

## Studien über die Kreuzkröte (*Bufo calamita*) der Iberischen Halbinsel

RAINER FLINDT & HELMUT HEMMER

Mit 5 Abbildungen

Während über die Merkmalsvariation und Biologie mitteleuropäischer Kreuzkröten (*Bufo calamita*) eine größere Zahl von Untersuchungen vorliegt, war die Kenntnis über die Kreuzkröte der Iberischen Halbinsel bislang noch recht lückenhaft, da nur wenige, hauptsächlich ältere Angaben hierzu vorhanden sind. Vergleichende Studien an Populationen aus beiden Gebieten erscheinen jedoch besonders aus biogeographischen Gründen von Interesse, da die Pyrenäen einerseits als Stauungszone erscheinen (DE LATTIN 1967), die bei einigen Anuren eine arten- oder unterartentrennende Verbreitungsschranke darstellt (zum Beispiel *Alytes cisternasii* und *Alytes obstetricans boscai* auf die Pyrenäen-Halbinsel beschränkt, *Rana iberica* bis in die französischen Pyrenäen, *Pelobates cultripes* und *Rana ridibunda perezi* bis nach Südfrankreich hinein verbreitet [MERTENS & WERMUTH 1960]), und wir es bei der Iberischen Halbinsel andererseits mit dem europäischen Teil des atlantomediterrananen Sekundärzentrums (DE LATTIN 1967) zu tun haben, von dem aus eine postglaziale Besiedlung West- und Mitteleuropas erfolgen konnte. HERTER & HERTER (1954) vermuten darüber hinaus die Entstehung von *Bufo calamita* in diesem iberischen Refugium.

Als Material liegen dieser Arbeit neben den in Tabelle 1 aufgeführten 46 adulten und 42 halbwüchsigen Alkoholexemplaren<sup>1</sup> 18 lebende adulte oder nahezu adulte Kreuzkröten aus verschiedenen Regionen Spaniens zugrunde, nämlich zwei von den Verfassern bei Candanos (Provinz Huesca), fünf von Herrn Dipl.-Biol. L. TRUTNAU (Wittlich)<sup>2</sup> zwischen Teruel und Cantavieja (Provinz Teruel), fünf von Herrn Dr. H. DAUSCHER (Gensingen)<sup>2</sup> bei El Cuervo und Lebrija (Nähe Jerez de la Frontera, Provinz Sevilla), und sechs von Herrn Dr. G. B. TREIB (Saarbrücken)<sup>2</sup> bei San Luca de Parameda (Provinz Cadiz) gesammelte Indivi-

<sup>1</sup> Für die Zurverfügungstellung des betreffenden Sammlungsmaterials des Senckenberg-Museums Frankfurt am Main, des Rijksmuseums van Natuurlijke Historie Leiden und der Biogeographischen Abteilung des Geographischen Instituts der Universität Saarbrücken, und die zur Bearbeitung gewährte Unterstützung danken wir den Herren Prof. Dr. R. MERTENS und Dr. K. KLEMMER (Frankfurt am Main), Dr. M. S. HOOGMOED (Leiden) und Prof. Dr. P. MÜLLER (Saarbrücken).

<sup>2</sup> Den genannten Herren gilt unser Dank für die teilweise oder ganze Überlassung der von ihnen in Spanien gefangenen Kreuzkröten und für Angaben über die betreffenden Biotope.

duen. Zusätzlich konnten aus von den Verfassern während einer Sammelreise<sup>3</sup> am 28./29. März 1969 an einem Laichplatz bei Candasnos (Abb. 2) mitgenommenem Laich zwei Larven bis zur Vollendung der Metamorphose im Labor gehalten werden.

Die morphologische Bearbeitung erfolgte nach den von den Verfassern (FLINDT & HEMMER 1967a) für eine mitteleuropäische Population angewandten Kriterien, die Herstellung des Serumeiweißbildes und die Auswertung der zugehörigen Pherogramme wurde nach den bei FLINDT, HEMMER & JAEGER (1968) beschriebenen Methoden vorgenommen. Zur Bestimmung der Relation Körperlänge/Hinterbeinlänge und zur Messung der Schwimhautlänge kamen infolge der durch die Fixierung möglichen Fehlerquellen nur die lebenden Kröten zur Verwendung.

## 1. Biotop und Laichplatzwahl

Ein Vergleich der aus Mitteleuropa bekannten Kreuzkrötenbiotope (zum Beispiel LUNAU 1933, LEEGE 1941, MERTENS 1947, KÖNIG 1960, FLINDT & HEMMER 1967a, FELDMANN & REHAGE 1968) mit den Plätzen, an denen die hier studierten lebenden Kröten gefangen wurden, zeigt grundsätzliche Übereinstimmung. Auch auf der Iberischen Halbinsel scheint sich die Art bevorzugt in trockeneren Regionen aufzuhalten. Im Gegensatz zum mitteleuropäischen Siedlungsraum von *Bufo calamita* besonders im Flachland und in den tieferen Lagen der Mittelgebirge (MERTENS 1947: im Vogelsberg in etwa 300 m Höhe, FELDMANN & REHAGE 1968: im südwestfälischen Bergland in 400 m Höhe, HEUSSER & MEISTERHANS 1969: bei Zürich ebenfalls in etwa 400 m Höhe, MÜLLER [mündl. Mitt.]: im Saarland bis in 600 m Höhe, BEDRIAGA 1891 [zitiert nach HERTER & HERTER 1954]: in der Schweiz in allen Kantonen unterhalb 1000—1200 m Höhe) wurden Kreuzkröten in Spanien außer in tiefen Zonen von TRUTNAU zwischen Teruel und Cantavieja auch in einer Höhe von etwa 1700 m zusammen mit *Alytes obstetricans* in trockenem Gelände gefunden.

Als Laichplätze kommen ebenso wie bei den von den Verfassern näher untersuchten Kreuzkröten des Rhein-Main-Gebietes seichte Zonen in offenen Feld- und Ödlandgebieten eingesenkter Gewässer in Frage. So fanden die Verfasser bei Candasnos Laichschnüre im wenige Zentimeter tiefen ufernahen Flachwasser eines als Schaftränkeplatz benutzten, an seinen Rändern ziemlich bewuchslosen kleinen Weihers in einer ariden Weidelandschaft (Abb. 2). Neben *Bufo calamita* wurde in diesem Gewässer auch *Pelobates cultripes* beobachtet.

