

Untersuchungen zum Reproduktionspotential der Gelbbauchunke *Bombina variegata variegata* (LINNAEUS, 1758) in Gefangenschaft

HOLGER BUSCHMANN

Abstract

Study of yellow-bellied toad Bombina variegata variegata (LINNAEUS, 1758) reproductive potential in captivity.

During 1995 and 1996, the reproductive potential of captive yellow-bellied toads, originating from Northrhine-Westfalia, Germany (n = 9) and Tyrol, Austria (n = 4), was studied. The toads were kept in separate tanks according to their descent. The observed reproductive potential of both females and males was much higher than previously assumed: on average females produced seven clutches per season with a total of 561 eggs; in 1996, one female of each population laid a total of more than 1000 eggs. Furthermore, in each population one or two males, respectively, were found to dominate reproduction, with the most successful male fertilizing a total of 11 clutches, originating from several females in one season.

Key words: Anura: Discoglossidae: *Bombina variegata*; reproductive potential; clutch size; fecundity.

Zusammenfassung

In den Jahren 1995 und 1996 wurde das Fortpflanzungspotential von neun Gelbbauchunken aus Nordrhein-Westfalen und vier Gelbbauchunken aus Tirol untersucht, die nach Populationszugehörigkeit getrennt in zwei verschiedenen Aqua-Terrarien gehalten wurden. Die Beobachtungen ergaben sowohl für die Weibchen als auch für die Männchen ein wesentlich höheres Reproduktionspotential als bisher angenommen: So laichten die Weibchen im Schnitt siebenmal pro Saison ab. Sie legten im Durchschnitt eine Gesamtzahl von 561 Eiern, wobei jeweils ein Weibchen aus beiden Populationen weit über 1000 Eier innerhalb einer Saison produzierte. Darüberhinaus dominierten ein bzw. zwei Männchen aus beiden Populationen stark das Fortpflanzungsgeschehen und waren an der überwiegenden Anzahl von Verpaarungen beteiligt. Das erfolgreichste Männchen befruchtete in einer Saison insgesamt 11 Gelege, die von mehreren Weibchen stammten.

Schlagwörter: Anura: Discoglossidae: *Bombina variegata*; Reproduktionsfähigkeit; Gelegegröße; Fekundität.

1 Einleitung

Der starke Rückgang der Gelbbauchunke (*Bombina variegata variegata*) in weiten Bereichen des Verbreitungsgebietes nördlich der Alpen (unter anderen NÖLLERT & SCHEIDT 1993, PODLOUCKY & FISCHER 1994) hat seit Anfang der 1970er Jahre zu vermehrten Untersuchungen an diesem Scheibenzünger geführt. Dabei wurde vor allem in den letzten Jahren viel über die Biologie und Ökologie der Art bekannt. Ein zu geringes Wissen haben wir allerdings immer noch über den Winterlebensraum, Faktoren, die die Larvalentwicklung beeinflussen sowie die tatsächliche und mögliche Fekundität der Gelbbauchunke innerhalb einer Saison.

Gerade der letzte Punkt ist im Freiland nur schwer zu untersuchen. Die Gelegegrößen von einzelnen Paaren können nur durch direkte Beobachtungen festgestellt werden (BARANDUN 1995). Dies hängt damit zusammen, daß die Eier

zumeist in mehreren Laichballen abgegeben werden, so daß die Eianzahl eines Geleges im Freiland sehr schwer zu bestimmen ist. Ein Gelege besteht aus allen Eiern, die während eines Amplexus abgegeben werden. Dies kann an einem Tag erfolgen, aber auch mehrere Tage dauern. Um darüberhinaus den Gesamtfortpflanzungserfolg einzelner Weibchen und Männchen über eine ganze Saison zu erfassen, müßten ständige Beobachtungen an sämtlichen Laichgewässern gemacht werden. Zusätzlich macht es die Trübung des Wassers, die in den meisten Laichgewässern der Gelbbauchunke vorherrscht, in zahlreichen Fällen unmöglich zu überprüfen, ob oder wieviele Eier sich darin befinden (NIEKISCH 1995). Aus eigenen Erfahrungen weiß ich, daß eine derartig vollständige Erfassung im Freiland und selbst im Terrarium nur unter einem enormen Aufwand möglich ist.

Trotzdem sind für Weibchen immer wieder Daten zur Gelege- und Laichballengröße sowie der Gesamteianzahl pro Saison veröffentlicht worden. Sie beruhen zum einen auf Beobachtungen im Freiland sowie im Terrarium und zum anderen auf der Sektion weiblicher Tiere. Zur Zeit wird eine mögliche Höchstzahl von 120-300 Eiern pro Jahr für Weibchen angenommen (STOLK 1989, NÖLLERT & NÖLLERT 1992, BARANDUN 1995, NIEKISCH 1995, NÖLLERT & GÜNTHER 1996). HILLENUS (1972), KAPFBERGER (unveröff.) und RZEHAK (unveröff.) geben durchschnittlich 100 Eier pro Jahr an, wobei KAPFBERGER (unveröff.) nach Sektion eines großen Weibchens, das im August gefangen wurde, ca. 120 und RAFINSKA (zit. in SZYMURA & BARTON 1986) vermutlich auch nach ovarieller Bestimmung der Eianzahl im Schnitt 116 und als Höchstzahlen 204, 233 und 294 Eier gefunden haben. BOLLMANN & TSCHANDER (unveröff.) entdeckten bei seziierten Weibchen eine Zahl von 225-295 pigmentierten Eiern in den Ovarien und Ovidukten sowie zusätzlich ca. 100 Eier jungen Reifegrades in den Ovarien. Sie schloßen daraus, daß *Bombina variegata* potentiell 220-300 Eier pro Saison legen kann. RECKER (1979) fand im Terrarium für ein adultes Weibchen 225 Eier in einer Fortpflanzungssaison.

