

## Kreuzungsversuche mit *Bufo calamita*, *Bufo viridis viridis* und *Bufo viridis arabicus* (Amphibia, Bufonidae)

Rainer Flindt und Helmut Hemmer

Eine Abbildung

Eingegangen am 1. September 1970

Wie die Untersuchungen der Verfasser in den letzten Jahren zeigten, ergeben Kreuzungen zwischen den beiden europäischen Krötenarten *Bufo calamita* (Kreuzkröte) und *Bufo viridis* (Wechselkröte) in der Richtung *Bufo viridis* ♀ x *Bufo calamita* ♂ über die Metamorphose hinaus lebensfähige Bastarde (FLINDT & HEMMER, 1967 b), die auch für natürliche Populationen wahrscheinlich gemacht werden konnten (FLINDT & HEMMER, 1967 b, 1968 b, 1969 a), während Larven der reziproken Kreuzung (*Bufo calamita* ♀ x *Bufo viridis* ♂) unter charakteristischen Mißbildungen stets im Laufe der ersten Entwicklungswochen absterben (FLINDT, HEMMER & SCHIPP, 1968; SCHIPP, HEMMER & FLINDT, 1968; WEISS, 1960). BLAIR (1970 u. a.) versucht nun, anhand derartiger interspezifischer Bastardierungen und ihres unterschiedlichen Ausfalls innerhalb der Familie Bufonidae weitgehende

Schlüsse über die Verwandtschaftsverhältnisse und die Evolution einer großen Reihe von Arten zu ziehen und stellt zusammenfassend u. a. fest: „Evolutionary conservatism of *Bufo* with respect to genetic compatibility contrasts with the rapid change in *Rana*.“ Für *Rana pipiens* fand nämlich MOORE (1964, 1967 a und b) sich in verschiedenem Ergebnis der Kreuzungen ausdrückende beträchtliche Divergenz zwischen getrennten Populationen der gleichen Art. Es erschien daher von Interesse, die Kreuzungen der genannten europäischen *Bufo*-Arten mit Angehörigen einer morphologisch und serologisch deutlich von der Nominatform unterschiedenen (FLINDT & HEMMER, 1968 a) und geographisch gut getrennten, außereuropäischen Unterart von *Bufo viridis*, nämlich *Bufo viridis arabicus*, zu wiederholen.

Für diese Bastardierungsversuche kamen die von den Autoren bereits beschriebenen (FLINDT & HEMMER, 1968a) Individuen aus der Umgebung von Adana (SO-Türkei) zur Verwendung. Die Kreuzkröten stammten wie für die Bastardierung mit *Bufo viridis viridis* (Tiere aus dem Rhein-Main-Gebiet) aus einer Population bei Bauschheim (Rhein-Main-Gebiet; vgl. z. B. FLINDT & HEMMER, 1967 a, 1969 b). Infolge der beschränkten Zahl der zur Verfügung stehenden lebenden, adulten türkischen Wechselkröten (10 ♂♂, aber nur 1 ♀)

entsprachen den an anderer Stelle beschriebenen (FLINDT & HEMMER, 1967 b).

Beide möglichen Kreuzungsrichtungen erbrachten im Gegensatz zu den Zuchten *Bufo calamita* × *Bufo viridis* einige über die Metamorphose hinaus lebensfähige Kröten. Die Bastarde der Richtung *Bufo viridis arabicus* ♀ × *Bufo calamita* ♂ hatten bei der Metamorphose eine mittlere Körperlänge ( $M \pm s$ ) von  $12,5 \pm 1,7$  mm und eine mittlere Hinterbeinlänge von  $13,5 \pm 2,1$  mm ( $n = 9$ ). Diese Größen unterscheiden sich weder signifikant