## 2. Larvalentwicklung

Soweit die Eizahl spanischer Kreuzkröten nach bei Candasnos gefundenen Laichschnüren überschätzt werden konnte, läßt sie sich infolge der sehr geringen Werte auch ohne Kenntnis der Körpergröße der betreffenden ♀ (hohe Korrelation von Körpergröße und Eizahl bei *Bufo calamita* im Rhein-Main-Gebiet,

---

<sup>3</sup> Für die finanzielle Unterstützung dieser Reise danken wir dem damaligen Rektor der Universität Mainz, Herrn Prof. Dr. MEZGER.

Tabelle 1. Verzeichnis der Herkunft des zu dieser Arbeit untersuchten Museums-Materials von Kreuzkröten der Iberischen Halbinsel.

List of museum specimens studied.

(SMF = Senckenberg-Museum, Frankfurt am Main; RMNH = Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden; BGS = Biogeographische Abteilung, Geographisches Institut, Universität Saarbrücken.)

Katalog-Nr.	Herkunft	Zahl der Individuen	
		adult	juvenil
SMF 2988	Provinz Almeria	1	—
SMF 2996	Provinz Gerona	—	1
SMF 3000-2	Provinz Tarragona	2	1
SMF 3003-24	Provinz Tarragona	—	22
SMF 3032/48	Provinz Tarragona	16	—
SMF 30477-8	Porto (Portugal)	—	2
SMF 42980	Provinz Malaga	1	—
SMF 42981-7	Provinz Cadiz	7	—
SMF 44299	Provinz Tarragona	2	—
SMF 45424-6	Provinz Avila	3	—
RMNH 14061	Provinz Teruel	1	—
RMNH 14065	Provinz Sevilla	—	2
RMNH 14081	Provinz Avila	1	—
RMNH 14115	Provinz Burgos	—	2
RMNH 14127	Provinz Cadiz	—	11
RMNH 14130	Provinz Avila	—	1
RMNH 14132	Provinz Caceres	1	—
RMNH 14417	Provinz Leon	1	—
BGS 1201-8	Provinz Alicante	8	—
BGS 1211	Provinz Cadiz	1	—
BGS 1223	Provinz Sevilla	1	—
		46	42

vergleiche HEMMER & KADEL 1971) nicht mit derjenigen der nächst verwandten Art *Bufo viridis*, sondern nur mit derjenigen mitteleuropäischer Vertreter der Art *Bufo calamita* vergleichen.

Wenn auch die beiden einzigen im Labor bis zur Metamorphose gehaltenen Larven nicht als repräsentativ gelten können, so sind die von ihnen erreichten Höchstlängen von 26 und 28 mm doch allein der von mitteleuropäischen Kreuzkröten bekannten Maximallängen-Variationsbreite von 22—30 mm (vergleiche Zusammenstellung bei FLINDT & HEMMER 1970b) zuordenbar und bleiben unter der kleinsten Maximallänge (32 mm, FLINDT & HEMMER 1970b) der Larven von *Bufo viridis*. In gleicher Weise entspricht die Körperlänge der gerade metamorphosierten Kröten mit 8,5 und 10 mm typischen Maßen von *Bufo calamita* (vergleiche FLINDT & HEMMER 1967 a, 1970 b). Aus diesen Daten lassen sich demgemäß keine Unterschiede in der Larvalentwicklung der beiden Vergleichsgruppen ableiten.

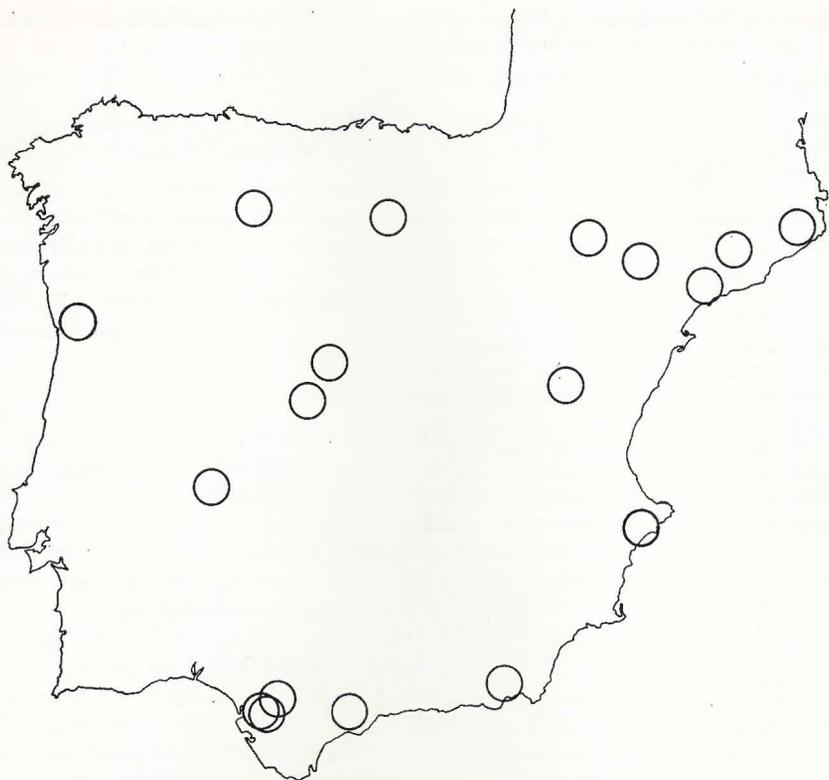


Abb. 1. Fundortverteilung der untersuchten Kreuzkrötenserien aus dem Raum der Iberischen Halbinsel.

Collecting localities of the specimens studied in Spain and Portugal.

### 3. Metrische Merkmale

#### Körpergröße

Spanische Kreuzkröten erreichen größere Körperlängen als mitteleuropäische, bei denen die Verfasser (FLINDT & HEMMER 1970 b) Maximalgrößen von 78 mm (♂) beziehungsweise 77 mm (♀) fanden. Nach MERTENS (1947), MEYER (1949) und FREYTAG (1961) soll *Bufo calamita* nicht über 80 mm groß werden. Unter den hier untersuchten Tieren von der Iberischen Halbinsel befinden sich jedoch drei Exemplare aus den Provinzen Sevilla, Cadiz und Teruel mit Körperlängen von 81, 85 und 82 mm, und zwei bei Candanos (Provinz Huesca) gefangene ♂ maßen sogar 88 und 90 mm. In systematischer Hinsicht ist dieses Merkmal allerdings bedeutungslos, da es weitgehend von der Ernährungslage abzuhängen scheint (HEMMER & KADEL 1972).