In der älteren Literatur wird durchweg angegeben, daß Gelbbauchunken mehrfach im Jahr ablaichen können (MERTENS 1952, RAFINSKA 1991). Die meisten Autoren gehen heute allerdings davon aus, daß ein Großteil der Unkenweibchen nur einmal jährlich ablaicht. Während KAPFBERGER (1984) der Meinung ist, daß in den Populationen im Raum Nürnberg jedes adulte Weibchen nur einmal jährlich Eier ablegt, fand SEIDEL (1988) bei einer österreichischen Population im Waldviertel 5% mehrfach verpaarte Weibchen, wobei ein Tier dreimal im Amplexus gefunden wurde. Er geht allerdings davon aus, daß er nicht sämtliche Verpaarungen beobachten konnte. BARANDUN (1995) ermittelte für eine Population in der Umgebung von Zürich ein wiederholtes Ablaichen während einer Saison bei rund 12% der Weibchen. Andererseits hat ein jährlich schwankender Teil der weiblichen Tiere nicht jedes Jahr an der Fortpflanzung teilgenommen (BARANDUN 1995). BESHKOV & JAMESON (1980) gehen davon aus, daß die Weibchen von *Bombina variegata* in einem Primärhabitat (Flußlauf) in Rumänien nur alle drei Jahre ablaichen. Inwieweit sich Männchen mehrfach pro Saison verpaaren, ist weitgehend unbekannt. Lediglich SEIDEL (1996) erwähnt, daß er zwei mehrfach verpaarte Männchen während seiner Untersuchung gefunden hat, und BARANDUN (1995) betont, daß er nie männliche Mehrfachverpaarungen innerhalb einer Saison entdecken konnte.

Für die Gelegegröße (ein Gelege besteht in der Regel aus mehreren Laichballen) gibt SEIDEL (1988) aus dem Freiland im Schnitt 40,6 (Maxima: 104, 102, 98, 88) und RECKER (1979) im Terrarium 25-40 Eier an. BARANDUN (1995) fand als geringste Zahl vier und als höchste 240 Eier, die aber wahrscheinlich von zwei

Weibchen stammten. RAFINSKA (1991) ermittelte nach Injektion von Gonadotropin bei polnischen Gelbbauchunken eine mittlere Gelegegröße von 150 Eiern, mit einem Minimum von drei und einem Maximum von 339 Eiern, und BIRKENMEIER (1954) fand im Labor beim Ablaihen 156-171 Eier. Die Größe der einzelnen Laichballen eines Geleges liegt generell zwischen 1-60 (KAPFBERGER (unveröff.), BOLLMANN & TSCHANDER (unveröff.), NÖLLERT & NÖLLERT 1992, BARANDUN 1995) und im Schnitt bei 17,4 Eiern (RAFINSKA 1991). Mit 66 Eiern fand FELLEBERG (1974) den größten zusammenhängenden Laichballen.

Die Laichzeit wird für die Gelbbauchunke allgemein für Mitte April bis Anfang August angegeben (FELLEBERG 1974, KAPFBERGER 1984, GRUSCHWITZ 1990, SEIDEL 1988, 1993, LAAN & VERBOOM 1994, BARANDUN 1990, 1995), kann aber je nach Region und Klima jährlich schwanken (NÖLLERT & NÖLLERT 1992). Extreme fanden NIEKISCH (1995) mit den frühesten Laichterminen am 23.4.1979 sowie am 22.4.1983, PLYTYCZ & BIGAJ (1984), die für eine Population in Südost-Polen den Beginn der Fortpflanzungszeit mit Mitte April angeben, und LAAN & VERBOOM (1986), die bei einer niederländischen Population in Zuid-Limburg 1985 den ersten Laich erst am 7. Juni feststellten. Als spätestes Datum gibt BLAB (1986) für die Umgebung von Bonn eine Laichzeit bis Mitte August an, während RÜHMEKORF (1958) zwischen 1952-1955 bei Frankfurt Fortpflanzungsperioden beobachtete, die nur bis zum 25. Juni andauerten.

Nun stellte sich für mich die Frage, wie oft Weibchen in wie großen Abständen wie viele Eier innerhalb einer Saison legen können. Wenn ein Weibchen tatsächlich mehrmals ablaihen kann und das Ablaihen von den klimatischen Bedingungen und vom Ernährungsstand abhängt, müßte die in neuerer Zeit aufgestellte These, daß innerhalb eines Gelbbauchunkenhabitats mehrere Populationen bestehen, die zu verschiedenen Zeitpunkten ablaihen (NÖLLERT & GÜNTHER 1996), relativiert werden. Diese Annahme wird damit begründet, daß bei den Untersuchungen von MÖLLER (unveröff.) an einer thüringischen Unkenpopulation die Verteilung der jährlichen Erstfänge zeigte, daß die „Tümpelbesetzungen“ permanent wechseln.

Eine weitere Frage war, ob Männchen mehrmals in einer Saison an Verpaarungen beteiligt sein können und wenn, ob es einzelne, besonders erfolgreiche Tiere gibt. Dies würde wiederum gegen die These von NÖLLERT & GÜNTHER (1996) sprechen.

Auch wenn Daten aus dem Freiland für solche Untersuchungen normalerweise bevorzugt werden sollten, da sie den natürlichen Gegebenheiten entsprechen, können jedoch gerade im Bereich der Reproduktionsfähigkeit von Weibchen und Männchen Untersuchungen im Terrarium aus oben genannten Gründen bessere Aufschlüsse über die Gesamteizanzahl pro Saison sowie über potentielle Gelege- und Laichballengrößen bringen.

2 Material und Methode

Meine hier verwendeten Gelbbauchunken gehörten ausschließlich der Unterart *Bombina variegata variegata* an. Zum einen erhielt ich im Sommer 1994 neun juvenile Tiere von einem Züchter in Nordrhein-Westfalen (NRW). Die Elterntiere stammten ursprünglich aus einem Steinbruch bei Soest (S. RADING, pers. Mitt.). Später stellte sich heraus, daß es sich um zwei Weibchen und sieben Männchen handelte. Zum anderen wurden mir im Frühjahr 1995 aus dem Alpenzoo Innsbruck zwei Weibchen und zwei Männchen überlassen, die zu diesem Zeitpunkt 3-5 Jahre alt waren (pers. Mitt. eines Alpenzoo-Mitarbeiters). Sie wurden im Alpenzoo

aufgezogen und stammten entweder direkt aus der Umgebung von Innsbruck oder waren Nachkommen dieser Tiere. Diese Unken repräsentieren den Typus der zwischen Innsbruck und Passau vorkommt (M. MARTYS, pers. Mitt.). Zur Unterscheidung der einzelnen Tiere wurden mit Hilfe eines Akku-betriebenen Taschenkopierers „Porta Copy“ der Firma Silver Reed, wie er bei MÜLLNER (1992) beschrieben wird, Bilder der Bauchfleckenmuster gemacht. Die Zeichnung auf der Körperunterseite ist bei Gelbbauchunken individuell verschieden und kann zur Wiedererkennung genutzt werden (LAAN & VERBOOM 1986, SEIDEL 1988, JAHN et al. 1996).