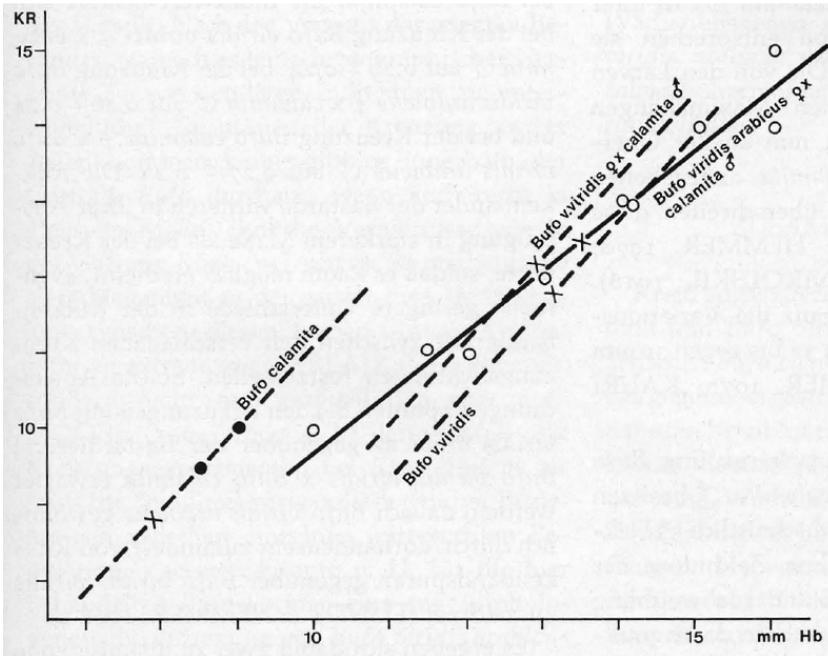


Abb. 1 Proportionen von Körperlänge (KR) zu Hinterbeinlänge (Hb) bei gerade metamorphosierten Bastardkröten *Bufo viridis arabicus* ♀ × *Bufo calamita* ♂ (Kreis und durchgezogene Achse) und *Bufo calamita* ♀ × *Bufo viridis arabicus* ♂ (schwarze Kreisfläche). Im Vergleich dazu die Mittelpunkte (X) und Achsen (strichliert) der Punktescharen von *Bufo calamita*, *Bufo viridis viridis* und den Bastarden *Bufo viridis viridis* ♀ × *Bufo calamita* ♂.

Relation of body length (KR) to length of hind legs (Hb) in newly transformed hybrid toads, *Bufo viridis arabicus* ♀ × *Bufo calamita* ♂ (open circles and continuous line) and *Bufo calamita* ♀ × *Bufo viridis arabicus* ♂ (closed circles). For comparison, mean (X) and regression line (broken lines) of the same relations for *Bufo calamita*, *Bufo viridis viridis* and for the hybrid *Bufo viridis viridis* ♀ × *Bufo calamita* ♂.

erschien es sinnvoller, zunächst nur die beiden Kreuzungsrichtungen mit *Bufo calamita* durchzuführen, während die Zucht von Kreuzungstieren zwischen *Bufo viridis viridis* und *Bufo viridis arabicus* späteren Versuchen vorbehalten bleiben muß. Die Aufzuchtbedingungen

von den entsprechenden Maßen neu metamorphosierter mitteleuropäischer Wechselkröten (vgl. FLINDT & HEMMER, 1967 a) noch von denen von Bastardkröten *Bufo viridis viridis* ♀ × *Bufo calamita* ♂ entsprechenden Alters. Auch die Körper-/Hinterbein-Proportion ent-

spricht im Rahmen der Fehlergrenzen derjenigen der letztgenannten beiden Gruppen (Abb. 1). Demgegenüber besaßen Bastarde der reziproken Kreuzung unmittelbar nach ihrer Metamorphose eine mittlere Körperlänge von 9,8 mm und eine mittlere Hinterbeinlänge von 8,8 mm ( $n = 2$ ). Beide Längenmaße liegen im oberen Bereich der Variationsbreite neu metamorphosierter Kreuzkröten, lassen sich aber nicht signifikant von deren Durchschnittswerten trennen. Sie differieren jedoch gesichert von den betreffenden Maßen der Wechselkröten und der Bastarde *Bufo viridis* (*viridis* und *arabicus*) ♀ × *Bufo calamita* ♂. In ihrer Körper-/Hinterbein-Relation entsprechen sie der Kreuzkröte (Abb. 1). Die von den Larven dieser Kreuzung erreichten Maximallängen liegen mit 28, 30 und 31 mm an der Obergrenze der für *Bufo calamita* angegebenen Maße (22–30 mm) bzw. überschreiten diese gerade (z. B. FLINDT & HEMMER, 1970; FROMMHOLD, 1965; NIKOLSKII, 1918). Sie erreichen aber nicht ganz die Variationsbreite von *Bufo viridis* von 32 bis gegen 50 mm (z. B. FLINDT & HEMMER, 1970; KAURI 1955).