## Relative Hinterbeinlänge

Wie die Verfasser zeigen konnten (FLINDT & HEMMER 1967 a), ist die geringe relative Hinterbeinlänge eines der wesentlichen Kennzeichen der Kreuzkröte. Ihre charakteristische Fortbewegungsweise spiegelt diese anatomische Situation wieder. Es läßt sich ein Sexualdimorphismus feststellen, wobei die Hinterbeine der ♀ relativ noch kürzer als diejenigen der ♂ sind. Abbildung 3 zeigt die Relation Körperlänge/Hinterbeinlänge spanischer Kreuzkröten im Vergleich zu den Verhältnissen bei einheimischen Vertretern der Art und bei Wechselkröten verschiedener Herkunft. Die im Labor gehaltenen spanischen Exemplare wurden hierzu im Abstand von einhalb bis einem Jahr zwei- bis dreimal vermessen, um eventuelle unterschiedliche Wachstumstendenzen zu erfassen. Es wird deutlich, daß in diesem Merkmal zwischen Kreuzkröten der Iberischen Halbinsel und solchen Mitteleuropas keine signifikanten Unterschiede bestehen. Die Einzelwerte fallen in den Streubereich (beziehungsweise dessen Verlängerung) von Populationen aus dem Rhein-Main-Gebiet (vergleiche FLINDT & HEMMER 1967a, 1969).

## Relative Fingerlängen

Neben der relativen Hinterbeinlänge erwies sich die Längendifferenz des ersten und zweiten Fingers als gutes Unterscheidungskriterium der beiden nahe verwandten Arten *Bufo calamita* und *Bufo viridis*. Bei der Kreuzkröte besitzen diese beiden Finger im Mittel gleiche Länge. Die Variation der Längendifferenz

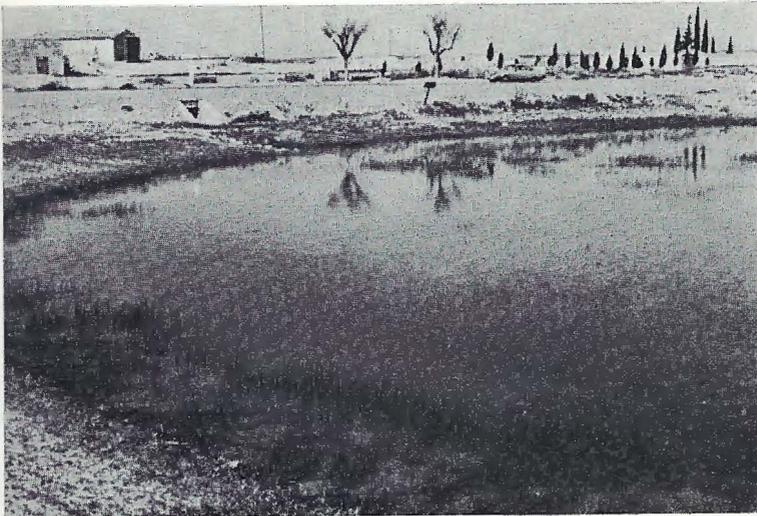


Abb. 2. Laichgewässer von *Bufo calamita* bei Candanos (Provinz Huesca), Ende März 1969. Eischnüre wurden im vorderen, bewachsenen Flachwasserbereich gefunden.

Breeding pond of *Bufo calamita* near Candanos, Province of Huesca, Spain, end of March 1969. Eggs have been found in shallow water with vegetation.

(erster bis zweiter Finger) reicht bei Tieren aus dem Rhein-Main-Gebiet von  $-1,5$  bis  $+2$  mm ( $n = 287$ , FLINDT & HEMMER 1967a). Die entsprechenden Werte adulter spanischer Individuen variieren zwischen  $-0,5$  und  $+1$  mm ( $n = 45$ ), bei einem ebenfalls statistisch nicht signifikant von 0 verschiedenen Mittelwert. Damit lassen sich auch hinsichtlich dieses Merkmals keine Unterschiede zwischen den beiden Vergleichsgruppen feststellen.

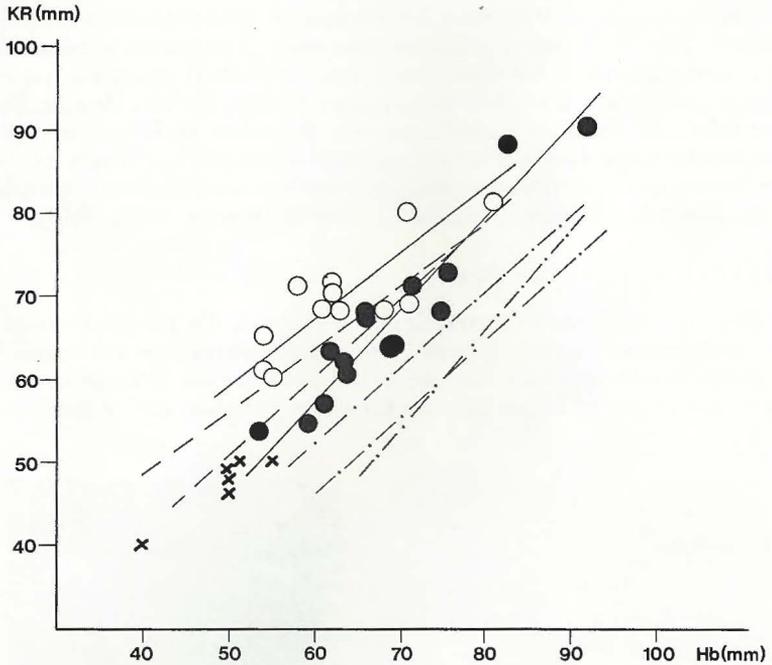


Abb. 3. Relation Körperlänge / Hinterbeinlänge bei spanischen Kreuzkröten (○ = ♀, ● = ♂, x = Jungtiere, geschlechtsunbestimmt). Durchgezogene Linien: Diagonalgeraden für ♀♀ bzw. ♂♂; unterbrochene Linien: entsprechende Vergleichsachsen für Kreuzkrötenserien aus dem Rhein-Main-Gebiet; strichpunktierte Linien: Vergleichsachsen für Wechselkrötenserien aus dem Rhein-Main-Gebiet (oben ♀♀, unten ♂♂) und aus der Türkei (Mitte).