Die aus NRW stammenden Tiere wurden seit dem Frühjahr 1995 in einem Terrarium der Maße 100×40×50 cm gehalten, während die aus Tirol stammenden Unken in einem kleineren Terrarium mit den Maßen 80×35×40 cm untergebracht waren. Beide Terrarien waren mit feinem Aquariensand sowie einem kleinen Anteil feinem Aquarienkies ausgefüllt. Sie waren etwa zur Hälfte in Wasser- und Landteil gegliedert. Auf dem Landteil befanden sich einige Wurzeln, Rinden und halbierte Tontöpfe, die als Unterschlupf dienten. Die Bepflanzung bestand ausschließlich aus Moosen. Der Wasserteil war zwischen 10-15 cm hoch und enthielt Hornkraut (*Ceratophyllum* sp.) sowie vereinzelt auf der Wasseroberfläche Kleine Wasserlinsen (*Lemna minor*). Das Wasser wurde ständig mit lauwarmem Leitungswasser aufgefüllt.

Die Terrarien waren in einem Zimmer bei Würzburg untergebracht, dessen nach Nordwesten gerichtetes Fenster im Jahr so lange gekippt war, bis die Außentemperaturen unter 10 °C absanken, danach wurde das Fenster nur noch nachts geöffnet, während es tagsüber geschlossen blieb. Aufgrund des geöffneten Fensters lagen die Temperaturen im Zimmer zumeist 2 °C über den Außentemperaturen, an heißen Tagen aber auch bis zu 5 °C darunter. Die Beleuchtung bestand bei dem größeren Terrarium aus einer 18-Watt-Neonleuchte und bei dem kleineren aus einer 13-Watt-Neonleuchte. Die Beleuchtungsdauer richtete sich weitgehend nach den natürlichen Gegebenheiten, wobei aber nie 14 h überschritten wurden.

Gefüttert wurden die Tiere 1-3mal in der Woche hauptsächlich mit Stubenfliegen (*Musca domestica*) und Wachsmottenlarven (*Galleria mellonella*), die besonders gerne gefressen wurden. Daneben wurden aber auch Grillen, diverse Mücken und deren Larven, Nachtfalter und deren Larven, Regenwürmer, Mehlwürmer, Tubifex, Florfliegen sowie Fruchtfliegen verfüttert.

Die Gelbbauchunken aus NRW wurden im Winter 1994/95 von Anfang Dezember bis Anfang Januar und 1995/96 von Anfang Dezember bis Anfang Februar in einem Kühlschrank bei 2-8 °C ohne Futtergabe überwintert. Die Unken aus Tirol wurden im Winter 1994/95 zwischen Oktober und März im Terrarium des Alpenzoos ohne Nahrung bei Außentemperaturen gehalten, während sie im Winter 1995/96 zusammen mit den NRW-Tieren über zwei Monate im Kühlschrank überwinterten. Vor der Einwinterung wurden die Unken eine Woche lang nicht mehr gefüttert und bekamen einen Tag zuvor ein „Bad“ mit 30 °C warmem Wasser, um ihren Darm zu entleeren.

Die Kopf-Rumpf-Länge (KRL) der Tiere wurde mit Hilfe eines Geodreiecks auf 1 mm genau zum Beginn (Anfang April) und zum Ende (Mitte August) einer Fortpflanzungsphase bestimmt. Dabei wurden die Tiere mit dem Rücken auf ein Blatt Papier gelegt und mit einem Finger auf deren Bauch gedrückt, bis sie ruhig blieben (Abb. 1).

Bei Verpaarungen wurden die Weibchen während des Amplexus aufgrund ihres Bauchmusters bestimmt. Die männlichen Tiere konnten fast immer am Habitus

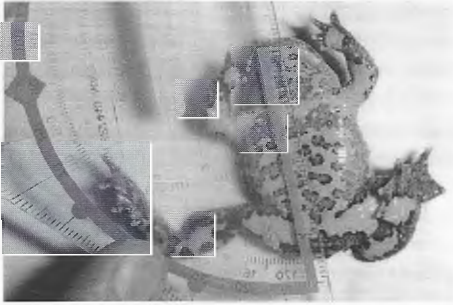


Abb. 1. Männchen H aus Tirol bei einer KRL-Messung mit Hilfe eines Geodreiecks (20.2.1997).

Snout-vent length measurement of male H from Tyrol with the aid of a ruler (20.2.1997).

(Zeichnung und Farbe der Oberseite, Größe, Dicke etc.) erkannt werden. Fanden an einem Abend mehrere Amplexi in einem Terrarium statt, wurden die beteiligten Pärchen in verschiedenen Behältern untergebracht. Die Eier bzw. Laichballen wurden am auf die Eiablage folgenden Tag gezählt und konnten den jeweiligen Weibchen sowie zumeist auch den beteiligten Männchen zugeordnet werden.

Statistische Tests wurden fast ausschließlich auf das Jahr 1996 angewendet, da im Jahr zuvor die Stichprobe zu gering war. Es wurden der Spearman Rank Korrelationstest und der Vorzeichentest verwendet.

3 Ergebnisse

Die Fortpflanzungsperiode ist in Abbildung 2 dargestellt. Sie reichte 1995 bei den Tiroler Tieren vom 8.6.-3.8. und bei den nordrhein-westfälischen vom 25.6.-7.8. Im Jahr 1996 gab es den ersten Laich bei ersteren am 14.4. und den letzten am 5.8., ferner bei den Soester Tieren am 7.4. und ebenfalls am 5.8. Die Laichzeiten waren also unter fast gleichen Haltungsbedingungen für die Tiere beider Populationen sehr ähnlich.