Die Bastarde der Kreuzungsrichtung *Bufo viridis arabicus* ♀ × *Bufo calamita* ♂ besitzen bei der Metamorphose durchschnittlich 35 Flecken im Dorsalbereich (ohne Zeichnung der Extremitäten), mit einer Standardabweichung von  $\pm 14$  Flecken. Sie entsprechen damit praktisch genau den Bastardkröten *Bufo viridis viridis* × *Bufo calamita* gleichen Entwicklungsstadiums mit  $32 \pm 14$  Flecken. Die Vergleichszahlen für gerade metamorphosierende Tiere von *Bufo calamita* und *Bufo viridis viridis* lauten  $43 \pm 12$  bzw.  $24 \pm 7$ . Damit liegen beide Bastardformen in diesem Merkmal intermediär zwischen den Elternarten, zeichnen sich jedoch durch erhöhte Variabilität aus. Gleiches dürfte für die Kreuzungsrichtung *Bufo calamita* ♀ × *Bufo viridis arabicus* ♂ gelten, ohne daß allerdings hier die Ergebnisse infolge zu geringer Individuenzahl zu sichern wären.

Ähnliches ergibt sich bei der Untersuchung der relativen Rückenband-Länge

$$\left( \text{Index } \frac{\text{Rückenband-Länge}}{\text{Körperlänge}} \right).$$

Diese beträgt bei Kreuzkröten während der Endstation der Metamorphose (ab vollem Durchbruch der Vorderbeine) im Mittel 0,72 mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,20$ , bei mitteleuropäischen Wechselkröten 0,0. Die in jedem Fall farblich schwächer ausgeprägten Rückenbänder oder Rückenbandspuren der Bastardkröten (ohne Gelbton, in Grundfarbe bis weißlich) sind im Mittel klar kürzer als bei *Bufo calamita*. Ihr Indexwert beläuft sich bei der Kreuzung *Bufo viridis viridis* ♀ × *calamita* ♂ auf  $0,29 \pm 0,24$ , bei der Kreuzung *Bufo viridis arabicus* ♀ × *calamita* ♂ auf  $0,28 \pm 0,24$  und bei der Kreuzung *Bufo calamita* ♀ × *Bufo viridis arabicus* ♂ auf  $0,27 \pm 0,22$ . Die Rückenbänder der Bastarde variieren in ihrer Ausprägung in stärkerem Maße als bei der Kreuzkröte, so daß es kaum möglich erscheint, eventuelle geringere Unterschiede in der Rückenbandgröße zwischen den verschiedenen Kreuzungsrichtungen festzustellen. Solche Abweichungen könnten bei den Kreuzungen mit *Bufo viridis arabicus* gegenüber der Bastardierung *Bufo viridis viridis* × *Bufo calamita* erwartet werden, da sich *Bufo viridis arabicus* gewöhnlich durch Vorhandensein zumindest von Rückenbandspuren gegenüber *Bufo viridis viridis* auszeichnet (FLINDT & HEMMER, 1968 a).

Es ergeben sich damit zwei zu diskutierende Phänomene, nämlich einmal die Tatsache, daß die Kreuzungsrichtung *Bufo calamita* ♀ × *Bufo viridis* ♂ mit einem Wechselkröten ♂ aus der Türkei zu Metamorphosen führt, während sie mit ♂♂ mitteleuropäischer Wechselkröten stets diesbezüglich negativ verläuft, und zum anderen der Befund, daß sich die metamorphosierten Bastarde der beiden möglichen Kreuzungsrichtungen von *Bufo calamita* und *Bufo viridis arabicus* in ihrer absoluten Körpergröße und in ihren Proportionen gut unterscheiden und jeweils in diesen Merkmalen der Art gleichen, von welcher das Muttertier stammt.