Indices of body lengths/lengths of hind legs of Spanish natterjacks (○ = ♀, ● = ♂, x = young specimens). Dotted lines: comparative indices for specimens from Rhine-Main area (♀ above, ♂ below) and from Turkey (centre).

### Relative Schwimmläng e

Bei mitteleuropäischen Kreuzkröten von im Mittel etwa 60 mm Körperlänge hat die Schwimmlänge zwischen den beiden längsten Zehen des Hinterfußes eine mittlere Länge um 3 mm (FLINDT & HEMMER 1967a). BOETTGER (1879 und 1881)

erwähnt besonders für zwei südportugiesische Kreuzkröten und in geringerem Maße für ein spanisches Exemplar stärkere Entwicklung dieser Schwimmhaut als bei deutschen Tieren, während MERTENS (1925) bei vielen katalonischen Stücken auffallend minimale Ausbildung feststellt. Bei der hier erfaßten Serie erreicht die Schwimmhaut im Mittel bei gleicher durchschnittlicher Körperlänge eine mittlere Länge von gegen 3 mm (keine signifikante Differenz zu den Kreuzkröten des Rhein-Main-Gebietes). Bezüglich dieses Merkmals sind somit beide Gruppen ebenfalls als gleich zu betrachten.

#### Größe und Form der Parotiden

Die Ohrdrüsen spanischer Kreuzkröten erscheinen in der Mehrzahl der Fälle etwas größer als diejenigen einheimischer Individuen. Eine vergleichende Längenmessung ergab jedoch gleiche Größenverhältnisse in Abhängigkeit von der Körpergröße; so beruht jener Eindruck lediglich auf der Form der Parotiden, die gewöhnlich rundlich, verrundet dreieckig oder breit oval ausgebildet sind (Abb. 4), wie es bereits BOETTGER (1879 und 1881) erwähnt (zur Ohrdrüsenform mitteleuropäischer Kreuzkröten vergleiche FLINDT & HEMMER 1967 b). Zu einer sicheren Trennung von Kröten der beiden miteinander verglichenen Gruppen ist dieses allein gewisse Unterschiede der Formhäufigkeit enthaltende Merkmal aber ungeeignet.

#### 4. Morphognostische Merkmale

##### Rückenband

Spanische Kreuzkröten zeigen im Vergleich zu mitteleuropäischen eine stark erhöhte Variabilität des die Art kennzeichnenden Rückenbandes (Abb. 4), wie es für katalonische Stücke bereits MERTENS (1925) betont. Zur Erfassung dieses Merkmals wurde ein Index der Rückenbandausprägung (kurz RB-Index) gebildet, der ihre Vollständigkeit oder Unvollständigkeit in Hinsicht auf Färbung und Längenausdehnung zum Ausdruck bringt. Er basiert auf der Feststellung, daß diese bei mitteleuropäischen Kreuzkröten normalerweise (zur Variabilität vergleiche FLINDT & HEMMER 1967 a) deutlich gelb gefärbte und über den ganzen Rücken durchgehende Linie bei Bastarden mit kein Rückenband besitzenden Wechselkröten (*Bufo viridis viridis*) den Gelbton verliert und in ihrer Länge reduziert oder unterbrochen wird, bis hin zu Rückenbandspuren, die sich kaum noch von der Grundfarbe abheben (FLINDT & HEMMER 1967 c, 1970 a). Ein nur in Grundfarbe angedeutetes Rückenband erhält für die Indexbildung demgemäß den Wert 0, ein blaß gefärbtes Band, das aber deutlich heller als die Grundfarbe ist, den Wert 1, ein in typischer Weise gelbes Band den Wert 2; hinsichtlich der Ausdehnung erhält eine Kröte, die keine Rückenbandspuren besitzt, den Wert 0, eine solche nur mit derartigen Spuren den Wert 1, ein unterbrochenes Rückenband wird mit 2 und ein normal, ununterbrochen durchgehendes Rückenband mit 3 bewertet. Addition der für Färbung und Ausdehnung gefundenen beiden Zahlen ergibt dann den Wert des RB-Index, der bei einer mitteleuropäischen Kreuzkröte

typischerweise (in verschiedenen Populationen im Rhein-Main-Gebiet 85—94% aller Individuen [FLINDT & HEMMER 1967 a, b, 1969]) 5 beträgt, bei einer Wechselkröte dieser Herkunft 0.

Kreuzkröten mit dem RB-Index 5 kommen auf der Iberischen Halbinsel zwar ebenfalls häufig vor (35 %), daneben findet sich jedoch eine große Zahl von Exemplaren mit gelbem, aber ein- bis mehrfach unterbrochenem oder blassem, durchgehendem Rückenband (Indexwert 4,34%), und von Tieren mit blassem, unterbrochenem Rückenband, dem jeder Gelbton fehlt (entsprechend zwei von BOETTGER [1879] aus Südportugal beschriebenen Kreuzkröten; Indexwert 3) bis hin zu solchen, die nur noch Rückenbandspuren aufweisen oder auch diese nicht besitzen (Indexwerte 0—2; Häufigkeit der Indexwerte 0—3 zusammen 31 %). Bei etwa der Hälfte der Kröten mit RB-Index 5 (gelbes, durchgehendes Rückenband) ist diese Rückenlinie im Vergleich zu normalen mitteleuropäischen Stücken allerdings auffällig dünn ausgebildet.

Im Mittel aller untersuchten adulten Kreuzkröten der Iberischen Halbinsel beträgt der RB-Index 4 mit einer Standardabweichung von  $\pm 1$ . Eine Aufschlüsselung nach einzelnen Regionen führt zum Ergebnis, daß Tiere aus Südspanien (Serie aus den Provinzen Sevilla und Cadiz,  $n=19$ ) und solche aus dem Nordosten (Serie aus der Provinz Tarragona,  $n=20$ , und Serie aus der Provinz Teruel,  $n=6$ ) im Mittelwert des RB-Index kaum voneinander oder vom Gesamtmittel unterschieden sind; die Häufigkeit des durchgehenden, gelben Rückenbandes (RB-Index 5) könnte höchstens eine gewisse Tendenz zur Zunahme von Süden nach Norden (26 bzw. 45 und 40 %) zeigen.