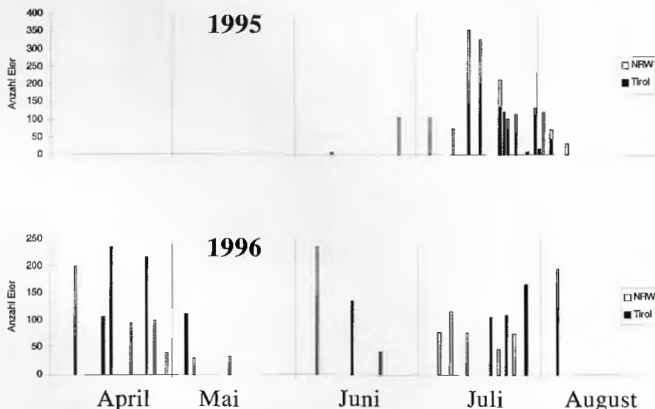


Abb. 2. Laichzeiten und -mengen für 1995 sowie 1996. Die weißen Balken stellen die Laichgegebenheiten der nordrheinwestfälischen und die schwarzen Balken die der Tiroler Tiere dar.

Periods of egg-deposition and number of eggs in 1995 and 1996. The white bars represent animals from Northrhine-Westfalia and the black ones animals from Tyrol.

Die Zahl der Eier, die ein Weibchen pro Saison abgelaicht hat, schwankte sehr stark und lag bei 561 ± 433 (Mittelwert \pm Standardabweichung; Minimum: 165; Maximum: 1331; Tab. 1). Sie hing nicht von der KRL des Tieres ab (Spearman Rang Korrelation für 1996: $t = 0,545$, $\alpha = 0,624$; $n = 5$). Die Anzahl der Gelege pro Saison lag bei 7 ± 4 (Minimum: 1; Maximum: 13; Tab. 1) und hing ebenfalls nicht von der KRL ab (Tab. 1) (Spearman Rang Korrelation für 1996: $t = 0,00$, $\alpha = 1,000$; $n = 5$).

Nur ein geringer Anteil der Eier war infertil oder verpilzt. Er lag bei ca. 3%, wobei ein Gelege vollständig unbefruchtet war.

Die Abstände zwischen den einzelnen Gelegen eines Weibchens betrug 1995 im Median 4 und 1996 8 Tage (Tab. 2). Am häufigsten waren dabei Abstände von 7-9 Tagen. In drei Fällen wurde auch direkt am folgenden Tag erneut abgelaicht.

Von den Weibchen wurden im Schnitt $90,1 \pm 39,7$ Eier pro Gelege abgesetzt. Die größten Gelege bestanden aus 235, 235, 217, 200 Eiern, das kleinste aus einem Ei. Auch die Zahl der Eier pro Gelege hing nicht von der KRL ab (Spearman Rang Korrelation für 1996: $t = 1,300$, $\alpha = 0,285$; $n = 5$). Die Gelege waren für jedes der Weibchen 1996 im Schnitt größer als 1995 (Tab. 3), jedoch kann der Unterschied aufgrund der geringen Stichprobenzahl nicht abgesichert werden (Vorzeichenstest: $d = 0,0625$; $n = 4$).

Einzelne Laichballen bestanden aus 1-92 Eiern (Maxima: 92, 90, 76, 65, 36, 34), meist aber aus 1-15 Eiern. Der Durchschnitt lag bei 3,5 Eiern, wenn alle Laichballen einbezogen wurden, und bei 8,2 Eiern, wenn Ballen mit einem oder zwei Eiern ausgespart wurden.

Im kleineren Terrarium war überwiegend eines der beiden Männchen, das nur 1 mm länger war als das andere, aber kräftiger zu sein schien und eine wesentlich lautere Stimme hatte, an den Verpaarungen beteiligt. Im größeren Terrarium waren hauptsächlich zwei der sieben Männchen beteiligt. Hierbei handelte es sich zwar um eines der kleinsten Männchen mit 37 mm (KRL), das aber nach meinem subjektiven Empfinden zu den kräftigsten und stimmungswaltigsten zählte, und das größte Männchen (46 mm). Die Höchstzahl von erfolgreichen Amplexi eines

Weibchen	Zahl der Eier/Saison			Anzahl Gelege/Saison		
	1995	1996	1995+1996	1995	1996	1995+1996
NRW 1		202	202		3	3
NRW 2	694	1197	1891	11	13	24
NRW 3	298	244	542	6	4	10
TY 4	390	165	555	5	1	6
TY 5	531	1331	1862	7	10	17
Summe	1913	3139	5052	29	31	60
MW	478,25	627,80	561,33	7,25	6,20	6,67
SD	$\pm 172,82$	$\pm 583,37$	$\pm 433,10$	$\pm 2,63$	$\pm 5,07$	$\pm 3,97$

Tab. 1. Gesamtzahl der Eier und Anzahl der Gelege aller weiblichen Tiere für die Jahre 1995 und 1996. Die Weibchen 1-5 sind der Größe nach angeordnet. NRW = Nordrhein-Westfalen; TY = Tirol; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung.

Total number of eggs and number of clutches of each reproducing female in 1995 and 1996. The females 1-5 are arranged by size. NRW = Northrhine-Westfalia; TY = Tyrol; MW = mean; SD = standard deviation.

Weibchen	1995	1996
NRW 1		10
NRW 2	4,5	7,5
NRW 3	4	9
TY 4	3,5	
TY 5	4	9
M	4	8

Tab. 2. Zeitliche Abstände in Tagen zwischen den einzelnen Gelegen der Weibchen für 1995 und 1996 (NRW = Nordrhein-Westfalen; TY = Tirol; M = Median).

Time intervals [days] between single clutches of females in 1995 and 1996 (NRW = Northrhine-Westfalia; TY = Tyrol; M = median).

Weibchen	Gelegegröße			
	1995	1996	1995+1996	Maximum
NRW 1		67,3±42,3	67,3±42,3	116
NRW 2	63,1±33,8	92,1±72,9	77,6±59,1	235
NRW 3	49,7±32,1	61,0±20,5	55,4±27,3	103
TY 4	78,0±50,8	165,0±0,0	121,5±57,7	165
TY 5	75,9±53,5	133,1±56,3	104,5±60,8	235

Tab. 3. Mittlere Eianzahl pro Gelege der Weibchen in den Jahren 1995 und 1996 sowie die höchste aufgetretene Eizahl/Gelege (NRW = Nordrhein-Westfalen; TY = Tirol).