Zum ersten Punkt wäre festzustellen, daß es also innerhalb der Art *Bufo viridis* Unterschiede auf dem Subspezies-Niveau in der genetischen Verträglichkeit mit einer nahe verwandten Art gibt, wie sie BLAIR (1970) für *Bufo*-Formen auf dem Spezies-Niveau fand. So weist BLAIR daraufhin, daß Bastardierung von *Bufo viridis* mit Angehörigen der nordamerikanischen *boreas*-, *cognatus*- und *alvarius*-Gruppen Metamorphosen in beiden Kreuzungsrichtungen erbringt, während Bastardierung von *Bufo viridis* mit Angehörigen der zeitlich weit länger getrennten südamerikanischen *spinulosus*-Gruppe nur dann Erfolg hat, wenn *Bufo viridis* das ♀ stellt. Nach den von uns dargelegten Befunden, wonach es je nach geographischer Herkunft der verwendeten Individuen zu unterschiedlichen Resultaten der Kreuzung zweier Arten kommen kann, gibt es innerhalb der Gattung *Bufo* durchaus, wenn auch nicht in gleichem Maße, ähnliche Verhältnisse wie in der Gattung *Rana* (vgl. oben). So erscheint die Verschiedenheit in der genetischen Beständigkeit zwischen diesen beiden Anuren-Genera nicht zu extrem, wie sie BLAIR (l. c.) darstellt, sondern mehr nur graduell. Da aber auch MOORE (1964, 1967 a, b) den Ausfall von Kreuzungsexperimenten bei *Rana pipiens* als Maß für den Grad verwandtschaftlicher Beziehungen zwischen einzelnen untersuchten Populationen wertet, könnte u. U. für die hier behandelten *Bufo*-Formen eine engere phylogenetische Beziehung von *Bufo viridis arabicus* als von *Bufo viridis viridis* zu *Bufo calamita* erschlossen werden. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Verfasser (FLINDT & HEMMER, 1968 a) hinsichtlich der morphologischen Merkmale von *Bufo viridis arabicus*, wonach die Mehrzahl der Abweichungen dieser Form von *Bufo viridis viridis* in Richtung *Bufo calamita* weist.

Wie bereits SCHIPP, HEMMER & FLINDT (1968) begründeten, sind für die beiden Elternformen *Bufo calamita* und *Bufo viridis viridis* artspezifische Modifikationssubstanzen im Plasma der Eizelle zu postulieren, die den un-

terschiedlichen Ausfall der reziproken Kreuzung verursachen. Das Ergebnis der Bastardisierung von *Bufo calamita* mit *Bufo viridis arabicus* unterstreicht diese Feststellung auch für *Bufo viridis arabicus*. Ohne solche Modifikatoren sollten sich nämlich die Bastardkröten beider Kreuzungsrichtungen nicht nur bezüglich Färbung und Zeichnung, sondern auch bezüglich Größe und Proportionen gleichen, da sie gleiche Genkombination besitzen müssen. So sind zwischen *Bufo viridis viridis* und *Bufo viridis arabicus* u. U. Unterschiede in der Zusammenwirkung dieser plasmatischen Modifikationssubstanzen mit den betreffenden Wachstumsgenen zu erwarten, die bei *Bufo viridis arabicus* besser mit denen von *Bufo calamita* harmonieren müssen als bei *Bufo viridis viridis*.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Kreuzungsexperimente zwischen *Bufo calamita* und *Bufo viridis viridis* werden solchen zwischen *Bufo calamita* und *Bufo viridis arabicus* gegenübergestellt. Während bei der erstgenannten Kombination nur in dem Fall Bastardkröten metamorphosieren, wenn das Muttertier eine Wechselkröte ist, führt die zweite Kombination in beiden Richtungen zu lebensfähigen Hybriden. Sich daraus ergebende Schlüsse auf die verwandtschaftlichen Beziehungen von *Bufo calamita*, *Bufo viridis viridis* und *Bufo viridis arabicus* werden diskutiert.