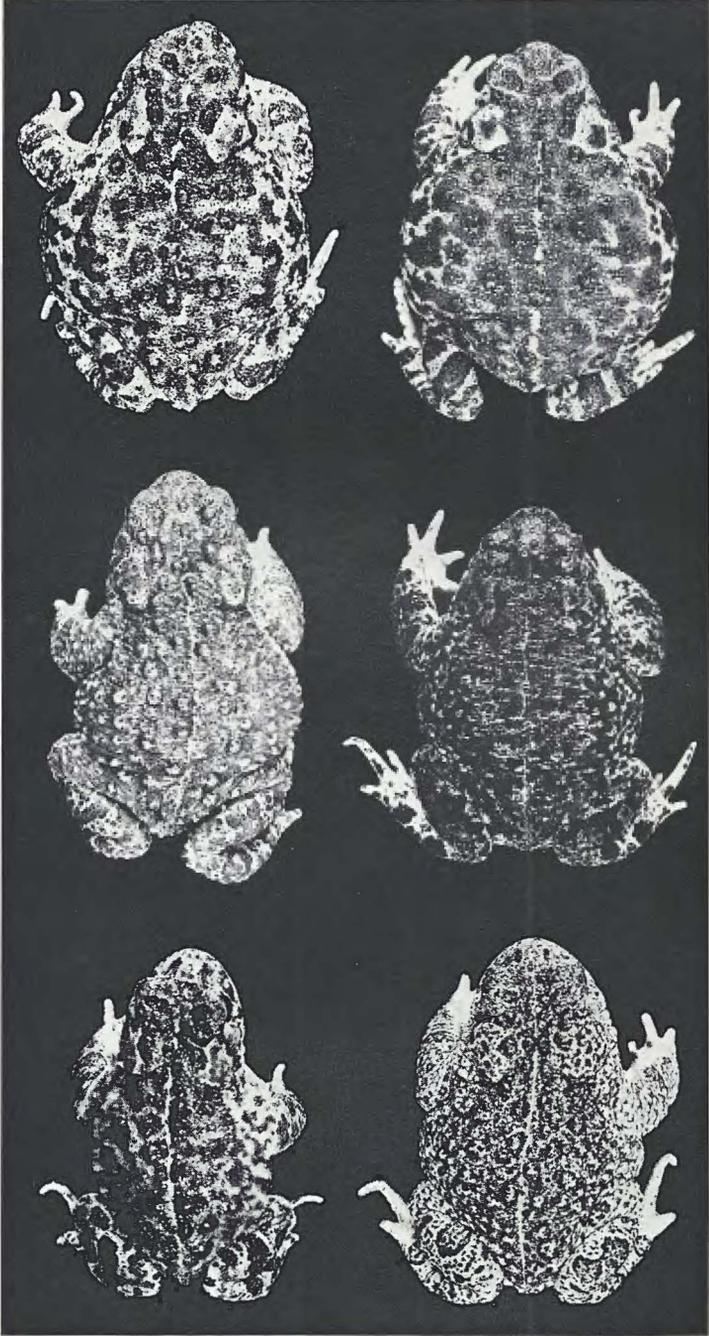
#### Färbung und Zeichnung

Die für mitteleuropäische Stücke normal erscheinende Rückenzeichnung, die von Einfarbigkeit (als verschmolzene Fleckung auffassbar) bis zur Kleinfleckigkeit mit lateral größeren Flecken reicht (vergleiche zum Beispiel FLINDT & HEMMER 1967 a, b), ist bei spanischen Kreuzkröten ebenfalls zu finden, tritt hier aber in geringerer Häufigkeit auf. Bei Tieren aus dem Rhein-Main-Gebiet weichen um 10 % aller Individuen von diesem Muster ab und zeigen größere Fleckung (FLINDT & HEMMER 1967 a, b), während auf der Iberischen Halbinsel solche großfleckigen Typen im Mittel zu etwa der Hälfte (52 % der untersuchten Kröten) vertreten sind. Auch in diesem Merkmal sind keine sicheren Unterschiede zwischen südlichen und nördlichen spanischen Populationen festzustellen. Der-

---

Abb. 4. Kreuzkröten aus den Provinzen Sevilla und Cadiz (obere Reihe und mittlere Reihe) und Teruel (untere Reihe), zur Veranschaulichung der Variabilität des Zeichnungsmusters. Alle Individuen vor der Aufnahme in gleicher Weise adaptiert, damit übereinstimmender Zustand des physiologischen Farbwechsels.

*Bufo calamita* from Sevilla and Cadiz Provinces (upper and centre row) and from Teruel, Spain (lower row) to show variability of pattern.



artige großfleckige, weitgehend rückenbandlose Tiere waren wohl der Grund für die frühere Annahme (BOSCA 1877) des Vorkommens von *Bufo viridis* auf dem spanischen Festland.

Die Färbung besitzt gewöhnlich entsprechende Olivtöne wie diejenige von *Bufo calamita* in Mitteleuropa. Abweichungen gehen in ähnlicher Weise besonders in Richtung intensiveren Gelbgrüns der Flecken, sowie zu insgesamt mehr graugrünen Farben; auch sehr dunkle, schwärzliche Olivtöne kommen vor. Bei Kröten aus dem Rhein-Main-Gebiet nicht selten gefundene gelbe Zeichnungselemente an den Ohrdrüsen und den Augenbulbi traten bei den lebend untersuchten spanischen Exemplaren nicht auf; für das Alkoholmaterial ist infolge Ausbleichens der Farben eine Aussage hierüber erschwert. Ein starker physiologischer Farbwechsel ist besonders bei den großfleckigen spanischen Kreuzkröten zu beobachten.

#### Zehengelenkhöcker

Mindestens einmal an der längsten Zehe des Hinterfußes doppelte Gelenkhöcker sind als typisches Merkmal von *Bufo calamita* zu betrachten. Nur bei einzelnen Stücken treten einfache, jedoch deutlich als aus doppelter Anlage verschmolzen erkennbare Höcker auf (Häufigkeit im Rhein-Main-Gebiet um 10 % [FLINDT & HEMMER 1967 a, b, 1969]).

Spanische Tiere zeigen derartige Abweichungen in weitaus geringerem Ausmaß (etwa 2 %).