Mean clutch size of females in 1995 and 1996, as well as the observed maximum number of eggs/clutch (NRW = Northrhine-Westfalia; TY = Tyrol).

Männchens innerhalb einer Saison lag bei 11 (Tab. 4). Im Jahr 1995 hat dieses Männchen (H) im Schnitt alle 2,4 Tage mit verschiedenen Weibchen befruchtete Gelege produziert.

4 Diskussion

Die Fortpflanzungszeiten der Terrarientiere stimmten im Untersuchungszeitraum weitgehend mit den natürlichen überein. So laichten 1995 in einem Steinbruch bei Würzburg Gelbbauchunken vom 26.5.-30.7. ab (S. BÖLL, pers. Mitt.). Der frühe Laichbeginn der Terrarientiere im April 1996 ist darauf zurückzuführen, daß dieser Monat relativ warm war. Es liegen zwar keine Daten für das Jahr 1996 aus dem Freiland vor, doch liegt dieser Zeitpunkt vermutlich vor dem natürlichen, da S. BÖLL (pers. Mitt.) in den Jahren 1990-1995 in ihrer Population nie vor dem 5. Mai Laich entdecken konnte. Allerdings sind in anderen Populationen ähnlich frühe Laichabgaben beobachtet worden (s. Einleitung). Wenn man berücksichtigt, daß

Männchen	Zahl der Verpaarungen	
	1995	1996
NRW B	–	8
NRW C	7	4
NRW G	1	–
TY H	11	4
TY I	1	2

Tab. 4. Anzahl der Verpaarungen von Männchen während der Fortpflanzungsperioden 1995 bzw. 1996 (NRW = Nordrhein-Westfalen; TY = Tirol).

Number of matings per male during 1995 and 1996 (NRW = Northrhine-Westfalia; TY = Tyrol).

die Soester Tiere im Sommer 1995 erst einjährig waren und erst im Laufe der Saison geschlechtsreif wurden, dann kann das ansonsten gute Übereinstimmen der Laichzeiten der nordrhein-westfälischen und Tiroler Tiere ein Hinweis darauf sein, daß es keine populationspezifisch unterschiedlichen, endogenen Laichphasen gibt.

Beachtlich war das Reproduktionsvermögen eines Weibchens, das im August 1995 metamorphosierte und nach einer dreimonatigen Überwinterung schon am 8.7.1996 ein Gelege von 116 Eiern produzierte.

Die Eier wurden in meinen Terrarien den Literaturangaben entsprechend (u.a. HEINEMANN 1989, GRUSCHWITZ 1990, NIEKISCH 1995) fast ausschließlich in mehreren Laichballen an Pflanzen abgelegt. Am Boden fanden sich zwar immer einzelne oder zu zweit zusammenhängende Eier, jedoch halten die Eier von *Bombina variegata* oft schlecht zusammen (RECKER 1979), und es ist daher schwer zu entscheiden, ob die Eier einzeln abgelegt wurden oder sich von größeren Laichballen abgelöst haben (RAFINSKA 1991). Die durchschnittlich geringe Zahl von Eiern pro Ballen in meiner Untersuchung ist auf die hohe Anzahl von einzelnen Eiern zurückzuführen. Aufgrund des schlechten Zusammenhaltens der Eiballen und der starken Aktivität des Paares sowie der übrigen Unken in den relativ kleinen Terrarien, sind wahrscheinlich oft einzelne Eier von größeren Laichballen abgebrochen. Von 1436 Laichballen bestanden 789 nur aus einem Ei. Wenn man die Ballen mit einem oder zwei Eiern vernachlässigt, erhält man eine durchschnittliche Eianzahl von acht Eiern. Diese Zahl ist wahrscheinlich zu niedrig, da vereinzelt auch größere Laichballen auseinandergebrochen sind, und dürfte daher eigentlich näher an den Werten von RAFINSKA (1991) liegen. Die hauptsächlich gefundene Laichballengröße von 1-15 Eiern entspricht JEDICKES (1992) Angaben. Die besonders großen Ballen aus 92 und 90 Eiern dürften auf Platzmangel zurückzuführen sein, da zur Zeit der Laichabgabe nur relativ wenige Pflanzen im Wasserteil vorhanden waren, entsprechen aber den Angaben von BLAB & VOGEL (1989) sowie STOLK (1989), nach denen ein Laichballen bis zu 100 Eier enthalten kann.

Die Eizahl pro Saison überstieg mit durchschnittlich 561 Eiern alle bisher veröffentlichten Daten. Vor allem zwei Weibchen waren für diese hohe Eianzahl verantwortlich. Ein Tier stammte aus Nordrhein-Westfalen und das andere aus Tirol. Ersteres legte 694 (bei einer KRL zwischen 34 und 37 mm) im Jahr 1995 und 1197 Eier (KRL: 39-43 mm) im Jahr 1996, letzteres 531 (bei einer KRL von 51 mm) und 1331 (KRL: 51-52 mm) Eier. Dies widerspricht den Literaturangaben, daß Gelbbauchunken in einer Laichsaison nicht mehr als 120-300 Eier (s. Einleitung) ablegen können. Auch die bisher gefundenen Maxima von 339 Eiern nach Injektion von Gonadotropin (RAFINSKA 1991) sowie die von BOLLMANN & TSCHANDER (unveröff.) nach Sektion festgestellten 295 Eier plus ca. 100 Eier jungen Reifegrades, die wahrscheinlich nicht mehr zur Reifung innerhalb derselben Saison gelangt wären, reichen nicht annähernd an diese Zahlen heran. S. BÖLL (pers. Mitt.) hat bei der Sektion von fünf Weibchen aus ihrer Population in der Nähe von Würzburg am 30.5.1990 bei einem 43 mm großen Weibchen 399 Eier in den Ovarien festgestellt, wovon 356 dotterhaltig waren, was heißt, daß sie mit aller Wahrscheinlichkeit noch im gleichen Jahr zur Reife gelangt wären. Letzteres legt nahe, daß auch im Freiland möglicherweise höhere Eizahlen pro Saison vorkommen können, aber bisher wegen geringen Stichprobenzahlen und methodischen Schwierigkeiten nicht erfaßt werden konnten. Solch hohe Gesamteizahlen sind innerhalb einer Fortpflanzungssaison bisher nur von *Bombina bombina* (RAFINSKA 1991) und *Bombina orientalis* (KAWAMURA et al. 1972) bekannt.

