur Ökologie mitteleuropäischer Salientia ii. Temperaturwahl der Larven. – Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 47: 20–36

SMITH-GILL, S. J. & BERVEN, K. A. (1979): Predicting amphibian metamorphosis. – The American Naturalist, 113(4): 563–585.

THOMAS, E. A. (1953): Sedimentation in oligotrophen und eutrophen Seen als Ausdruck der Produktivität. – Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen, Ausgabe 12(1): 383–393.

Autoren



Moritz Schönhärl,
Jahrgang 1990.

Moritz Schönhärl studierte an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf Landschaftsarchitektur und ist seit Oktober 2018 als Mitarbeiter im Planungsbüro Wankner & Fischer tätig.

Planungsbüro Wankner & Fischer
moritz.schoenhaerl@wankner-und-fischer.de

Prof. Dr. Christoph Moning,
Jahrgang 1976.

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Christoph.Moning@hswt.de

Cynthia Tobisch,
Jahrgang 1992.

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
c-tobisch@web.de

Zitiervorschlag

SCHÖNHÄRL, M., MONING, C. & TOBISCH, C. (2019): Gelbbauchunken können auch Schatten. – ANLIEGEN NATUR 41(1): 123–134, Laufen; www.anl.bayern.de/publikationen