

Untersuchungen zum Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von Grasfroschlaich (*Rana temporaria* L.)

Thomas Brockhaus & Enrico Glaser

1. Einleitung

Zu den sogenannten "Frühaichern", welche bereits im Februar mit dem Laichgeschäft beginnen können, zählen vor allem auch die drei heimischen Braunfroscharten Grasfrosch, Moorfrosch und Springfrosch. (z. B. BLAB 1986, FROMMHOLD 1959, GÜNTHER 1996, NÖLLERT & NÖLLERT 1992). Der Grasfrosch hat aufgrund seiner großen ökologischen Anpassungsfähigkeit auch eine große Höhenverbreitungsamplitude, wobei spezielle, auch klimatisch determinierte Anpassungsmechanismen gefunden wurden (MARTIN & MIAUD 1998). Nach dem Abläichen besteht ein hohes Risiko der Einwirkung sehr niedriger Temperaturen während der Embryonalentwicklung. Ein kurzzeitiges Einfrieren von Laich ist möglich. Nachfolgend soll den Fragen nachgegangen werden, ob der Laich des Grasfrosches Schutzmechanismen vor Frosteinwirkungen besitzt und ob unterschiedliche Temperaturverläufe Einfluss auf die Embryonalentwicklung und die frühe Larvalentwicklung haben. Da es zu diesem ökologisch hochinteressanten Thema nach wie vor nur ungenügende Kenntnisse gibt, sollen die Ergebnisse von Untersuchungen, welche bereits im Jahr 1987 durchgeführt wurden, an dieser Stelle mitgeteilt werden.

2. Material und Methoden

Am 06.04.1987 wurden aus einem natürlichen Laichgewässer des Grasfrosches in der Stadt Chemnitz (Altwasser des Chemnitzflusses, siehe BROCKHAUS 1990) Laichballen geholt, die in der Nacht zuvor abgeläicht wurden. Aus ihnen wurden genau sechs mal 100 Eier, jeweils im Ballen zusammenhängend, separiert. Diese wurden in je ein 1-Liter-Glas mit Originalwasser aus dem Laichgewässer gegeben. Ein Glas wurde im Freien unter den Bedingungen der Außentemperaturen, ein zweites Glas sofort in einen Kühlschrank bei konstant 4 °C und ein dritter Versuchsansatz im Zimmer bei ca. 22 °C gehalten. Vierter und fünfter Versuchsansatz wurden jeweils unterschiedlich lang sofort starken Frostgraden ausgesetzt, ehe die Embryonalentwicklung unter den Bedingungen der Außentemperaturen fortgesetzt wurde. Der letzte Versuchsansatz schließlich wurde zwei Tage bei Zimmertemperatur gehalten, ehe er am dritten Tag für 8 h starken Frosttemperaturen ausgesetzt wurde. Die weitere Entwicklung erfolgte bei Zimmertemperaturen (Tab. 1).

Tab. 1 Temperaturbedingungen für sechs verschiedene Versuchsansätze mit je 100 Grasfroscheiern

Versuch Nr.	Bedingungen
1	bei Außentemperaturen (11 - 18 °C)
2	bei konstant 4 °C
3	bei 22 °C
4	1 h bei -20 °C, dann bei Außentemperaturen
5	24 h bei -20 °C (teilweises Einfrieren des Laich), dann bei Außentemperaturen
6	48 h bei 22 °C, dann 8 h bei -20 °C (teilweises Einfrieren des Laich), dann weiter bei 22 °C

Täglich wurden in jedem Versuchsansatz die Veränderungen protokolliert. Der Versuch wurde jeweils beendet, wenn die geschlüpften Larven ihre Außenkiemen verloren hatten (erfolgreiche Entwicklung), bzw. wenn alle Eier oder Larven abgestorben waren. Letzteres hatte immer die Verpilzung der Eier oder der Larven zur Folge (Tab. 2).

Häufigkeitsunterschiede wurden mit dem λ^2 - Vierfeldertest nach ZÖPHEL (1992) auf ihre statistische Signifikanz getestet.

3. Ergebnisse

Der Entwicklungsverlauf von Embryonen und frühen Larvalstadien in den Versuchen ist in Tabelle 2 zusammengefasst dargestellt.

Die Entwicklungszeit der Embryonen über ihren Schlupf bis zum Larvenstadium ohne Außenkiemen war in den verschiedenen Versuchen unterschiedlich lang (Tab. 3). Bei konstant 4 °C war sie länger als unter Freilandbedingungen. Entwicklungstemperaturen von 22 °C führten zu einer signifikant schnelleren Entwicklung als unter Freilandtemperaturen ($\lambda^2 = 8,361$; **).