#### SUMMARY

Hybridization experiments with *Bufo calamita* and *Bufo viridis viridis* have been compared with those of *Bufo calamita* and *Bufo viridis arabicus*. Crosses of *calamita* x *viridis* yield metamorphosing hybrids only when the female is *viridis*. The combination *calamita* x *viridis arabicus* yields metamorphosing hybrids in both reciprocal crosses. The conclusion about the genetic and evolutionary relationships among *Bufo calamita*, *Bufo viridis viridis* and *Bufo viridis arabicus* are discussed.

## SCHRIFTEN

- Blair, W. F. (1970): Genetically fixed characters and evolutionary divergence. — *Amer. Zoologist* 10: 41–46.
- Flindt, R. & H. Hemmer (1967a): Ökologische und variationsstatistische Untersuchungen an einer *Bufo viridis* / *Bufo calamita*-Population. — *Zool. Jb. Syst.* 94: 162–186.
- (1967 b): Nachweis natürlicher Bastardierung von *Bufo calamita* und *Bufo viridis*. — *Zool. Anz.* 178: 419–429.
- (1968 a): Über *Bufo viridis* im Vorderen Orient. — *Senckenbergiana biol.* 49: 99–106.
- (1968 b): Über die Merkmalsvariation von Kreuzkröten (*Bufo calamita* Laur.) und Wechselkröten (*Bufo viridis* Laur.) im Rhein-Main-Gebiet. — *Mainzer Naturw. Arch.* 7: 279–284.
- (1969 a): Vergleichende Untersuchungen zum Aufbau zweier unterschiedlich zusammengesetzter *Bufo viridis* / *Bufo calamita*-Populationen. — *Zool. Beitr.* 15: 219–235.
- (1969 b): Wechselkröten (*Bufo viridis*) mit Rückenband aus einer Population im Rhein-Main-Gebiet. — *Salamandra* 5: 18–22.
- (1970): Vergleichende Untersuchungen über das Larval- und Postmetamorphose-Wachstum von *Bufo calamita* Laur., *Bufo viridis* Laur. und deren Bastarden. — *Z. wiss. Zool.* 181: 317–330.
- Flindt, R., H. Hemmer und R. Schipp (1968): Zur Morphogenese von Mißbildungen bei Bastardlarven *Bufo calamita* ♀ × *Bufo viridis* ♂: Störungen in der Ausbildung des Axialskeletts. — *Zool. Jb. Anat.* 85: 51–71.
- Frommhold, E. (1965): Heimische Lurche und Kriechtiere. — *Die Neue Brehm-Bücherei*, Wittenberg.
- Kauri, H. (1955): Das Licht als hemmender Faktor bei der Larvenentwicklung der Wechselkröte (*Bufo viridis* Laur.). — *Oikos* 6: 78–91.
- Moore, J. A. (1964): Diploid and haploid interracial hybrids in *Rana pipiens*. — *Genetics Today*, Proc. XI Internat. Congr. Genetics: 431–436.
- (1967 a): Diploid and haploid hybridization of different populations of the *Rana pipiens* complex. I. Experiments with females from Mexico. — *J. exp. Zool.* 165: 1–20.
- (1967 b): Diploid and haploid hybridization of different populations of the *Rana pipiens* complex. II. Experiments with females from Oklahoma. — *J. exp. Zool.* 165: 461–474.
- Nikolskii, A. M. (1962): Fauna of Russia and adjacent countries. Amphibians. Übersetzung aus dem Russischen (Petrograd 1918), Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- Schipp, R., H. Hemmer & R. Flindt (1968): Vergleichende licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Chordomen von Krötenbastardlarven. — *Beitr. path. Anat.* 138: 109–133.
- Weiss, I. (1960): Umwandlung von Dysnothoi der Bastardkombination *Bufo calamita* × *Bufo viridis* in Eunothoi durch experimentelle Verdoppelung des mütterlichen Genoms. — *Roux' Arch. Entwickl. mech.* 152: 552–564.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Rainer Flindt und Dr. Helmut Hemmer, D - 65 Mainz, Universität, Institut für Physiologische Zoologie, Saarstraße 21.