#### 5. Serumeiweißbild

Die Darstellung des Serumeiweißbildes hat sich in neuerer Zeit als brauchbares Hilfsmittel bei der Aufklärung von Verwandtschaftsbeziehungen bei Anuren erwiesen. So ließen sich beispielsweise Wechselkröten aus der Türkei in diesem Merkmal eindeutig von solchen der Nominatform *Bufo viridis viridis* trennen und im Zusammenhang mit weiteren Merkmalen als eigene Subspecies klassifizieren (FLINDT & HEMMER 1968 a). Weiterhin legte der serologische Befund die spezifische Trennung der Laubfrösche Mitteleuropas und des Mittelmeerraumes (*Hyla arborea* und *Hyla meridionalis*) nahe (FLINDT, HEMMER & JAEGER 1968). TUNNER (1971) verwendet das Serumeiweiß zur weiteren Klärung der Verwandtschaftsbeziehungen in der *Rana esculenta-ridibunda-lessonae*-Gruppe.

Die Serumeiweißbilder mehrerer Kreuzkröten aus den Provinzen Teruel und Sevilla zeigen völlige Übereinstimmung untereinander. Sie weichen im Hinblick auf die relative Stärke und Lage einzelner Globulinfraktionen von dem von FLINDT, HEMMER & JAEGER (1968) beschriebenen Typ mitteleuropäischer (rechtsrheinischer) Tiere ab (Abb. 5). Vergleichsuntersuchungen an Kreuzkröten aus dem Stadtgebiet von Mainz (linksrheinisch) führten zum Nachweis eines weiteren Serumeiweißstyps, der sich gleichfalls in der relativen Stärke und Lage der Hauptglobulinfraktionen unterscheidet (Abb. 5). Die Auswertung elektrophoretischer Trennung von Mischseren ergab, daß die Albuminfraktion — der Klassifizierung von WIELAND & DOSE (1954) folgend — bei *Bufo calamita* von Spanien bis

Mitteleuropa gleich ist, während sie bei der nahe verwandten Art *Bufo viridis* eine andere Lage hat (FLINDT & HEMMER, in Vorbereitung).

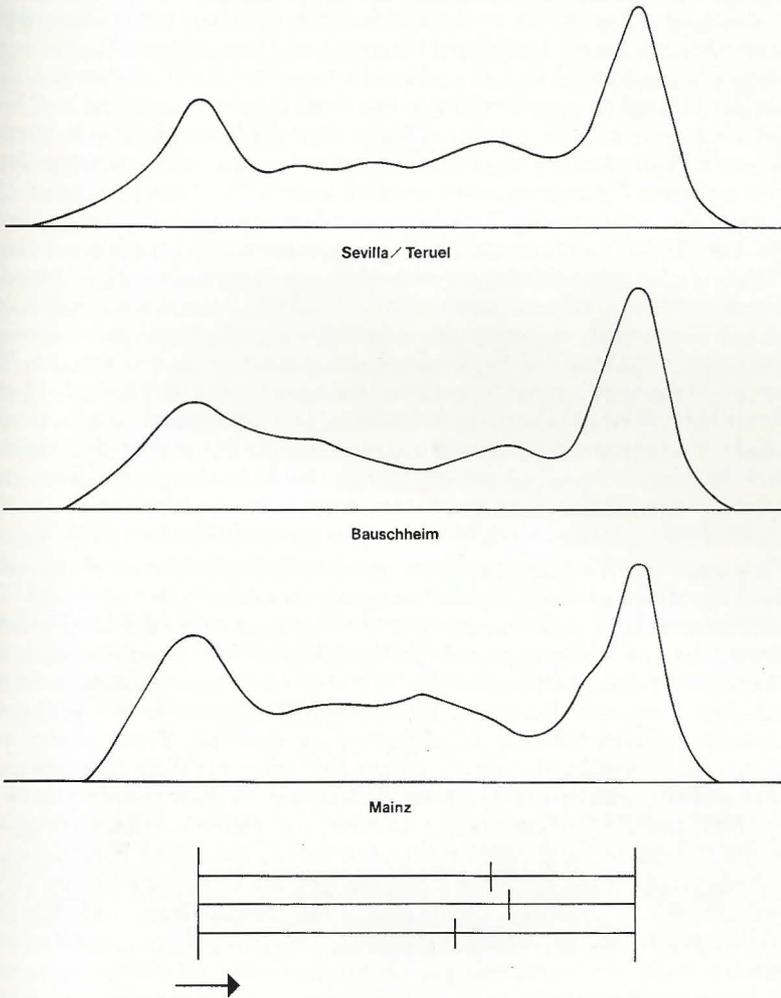


Abb. 5. Pherogramme der Serumeiweiße von Kreuzkröten aus Spanien (Mittelwerts-Pherogramm mehrerer Individuen aus den Provinzen Sevilla und Teruel) und aus dem Rhein-Main-Gebiet (Mittelwerts-Pherogramme jeweils mehrerer Tiere aus einer rechtsrheinischen Population bei Bauschheim und einer linksrheinischen Population aus Mainz). Darunter Schema zur relativen Lage zwischen Auftragestelle und Albuminfraktion der jeweiligen kennzeichnenden Hauptglobulinfraktionen; Lagewerte durch Vermessen der Entfernung zwischen der Auftragestelle und der Mitte der jeweiligen Banden auf den Cellogelelektrophoresestreifen erhalten. Pfeil: Laufrichtung.

Pherogrammes of blood serum albumines of *Bufo calamita* from Spain and from Rhine-Main area, both from several individuum.

## Diskussion

Wie gezeigt werden konnte, bestehen hinsichtlich der Merkmale des Körperbaus, der Larvalentwicklung und der Ökologie offenbar keine Unterschiede zwischen Kreuzkröten der Iberischen Halbinsel und Mitteleuropas. Abweichungen finden sich hingegen bei Färbung und Zeichnung, die sich vor allem auf Unterschiede der Häufigkeit einzelner Typen beziehen. Hierbei wurde der im Rhein-Main-Gebiet mit um 90 % vertretene Normaltyp des Rückenbandes in Spanien nur in einer Häufigkeit bis zu etwa 45 % gefunden; die entsprechenden Werte für den normalen Fleckungstyp liegen bei 90 und 48 %. Dagegen kommen Abweichungen von der normalen Ausbildung der Zehngelenkhöckerchen in Mitteleuropa (um 10 %) häufiger vor als bei den untersuchten spanischen Stücken (ca. 20%). Im Serumeiweißbild unterscheiden sich Kreuzkröten der Iberischen Halbinsel zwar von solchen verschiedener deutscher Populationen, bei diesen finden sich aber bereits untereinander entsprechend große Verschiedenheiten. So erscheint dieses Merkmal bei *Bufo calamita* im Gegensatz zu den von den Verfassern bei *Bufo viridis* gefundenen Verhältnissen (FLINDT & HEMMER 1968 a; gleiches Bild bei Wechselkröten aus dem Rhein-Main-Gebiet und vom Neusiedler See) nicht als Subspecieskriterium geeignet. Auch die Häufigkeit der verschiedenen Rückenband- und Fleckentypen genügt der 75 %-Regel zur Untertrennung nicht, so daß es nicht gerechtfertigt erscheint, die Kreuzkröte der Iberischen Halbinsel von derjenigen Mitteleuropas subspezifisch zu trennen.