Tab. 2 Verlauf der Embryonal- und frühen Larvalentwicklung des Grasfrosches von sechs Versuchsansätzen (Nr. 1 bis Nr. 6) in Abhängigkeit von unterschiedlichen Temperatureinwirkungen (E: Embryo; L : Larve; Ak: Aussenkiemen; →E: Ende des Versuches); Beginn der Beobachtung: 6.4.1987; bei Versuch Nr. 1 sind die aufgezichneten Außentemperaturen in () angegeben

Beobachtungstag	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
1	Versuchsansatz (12°C)	Versuchsansatz	Versuchsansatz	Versuchsansatz	Versuchsansatz	Versuchsansatz
2						
3	(18°C)		E kommaförmig		Gallerthülle deformiert	
4	E kommaförmig (10°C)	E kugelförmig	65 L geschlüpft	E kommaförmig		
5	3 Eier verpilzt	einzelne Eier verpilzt	100 L geschlüpft	10 Eier verpilzt	30 E kommaförmig	Gallerthülle deformiert
6	weitere Eier verpilzt (12°C)			15 Eier verpilzt		Gallerthülle löst sich auf
7	weitere Eier verpilzt					alle Eier verpilzt
8			1 L gestorben			→E
9			Rückbildung der Ak	erste L geschlüpft	1 L geschlüpft	
10	(11°C)		→E	20 Eier verpilzt		
11				80 L geschlüpft		
12	19 Eier verpilzt				10 L geschlüpft	
13						
14	81 L geschlüpft			Rückbildung der Ak	26 L geschlüpft	
15	aktive Bewegung der L			→E	Rückbildung der Ak	
16	Rückbildung der Ak				→E	
17	Rückbildung der Ak	E kommaförmig				
18	→E	20 Eier verpilzt				
19	(18°C)					
20						
21		1. L geschlüpft				
22						
23						
24		50 L geschlüpft				
25		60 L geschlüpft				
26		Rückbildung der Ak				
27		→E				

Tab. 2 Entwicklungszeiten der Grasfroschembryonen und -larven bis zur Rückbildung der Außenkiemen und Entwicklungserfolg pro 100 Eier

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
Entwicklungszeit	18 Tage	27 Tage	9 Tage	14 Tage	15 Tage	-
Entwicklungserfolg (in %)	81	60	99	80	26	0

Bei gleichbleibend 4 °C kamen signifikant weniger Tiere zur Entwicklung als bei Zimmertemperaturen ($\lambda^2=4,596$; *) nicht jedoch im Vergleich zu den Versuchsansätzen 1 und 4 unter Bedingungen der Außentemperaturen (Tab. 3).

Kurzzeitige starke Frosteinwirkung auf ungequollene Eier mit teilweise Einfrieren (Versuch Nr. 4) führte nicht zu einem verringerten Entwicklungserfolg im Vergleich zum Versuchsansatz unter Freilandbedingungen. Bei längerer Frosteinwirkung mit völligem Einfrieren der ungequollenen Eier (Versuch Nr. 5) war dieser jedoch hochsignifikant geringer als bei den vier vorhergehenden (Tab. 4). Die Gallerthüllen der Eier wurden hier durch die Frosteinwirkung teilweise zerstört.

Tab.4 Vergleich des Entwicklungserfolges im Versuchsansatz Nr. 5 mit den Versuchen Nr.1 bis 4

Versuch-Nr.	Entwicklungserfolg/100 Eier	Vergleich mit Versuch Nr. 5 (λ^2 -Vierfeldertest, bei einem angenommenem Entwicklungserfolg von 80%)
1	81	$\lambda^2 = 19,945$; ***
2	60	$\lambda^2 = 10,906$; ***
3	99	$\lambda^2 = 27,052$; ***
4	80	$\lambda^2 = 19,529$; ***
5	26	-

Im Versuch Nr. 6 gab es nach der Frosteinwirkung auf die zwei Tage gequollenen Gallerthüllen keinen Entwicklungserfolg. Die Gallerthüllen sowie ein Großteil der Eier wurden deformiert. Die Mortalität betrug hier 100 %. Nach dem Auftauen sammelten sich an der Wasseroberfläche viele Luftbläschen.