Bei den hohen beobachteten Eizahlen können Zuchteffekte kaum eine Rolle gespielt haben, da sie bei Tieren aus beiden Populationen auftraten und die Tiroler Weibchen entweder direkt aus dem Freiland oder der F_1 -Generation stammten. Außerdem spielte die Infertilität der Eier in dieser Untersuchung ebenfalls kaum eine Rolle. Die Infertilitäts- und Verpilzungsrate betrug bei den 5052 Eiern aller weiblichen Tiere nur ca. 3% und war bei den Weibchen, die die meisten Eier produziert hatten, noch geringer. Dies entspricht den Freilandergebnissen von BARANDUN (1995), der bei einer Population in der Nähe von Zürich bei 3087 Eiern eine Rate von 2,8% feststellte.

Interessanterweise hing die Zahl der Eier pro Saison, entgegen den Vermutungen von RZEHAKE (unveröff.), bei meinen Tieren nicht mit der KRL zusammen. Zum selben Ergebnis kam SEIDEL (1988), der als Begründung anführte, daß es keiner großen Körpermaße bedarf, da jeweils nur eine kleine Anzahl von Eiern zur Ovulation gelangt und pro Gelege abgelegt wird. Bei der Anzahl Eier pro Gelege konnte ebenfalls keine Abhängigkeit von der KRL festgestellt werden, was damit den Befunden von KAPLAN (1987) bei *Bombina orientalis* entspricht. KAPLAN & SALTHER (1979) entdeckten bei verschiedenen Salamanderarten (*Ambystoma opacum*, *A. maculatum*, *A. tigrinum*), daß inner-, wie auch zwischenartlich mit der Körpergröße auch die Zahl der Eier eines Geleges steigt. Es wird angeführt, daß bei steigender Körpergröße auch die Größe der Ovarien und damit die Größe und Zahl an Eiern zunimmt. Diese Annahmen beziehen sich allerdings nur auf den Umfang von Gelegen, aber nicht auf die Gesamtzahl von Eiern innerhalb einer Saison. Nach KAPLAN & COOPER (1984) steigt mit der Körpergröße der Weibchen auch die Größe der Eier. In ihrer Untersuchung an *Taricha torosa* waren Larven aus größeren Eiern während ihrer gesamten Entwicklungszeit größer und entwickelten sich schneller als Larven aus kleinen Eiern, wodurch sie ein geringeres Predationsrisiko besaßen. Daraus läßt sich ableiten, daß einer größeren Körpergröße der Weibchen auch eine höhere Nachkommenzahl folgt. Diese Theorie mag auf Arten, die sich nur einmal im Jahr vermehren, zutreffen, ist aber bei der Gelbbauchunke fraglich, da die Zahl der Eier pro Saison den Effekt der Eigröße überspielen könnte. Auch konnte KAPLAN (1987) bei *Bombina orientalis* keine signifikante Kovariation zwischen Eigröße und Anzahl gelegter Eier feststellen.

Grundsätzlich ist bekannt, daß Weibchen mehrere Gelege in einem Jahr legen können (s. Einleitung). Die Zahl von durchschnittlich sieben Gelegen bei den fünf untersuchten Weibchen (Tab. 1) zeigt, daß mehr als zwei oder drei Gelege pro Saison, wie sie zum Beispiel SEIDEL (1988) im Freiland fand, von *Bombina variegata* abgelaidet werden können. Auch RECKERS (1979) Terrarienbeobachtungen ergaben höhere saisonale Gelegezahlen für die Weibchen. Die Abstände zwischen den einzelnen Gelegen betragen in meiner Untersuchung im Median sechs Tage, waren aber 1995 mit im Median vier Tagen wesentlich kürzer als 1996 mit acht Tagen (Tab. 2). Letzteres könnte ein Hinweis darauf sein, daß die Zeit zwischen den Gelegen mit der Dauer der Fortpflanzungsphase, die 1995 fast zwei Monate kürzer war, zusammenhängt. Es ist aber eher wahrscheinlich, daß die Witterung (Lufttemperatur, -feuchte, -druck), die aufgrund des offenen Fensters sicherlich einen Einfluß hatte, im Laichzeitraum 1995 konstant günstiger gewesen ist.

Entsprechend den Befunden von RECKER (1979) waren über den gesamten Untersuchungszeitraum am häufigsten Abstände von 7-9 Tagen zwischen den einzelnen Laichereignissen zu finden, und die Abstände wurden mit Voranschreiten der Laichperiode größer. SEIDEL (1988) fand bei der österreichischen Population im Waldviertel ein Weibchen, das sich an zwei aufeinanderfolgenden Tagen

mit zwei verschiedenen Männchen paarte und weitere Mehrfachverpaarungen in Abständen von 10-54 Tagen.

Die mittlere Gelegegröße von 90 Eiern lag in dieser Untersuchung höher, als von anderen Autoren beobachtet wurde (s. Einleitung). Auch Maxima von über 200 Eiern wurden zuvor nicht beschrieben. Nur BARANDUN (1995) fand 240 Eier, die allerdings von zwei Weibchen stammen konnten. Er geht davon aus, daß ein Gelege mit mehr als 200 Eiern unwahrscheinlich ist. In meinen Terrarien waren derart große Gelege zwar auch Ausnahmen, konnten aber bei zwei der fünf Weibchen gefunden werden (Tab. 3). S. BÖLL (pers. Mitt.) fand im Schnitt 72 Eier pro Gelege (Maxima: 157, 137) bei ihrer Population in der Nähe von Würzburg, was ebenfalls dafür spricht, daß im Freiland Gelege mit über 200 Eiern vermutlich sehr selten sind.