Einige von den Verfassern studierte Stücke aus Südfrankreich (Languedoc; Senckenberg-Museum, Frankfurt am Main) schließen sich in ihren Färbungs- und Zeichnungsmerkmalen den Normaltypen Mitteleuropas an, so daß die Pyrenäen als Grenze der außerordentlich stark erhöhten Variabilität dieser Merkmale auf der Iberischen Halbinsel erscheinen. Da jene Merkmale dort wie auch im Rhein-Main-Gebiet (vergleiche FLINDT & HEMMER 1969) offenbar relativ selektionsunabhängig variieren (ähnliche Häufigkeiten der einzelnen Typen in den verschiedenen spanischen Landschaften), ist zur Erklärung für diese Einschränkung der Variabilität diesseits der Pyrenäen ein anderer Evolutionsmechanismus zu suchen. Nachdem die Verfasser zeigen konnten, daß kleine Kreuzkrötenpopulationen im Gegensatz zu großen im Hinblick gerade auf solche Färbungs- und Zeichnungsmerkmale die typischen Erscheinungen der Gendrift erkennen lassen können (FLINDT & HEMMER 1969), mag dieser Mechanismus auch für jene Variabilitätsveränderung beziehungsweise -vereinheitlichung angenommen werden.

Nachdem die Kreuzkröte heute in Skandinavien die Nordgrenze ihrer Verbreitung an der schwedischen Südwestküste findet und ihr Vorkommen dort ausgesprochen an die Zonen milden Klimas gebunden erscheint (GISLEN & KAURI 1959), ist ein Vorkommen der Art im südfranzösischen Raum (und entsprechend natürlich in den nördlicheren Regionen ihres heutigen Verbreitungsgebietes) während des Hochstandes der letzten Vereisungsphase der Würm-Eiszeit aus ökologischen Gründen als unwahrscheinlich anzusehen, da das Gebiet nördlich der Pyrenäen und an der französischen Mittelmeerküste in dieser Zeit wohl von Wald- und Strauchtundra eingenommen wurde, die sich im Rhônetal anscheinend mit Waldsteppelementen mischte (BÜDEL 1951, FRENZEL & TROLL 1952), und

die heute am Nordrand Skandinaviens verlaufende, für die letzte Eiszeit von BÜDEL (1951) rekonstruierte 10,5° Juli-Isotherme durch Südfrankreich zog. MÜLLER (1969) hält adäquate Existenzbedingungen während der Glazialzeiten im Pyrenäenvorland nur für an kühle, moorige Wald- oder Steppenheiden-Biotop angepaßte Arten der Herpetofauna für möglich. Damit sollte die Verbreitung von *Bufo calamita* zu jener Zeit auf klimatisch begünstigte Regionen der Iberischen Halbinsel beschränkt gewesen sein. Die dortigen Populationen konnten die Basis für die postglaziale Besiedlung West-, Mittel- und Osteuropas bieten. Früher geäußerte Vorstellungen über die Ausbreitung der Art stehen hiermit im Einklang (zum Beispiel HERTER & HERTER 1954, MÜLLER 1971).

Diese Neubesiedlung des nördlich der Pyrenäen gelegenen Raumes dürfte aufgrund der durch diesen Gebirgszug gegebenen Ausbreitungsschranke nur in sehr kleinen Populationen vor sich gegangen sein, so daß von dieser Seite her alle Voraussetzungen für die anzunehmenden Gendrifteffekte erfüllt sein konnten. Dem weiteren Vordringen von *Bufo calamita* nach Norden sollten im französischen Gebiet zumindest im Küstenraum kaum noch größere ökologische Hindernisse entgegen gestanden haben, was die Entstehung der im Vergleich zu den spanischen relativ einheitlich erscheinenden Populationen West-, Mittel- und Osteuropas begünstigt haben dürfte. Die Ausbreitung in Mitteleuropa ist dann mit der postglazialen Wärmezeit anzusetzen (für weitere xerophile Arten cf. MÜLLER 1971), wobei die Kreuzkröte England noch vor seiner Isolierung vom Festland erreicht haben mußte. Die für die hierzu von Südfrankreich aus in einer Zeit von vielleicht nicht viel mehr als 2000 Jahren zu überwindende Entfernung von rund 1000 km anzusetzende Mindestausbreitungsgeschwindigkeit erscheint im Blick auf Ökologie und Verhalten der Art durchaus möglich, nachdem für Kreuzkröten pro Jahr eine durch Vagabundieren erfolgende Ausbreitung über die Umgebung des ursprünglichen Laichgewässers im Umkreis unter 1 km festgestellt wurde (FLINDT & HEMMER 1968 b).

#### Z u s a m m e n f a s s u n g

An einer Reihe von Kreuzkröten (*Bufo calamita*) der Iberischen Halbinsel werden morphologische und serologische Merkmale studiert; weiterhin werden Beobachtungen zur Ökologie und Larvalentwicklung mitgeteilt. Abweichungen von den mitteleuropäischen Vertretern dieser Art finden sich hauptsächlich in der Ausbildung des Rückenbandes und in Färbung und Zeichnung, sowie im Serumeiweißbild. Diese sich vor allem in Häufigkeitsverschiebungen manifestierenden Merkmalsunterschiede rechtfertigen jedoch nicht eine unterartliche Abtrennung der spanischen Kreuzkröte. Die postglaziale Ausbreitung der Art von der Iberischen Halbinsel als eiszeitlichem Refugium wird diskutiert.