4. Diskussion

Nach der Ablage der Laichballen quellen die Gallerthüllen, welche die Eier umschließen, stark auf (SCHLÜPMANN & GÜNTHER 1996). Die ersten ohne Hilfsmittel erkennbaren Entwicklungsstadien der Embryonen sind die Stadien 16 (Neuralröhre, Kopfreion erkennbar) und 18 (kommaförmige Embryonen) nach der Entwicklungstafel von GOSNER (1960, zit. in GROSSE 1994). Nach unseren Untersuchungen ist dies bei hohen Temperaturen unmittelbar nach dem Quellen der Gallerthülle am dritten Tag nach der Eiablage erreicht (Versuch Nr. 3). Bei gleichbleibend niedrigen Temperaturen kann sich diese Phase auf fast 2,5 Wochen hinauszögern und führt zu deutlich höheren Verlusten (Versuch Nr. 2). Interessant ist, dass die Stadien 19 (geschlüpfte Larve mit Außenkiemen) bis 25 (freischwimmende Larve mit geschlossenem Kiemenraum) (GROSSE 1994) in allen erfolgreichen Versuchsansätzen - relativ temperaturunabhängig - etwa in der gleichen Zeitspanne von drei bis fünf Tagen durchlaufen wurden. Besonders temperaturabhängig ist demnach vor allem die Embryonalentwicklung. Auch bei den Untersuchungen von MARTIN & MIAUD (1998) verlangsamte sich die Embryonalentwicklung in Abhängigkeit von den Temperaturschwankungen.

Mehrere Untersuchungen belegen, dass die Gallerthülle in der Lage ist, Wärme zu absorbieren und dadurch im Inneren der Laichballen deutlich höhere Temperaturen herrschen, als im Umland (Zusammenfassung in SCHLÜPMANN & GÜNTHER 1996). Doch offensichtlich gewährt nur die ungequollene Gallerthülle einen Schutz gegen starke Kälteeinwirkung (Versuche Nr. 4 und 5), welcher vor allem bei kurzzeitiger Frosteinwirkung geringe Verlustraten sichert. Gequollener Laich kann zwar höhere Entwicklungstemperaturen im Inneren erzeugen (SCHLÜPMANN & GÜNTHER 1996), nicht jedoch starke Frosteinwirkungen von außen kompensieren (Versuch Nr. 6). Evtl. wird er durch das aufgenommene Wasser beim Gefrieren von innen zerstört. Die physikalischen Eigenschaften von ungequollenem und gequollenem Laich bezüglich Wärme- und Kältereaktionen sollten durch experimentelle Untersuchungen eingehender erforscht werden.

Untersuchungen an Braunfröschen belegen, dass die Frühjahrswander- und laichaktivität zwar thermisch ausgelöst, dann jedoch immer stärker endogen gesteuert auch bei kühlen Temperaturen weiter verläuft (BLAB 1986). Die kurzzeitige Frostresistenz ungequollener Laichballen kann als evolutive Anpassung an einen frühen Laichbeginn interpretiert werden.

5. Zusammenfassung

Durch experimentelle Untersuchungen an Grasfroschlaiich konnte gezeigt werden, dass noch un-gequollene Laichballen eine hohe Resistenz gegen kurzzeitige starke Frosteinwirkung besitzen. War die Gallerthülle bereits gequollen, verlor sie die Eigenschaft der Kälteresistenz.

Die Embryonalentwicklung war stark temperaturabhängig und schwankte zwischen 3 und 17 Tagen. Die Entwicklungszeit der Larven nach dem Schlupf war bei unterschiedlichen Tempera-tureinwirkungen bis zum Verlieren der Außenkiemen relativ einheitlich.

6. Literatur

- BLAB, J. (1986): Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien. Kilda-Verlag, Greven.
- BROCKHAUS, T. (1990): Zur Bestandssituation der Lurche (Amphibia) im Gebiet von Karl-Marx-Stadt. Veröff. Mus. Naturk. Chemnitz, **14**, 109-129.
- FROMMHOLD, E. (1959): Wir bestimmen Lurche und Kriechtiere Mitteleuropas. Neumann Ver-lag, Radebeul.
- GROSSE, W.-R. (1994): Der Laubfrosch. Die Neue Brehm-Bücherei, Band 615, Westarp Wissen-schaften Magdeburg.
- GÜNTHER, R. (Hrsg.) (1996): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Gustav Fischer Ver-lag, Jena Stuttgart Lübeck Ulm.
- MARTIN, R. & C. MIAUD (1998): Reproductive investment and duration of embryonic deve-lopment in the Common Frog *Rana temporaria* (Amphibia; Anura) from low- to highland. In: MIAUD, C. & GUYÉTANT, R. (Hrsg.): Current Studies in Herpetology - Proceedings of the 9th Ordinary general Meeting of the Societas Europea Herpetologica: 309-313.
- NÖLLERT, A & CH. NÖLLERT (1992): Die Amphibien Europas. Franck-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- SCHLÜPMANN, M. & R. GÜNTHER (1996): Grasfrosch. In: GÜNTHER, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- ZÖPHEL, P. (1992): Statistik in der Praxis. UTB , Gustav Fischer Verlag Stuttgart Jena.

Eingangsdatum: 8. Januar 2002

Anschriften der Verfasser

Dr. Thomas Brockhaus, An der Morgensonne 5, 09387 Jahnsdorf/Erzgebirge

E-Mail: t.brockhaus@t-online.de

Enrico Glaser, Josephinenplatz 7, 09113 Chemnitz