Die Zahl der Eier und der Gelege innerhalb einer Fortpflanzungssaison nahm für zwei Weibchen von 1995 auf 1996 zu und für die anderen beiden ab (das fünfte Weibchen hat 1995 metamorphosiert und 1996 erstmals an der Fortpflanzung teilgenommen) (Tab. 1). Die beiden erfolgreicheren Weibchen produzierten auch wesentlich mehr Eier innerhalb einer Saison. Da sie auf verschiedene Terrarien verteilt waren, befand sich in jedem Terrarium ein Weibchen mit hohen und eines mit geringen Ei- und Gelegezahlen. Die Indizien sind zwar sehr schwach, aber vielleicht könnte dies ein Hinweis darauf sein, daß es dominante Weibchen gibt, die bei Platzmangel schwächere weibliche Tiere bei der Eiablage unterdrücken oder behindern.

Für Männchen wurde Territorialverhalten unter anderem von LÖRCHER (1969), SEIDEL (1988) und NIEKISCH (1995) belegt. Erstmals konnte ich zeigen, daß männliche Gelbbauchunken fähig sind, sich häufiger als zweimal pro Saison zu verpaaren. In Tabelle 4 ist zu sehen, daß dies für Männchen beider Populationen zutraf. Bestimmte Männchen waren fast während der gesamten Saison aktiv und an fast allen produzierten Gelegen beteiligt, während andere Männchen überhaupt nicht oder nur ein- bis zweimal pro Saison zur Fortpflanzung kamen. Dies deutet darauf hin, daß einzelne Tiere, bei denen es sich nach meinen Beobachtungen nicht generell um die größten, aber kräftigsten und lautstärksten handelte, dominanter sind und schwächere Individuen unterdrücken. Schwächere Männchen wurden im Terrarium, sobald sie sich in den Wasserteil begaben, von den dominanten, paarungswilligen Männchen angeschwommen, umklammert und unter Wasser gedrückt, wie es auch von NIEKISCH (1995) beschrieben wurde.

Meine Untersuchungen haben außerdem gezeigt, daß Gelbbauchunken – und zwar Weibchen und Männchen – ein wesentlich höheres Fortpflanzungspotential haben, als dies bisher angenommen wurde. Leider scheint sich mit Ausnahme von RECKER (1979) bisher keiner, der Gelbbauchunken hält und züchtet, die Mühe gemacht zu haben, die abgelaichten Eier einzelner Weibchen zu zählen.

Die Frage, inwieweit *Bombina variegata* dieses Potential im Freiland ausnutzt oder eine solche Fekundität überhaupt erreichen kann, ist meiner Meinung nach noch weitgehend offen und müßte in einer entsprechenden Freilandstudie geklärt werden. Nach KAPLAN (1987, 1992) und KAPLAN & KING (1997) haben die Temperatur und der Futterzustand einen Einfluß auf die Eigröße und Eizahlen von weiblichen *Bombina orientalis*. Bei höheren Temperaturen und öfteren Futtergaben steigt die Zahl der Eier. In meinen Untersuchungen war die Temperatur nur geringfügig höher als im Freiland (s. Material und Methode). Der Futterzustand der Tiere war allerdings, wenn man von der etwas eintönigen Nahrung einmal absieht, höchstwahrscheinlich besser als dies im natürlichen Habitat der Fall gewesen wäre.

Zusätzlich können die hohen Ei- und Gelegezahlen auch durch das Wegfallen der Notwendigkeit von großen Ortsveränderungen (HENLE, pers. Mitt.) und durch geringeren Stress aufgrund von geringerem Predationsrisiko bedingt sein.

Danksagung

Ich bin Herrn M. MARTYS dankbar, daß er mir Tiere aus dem Alpenzoo in Innsbruck zur Verfügung gestellt hat. Zum anderen gilt HELGA KESTING mein Dank, die mir jederzeit ermöglichte, Futtertiere über den Lehrstuhl Zoologie III der Universität Würzburg zu beziehen. Ganz besonders danken möchte ich allerdings SUSANNE BÖLL, die mich nicht nur zum Schreiben dieses Artikels angeregt und das Skript durchgesehen hat, sondern mir auch jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite stand. Den Herren KLAUS HENLE und JOACHIM KUHN möchte ich für die Anmerkungen zum Manuskript danken.

Literatur

- BARANDUN, J. (1990): Reproduction of yellow-bellied toads *Bombina variegata* in a man-made habitat. – *Amphibia-Reptilia*, Leiden, **11**: 277-284.
- (1995): Reproductive ecology of *Bombina variegata* (Amphibia). – Dissertation, Univ. Zürich.
- BESHKOV, V.A. & D.L. JAMESON (1980): Movement and abundance of the yellow-bellied toad *Bombina variegata*. – *Herpetologica*, Lawrence (Kans.), **36**: 365-370.
- BIRKENMEIER, E. (1954): Beobachtungen zur Nahrungsaufnahme und Paarungsbiologie der Gattung *Bombina*. – *Verh. Zool. Ges. Wien*, **94**: 70-81.
- BLAB, J. (1986): Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien. – Greven (Kilda Verlag).
- BLAB, J. & H. VOGEL (1989): Amphibien und Reptilien: Kennzeichen, Biologie, Gefährdung. – München (BLV).
- FELLENBERG, W.O. (1974): Zwei große Vorkommen der Gelbbauchunke, *Bombina variegata variegata* (L., 1758), im Kreis Altenkirchen. *Dortmunder Beitr. Landeskunde (Naturwiss. Mitt.)* **7**: 37-46.
- GRUSCHWITZ, M. (1990): Untersuchungen zur Besiedlungsstrategie der Gelbbauchunke *Bombina variegata variegata* LINNAEUS, 1758. – Dissertation, Univ. Bonn.
- HEINEMANN, H. (1989): Haltung und Zucht der Gelbbauchunke *Bombina variegata variegata* (LINNAEUS, 1758) und der Rotbauchunke *Bombina bombina* (LINNAEUS, 1761). – *Salamandra*, Bonn, **25**: 272-280.
- HILLENIUS, D. (1972): Vuurpadje. – *Spectrum Dieren encyclopedie* **7**: 2356-2357.
- JAHN, K., H. KNITTER & U. RAHMEI (1996): Erste Ergebnisse einer Studie an der Gelbbauchunke (*Bombina variegata*) in einem natürlichen Habitat im französischen Zentralmassiv. – *Naturschutzreport*, Jena, **11**: 32-46.
- JEDICKE, E. (1992): Die Amphibien Hessens. – Stuttgart (Ulmer).
- KAPFERBERGER, D. (1984): Untersuchungen zu Populationsaufbau, Wachstum und Ortsbeziehungen der Gelbbauchunke, *Bombina variegata variegata* (LINNAEUS, 1758). – *Zool. Anz.*, Jena, **212**: 105-116.
- KAPLAN, R.H. (1987): Developmental plasticity and maternal effects of reproductive characteristics in the frog, *Bombina orientalis*. – *Oecologia*, Berlin, **71**: 273-279.
- (1992): Greater maternal investment can decrease offspring survival in the frog *Bombina orientalis*. – *Ecology*, Washington, D.C., **73**: 280-288.
- KAPLAN, R.H. & W.S. COOPER (1984): The evolution of developmental plasticity in reproductive characteristics: an application of the "adaptive coin-flipping" principle. – *Am. Nat.*, Chicago, **123**: 393-410.
- KAPLAN, R.H. & E.G. KING (1997): Egg size is a developmentally plastic trait: evidence from long term studies in the frog *Bombina orientalis*. – *Herpetologica*, Lawrence (Kan.), **53**: 149-165.
- KAPLAN, R.H. & S.N. SALTRE (1979): The allometry of reproduction: an empirical view in salamanders. – *Am. Nat.*, Chicago, **113**: 671-689.