#### S u m m a r y

A series of natterjacks (*Bufo calamita*) from the Iberian Peninsula was examined for morphological and serological features. There are also given some observations on the ecology and larval development. Differences from specimens of central Europe were found mainly in the dorsal line and in colour and pattern as well as in the pattern of the serum proteins. These differences manifesting themselves mainly in different relative frequencies do not allow to regard the natterjacks from Spain as a distinct subspecies. The postglacial extension of the species from its glacial retreat area, the Iberian Peninsula, is discussed.

## Schriften

- BOETTGER, O. (1879): Amphibien aus Südportugal. — Z. gesamt. Naturwiss., 52: 497-534.
- — — (1881): Beitrag zur Kenntnis der Reptilien und Amphibien Spaniens und der Balearen. — Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., 12: 371-392. Frankfurt am Main.
- BOSCA, E. (1877): Catálogo de los Reptiles y Anfíbios observados en España, Portugal e Islas Baleares. — Anal. Soc. esp. Hist. nat., 6: 39-68. Madrid.
- BÜDEL, J. (1951): Die Klimazonen des Eiszeitalters. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 1: 16-26.
- FELDMANN, R. & REHAGE, H.-O. (1968): Zur Verbreitung und Ökologie der Kreuzkröte, *Bufo calamita* LAURENTI, 1768, in Westfalen. — Abh. Landesmus. Naturkde. Münster, 30: 19-24.
- FLINDT, R. & HEMMER, H. (1967 a): Ökologische und variationsstatistische Untersuchungen an einer *Bufo viridis* / *Bufo calamita*-Population. — Zool. Jb. Syst., 94: 162-186.
- — — (1967 b): Variation und wahrscheinliche Hybridisation in einer *Bufo viridis* / *Bufo calamita*-Population. — Zool. Beitr., NF, 13: 149-160.
- — — (1967 c): 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. Frankfurt am Main.
- — — (1968 b): Beobachtungen zur Dynamik einer Population von *Bufo viridis* LAUR. und *Bufo calamita* LAUR. — Zool. Jb. Syst., 95: 469-476.
- — — (1969): Vergleichende Untersuchung zum Aufbau zweier unterschiedlich zusammengesetzter *Bufo viridis* / *Bufo calamita*-Populationen. — Zool. Beitr., NF, 15: 219-235.
- — — (1970 a): Kreuzungsversuche mit *Bufo calamita*, *Bufo viridis viridis* und *Bufo viridis arabicus* (Amphibia, Bufonidae). — Salamandra, 6: 94-98. Frankfurt am Main.
- — — (1970 b): 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., HEMMER, H. & JAEGER, R. (1968): Das Serumweißbild mitteleuropäischer Anuren. — Zool. Jb. Physiol., 74: 155-163.
- FRENZEL, B. & TROLL, C. (1952): Die Vegetationszonen des nördlichen Eurasiens während der letzten Eiszeit. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 2: 154-167.
- FREYTAG, G. E. (1961): Lurche - Amphibia. In STRESEMANN, E.: Exkursionsfauna von Deutschland, Wirbeltiere. — Berlin (Volk und Wissen).
- GISLEN, T. & KAURI, H. (1959): Zoogeography of the Swedish amphibians and reptiles, with notes on their growth and ecology. — Acta vertebratica, 1: 191-397.
- HEMMER, H. & KADEL, K. (1971): Untersuchungen zur Laichgröße nebst Bemerkungen zur Populationsdynamik der Kreuzkröte (*Bufo calamita* LAUR.) und der Wechselkröte (*Bufo viridis* LAUR.). — Zool. Beitr., NF, 17: 327-336.
- — — (1972): Gewichtsstatus und Wachstumsverlauf bei der Kreuzkröte (*Bufo calamita* LAUR.). — Forma et functio, 5: 113-120.
- HERTER, K. & HERTER, W.-R. (1954): Die Verbreitung der Kreuzkröte (*Bufo calamita* LAUR.) und der Wechselkröte (*Bufo viridis* LAUR.) in Europa. — Zool. Beitr., NF, 1: 203-218.
- HEUSSER, H. & MEISTERHANS, K. (1969): Zur Populationsdynamik der Kreuzkröte, *Bufo calamita* LAUR. — Vierteljahrsschr. naturforsch. Ges. Zürich, 114: 269-277.

- KÖNIG, D. (1960): Bemerkungen über die Lurche und Kriechtiere in SO-Thüringen. — Abh. Ber. naturkd. Mus. „Mauritianum“ Altenburg, 2: 89-101.
- LATTIN, G. DE (1967): Grundriß der Zoogeographie. — Stuttgart (G. Fischer).
- LEEGE, O. (1941): Kreuzkröten auf den Nordseeinseln. — Naturwiss. Monatsschr. Heimat, 54: 73-77.
- LUNAU, C. (1933): Faunistisches und Biologisches von unseren Froschlurchen. Ein Beitrag zur Fauna Schleswig-Holsteins. — Schr. naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, 20: 18-30.
- MERTENS, R. (1925): Amphibien und Reptilien aus dem nördlichen und östlichen Spanien. — Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., 39: 27-129. Frankfurt am Main.
- — — (1947): Die Lurche und Kriechtiere des Rhein-Main-Gebietes. — Frankfurt am Main (W. Kramer).
- MERTENS, R. & WERMUTH, H. (1960): Die Amphibien und Reptilien Europas. — Frankfurt am Main (W. Kramer).
- MEYER, W. (1949): Die 407 Wirbeltiere im Raum Meer-Main-Maas-Mittellelbe. — Oldenburg (Stalling).
- MÜLLER, P. (1969): Einige Bemerkungen zur Verbreitung von *Vipera aspis* (Serpentes, Viperidae) in Spanien. — Salamandra, 5: 57-62. Frankfurt am Main.
- — — (1971): Biogeographische Probleme des Saar-Mosel-Raumes dargestellt am Hammelsberg bei Perl. — Faunist. florist. Notizen Saarland, 4: 1-14.
- TUNNER, H. G. (1970): Das Serumweißbild einheimischer Wasserfrösche und der Hybridcharakter von *Rana esculenta*. — Verh. dtsh. zool. Ges., 1970: 352-358.
- WIELAND, T. & DOSE, K. (1954): Veränderungen der Proteinverteilung im Blutserum bei der Amanitinvergiftung. — Biochem. Z., 325: 439-447.

Verfasser: Dr. RAINER FLINDT, Pädagogische Hochschule, 7140 Ludwigsburg, Reute Allee 46. — Dr. HELMUT HEMMER, Universität Mainz, Institut für Physiologische Zoologie, 65 Mainz.