- KAWAMURA, T., M. NISHIOKA & H. UEDA (1972): Reproduction of the oriental fire-bellied toad, *Bombina orientalis*, with special reference to the superiority of this species as a laboratory animal. – Sci. Rep. Lab. Amphibian Biol., Hiroshima, **1**: 303-317.
- LAAN, R. & B. VERBOOM (1986): De Geelbuikvuurpad (*Bombina variegata*) in Zuid-Limburg. Het kan nog! – Dissertation, Univ. Leiden.
- (1994): De Geelbuikvuurpad in Limburg: Het kan nog steeds! – Natuurhistorisch Maandblad, Maastricht, **83**: 10-18.
- LÖRCHER, K. (1969): Vergleichende bio-akustische Untersuchungen an der Rot- und Gelbbauchunke, *Bombina bombina* (L.) und *Bombina variegata variegata* (L.). – Oecologia, Berlin, **3**: 84-124.
- MERTENS, R. (1952): Welches Tier ist das? Kriechtiere und Lurche. – Stuttgart (Kosmos).
- MÜLLNER, A. (1992): Eine einfache und preiswerte Methode zur Aufnahme der individuellen Bauchmuster von Kammolchen (*Triturus cristatus*) im Gelände mit Hilfe eines Taschenkopierers. – Artenschutzreport, Jena, **2**: 42-44.
- NIEKISCH, M. (1995): Die Gelbbauchunke: Biologie, Gefährdung, Schutz. – Weikersheim (Margraf).
- NÖLLERT, A. & R. GÜNTHER (1996): Gelbbauchunke – *Bombina variegata* (LINNAEUS, 1758). – S. 232-252 in GÜNTHER, R.: Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. – Jena (G. Fischer).
- NÖLLERT, A. & C. NÖLLERT (1992): Die Amphibien Europas: Bestimmung, Gefährdung, Schutz. – Stuttgart (Franckh-Kosmos).
- NÖLLERT, A. & U. SCHEIDT (1993): Rote Liste der Lurche (Amphibia) Thüringens. 1. Fassung, Stand 1992. – Naturschutzreport, Jena, **5**: 29-30.
- PLYTYCZ, B. & J. BIGAJ (1984): Preliminary studies on the growth and movements of the yellow-bellied toad, *Bombina variegata* (Anura: Discoglossidae). – Amphibia-Reptilia, Leiden, **5**: 81-86.
- PODLOUCKY, R. & C. FISCHER (1994): Rote Listen der gefährdeten Amphibien und Reptilien in Niedersachsen und Bremen. 3. Fassung, Stand 1994. – Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen **14**: 109-120.
- RAFINSKA, A. (1991): Reproductive biology of the fire-bellied toads, *Bombina bombina* and *B. variegata* (Anura: Discoglossidae): egg size, clutch size and larval period length differences. – Biol. J. Linn. Soc., London, **48**: 197-210.
- RECKER, W. (1979): Gefangenschaftsnachzucht bei der Gelbbauchunke, *Bombina variegata*. – Elaphe, Berlin, **3**: 28-31.
- RÜHMEKORF, E. (1958): Beiträge zur Ökologie mitteleuropäischer Salientia: I. Abhängigkeit der Laichabgabe von Außenfaktoren. – Z. Morph. Ökol. Tiere, Berlin, **47**: 1-19.
- SEIDEL, B. (1988): Die Struktur, Dynamik und Fortpflanzungsbiologie einer Gelbbauchunkepopulation (*Bombina variegata variegata* L. 1758, Discoglossidae, Anura, Amphibia) in einem Habitat mit temporären Kleingewässern im Waldviertel (NÖ). – Dissertation, Univ. Wien.
- (1993): Bericht aus einer seit 1984 laufenden Studie über eine Gelbbauchunkepopulation *Bombina variegata*: Ein Diskussionsansatz für feldherpetologische Studien. – Salamandra, Bonn, **29**: 6-15.
- (1996): Streifzug durch die Verhaltens- und Populationsbiologie von Gelbbauchunken, *Bombina variegata* (L., 1758) (Anura: Bombinatoridae), in einem Habitat mit temporären Gewässern. – Naturschutzreport, Jena, **11**: 16-31
- STOLK, A (1989): Geelbuikvuurpad. – Het Aquarium, Baarn, **59**: 49-51.
- SZYMURA, J.M. & N.H. BARTON (1986): Genetic analysis of hybrid zone between the fire-bellied toads, *Bombina bombina* and *Bombina variegata* near Cracow in southern Poland. – Evolution, Lawrence (Kan.), **40**: 1141-1159.

Eingangsdatum: 8. Mai 1997

Verfasser: HOLGER BUSCHMANN, Gieshügeler Straße 18, D-97218 Gerbrunn.