

## Untersuchungen zur Wasserchemie von Kreuzkröten-Laichgewässern

DETLEV BREGULLA

### Abstract

Four spawn-ponds of the Natterjack Toad, *Bufo calamita*, were investigated on several chemical compounds (temperature, pH, ammonia, oxygen, phosphate, sulfur, chloride, carbonate and hardness). The results are discussed in their ecological significance.

Key words: Breeding pond; water chemistry; *Bufo calamita*.

### Einleitung

Untersuchungen über die Chemie von Amphibienlaichgewässern sind in der Literatur selten vertreten. Erste Ansätze sind in der Arbeit von BRANDT & FREYTAG (1950) zu finden, jedoch wurden erst spät Zusammenhänge zwischen Wasserchemie und Amphibienpopulationen hergestellt. Die Arbeiten von LAMMERING (1979) und CLAUSNITZER (1979) sowie zum Teil die Arbeit von KELLER & GUTSCHE (1979) berücksichtigen einige Parameter als Faktoren zur Beurteilung der Qualität von Amphibienlaichgewässern.

In der vorliegenden Arbeit stelle ich die Ergebnisse einer einjährigen (1985) Untersuchung von vier Laichgewässern vor, die hauptsächlich oder ausschließlich von Kreuzkröten, *Bufo calamita*, benutzt werden.

### Arbeitsgebiet und Methoden

Die Gewässer liegen alle im Kreisgebiet Herne (Bundesrepublik Deutschland, Ruhrgebiet — TK 25: 4409 und 4408) und sind nach FELDMANN (1981) als charakteristische Kreuzkrötenhabitate zu bezeichnen. Im einzelnen sind dies:

Gewässer A (TK 25: 4408/4): Temporäres Kleinstgewässer mit einer maximalen Ausdehnung von  $8 \times 10$  m, maximale Tiefe 0,25 m. Bodengrund: 40 % Lehm, 60 % Altberge (Altberge: Taubes, meist mit Steinkohleresten versetztes Gestein aus dem Untertagebergbau, das bereits einige Jahre Witterungseinflüssen ausgesetzt war und dessen wasserlösliche Komponenten, wie Nitrat, bereits ausgewaschen sind.). Bodenbedeckung: 60 % in den Randgebieten mit Gräsern.

Besonnung 100 %, sehr große Austrocknungstendenz. Laichplatz von etwa 25—30 *Bufo calamita*.

Gewässer B (TK 25: 4408/3): Auch in sehr trockenen Sommern beständiges Gewässer mit einem Durchmesser von 12 m, maximale Tiefe 0,4 m. Bodengrund: Kokskohlerückstände und Altberge. Bodenbedeckung: 40 % vorwiegend in den Randbereichen mit Gräsern und Ruderalflora. Laichplatz von mehr als 50 Kreuzkröten, vergesellschaftet mit Teichmolchen, *Triturus v. vulgaris*, wenigen Bergmolchen, *Triturus a. alpestris* und sporadisch auftretenden Geburtshelferkröten, *Alytes o. obstetricans*.

Gewässer C (TK 25: 4409/2): Größte Ausdehnung 12 × 5 m, maximale Tiefe 0,6 m, Bodengrund: Lehm. Bodenbedeckung: 95 %, hauptsächlich Wasserstern und Armeleuchteralgen. Besonnung 100 %. Sehr geringe Austrocknungstendenz. Laichplatz von 5—10 Kreuzkröten, vergesellschaftet mit Erdkröten, *Bufo b. bufo*, Teichmolchen und gelegentlich zu beobachtenden Wasserfröschen, *Rana esculenta*.

Gewässer D (TK 25: 4409/4): Zwei dicht beieinanderliegende Gewässer, die bei Wasserhöchststand miteinander verbunden sind. Größe etwa 3 × 2 m und 2,5 × 2 m, maximale Tiefe 0,35 m. Bodengrund: Lehm. Bodenbedeckung: 0 %, jedoch wenige *Typha*. Mittlere Austrocknungstendenz. Laichplatz von etwa 15 Kreuzkröten, vergesellschaftet mit Grasfröschen, *Rana t. temporaria*, und sporadisch auftretenden Wasserfröschen, *Rana esculenta*.

Angaben zur Herpetofauna des Umlandes der Gewässer C und D sind der Arbeit von BREGULLA (1984) zu entnehmen.

Zur Bestimmung der Wassergüte habe ich folgende physikalische und chemische Parameter ausgewählt: Temperatur, pH-Wert, Sauerstoff ( $O_2$ ) und Sauerstoffdefizit, Gesamt- und Carbonathärte (angegeben in °dH: Grad deutscher Härte — 1°dH entspricht 10 mg/l CaO. Andere, die Wasserhärte mitbestimmende Stoffe, zum Beispiel MgO, werden durch Umrechnung erfaßt.), Ammonium ( $NH_4^+$ ), Phosphat ( $PO_4^{3+}$ ), Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) und Chlorid ( $Cl^-$ ). Daneben habe ich gelegentlich auf Nitrat ( $NO_3^-$ ), Nitrit ( $NO_2^-$ ) und Eisen ( $Fe^{3+}$ ) geprüft.

Auf die Anwendung moderner chemischer Analytik habe ich verzichtet und statt dessen feldmäßig anwendbare, auch vom chemischen Laien beherrschbare Methoden ausgewählt. Die Bestimmung oben genannter Bestandteile erfolgte mit einem Analysenset der Fa. Macherey-Nagel (Düren), Fabrikat Visicolor®.

Die betreffenden Gewässer habe ich von März bis August 1985 in etwa vierwöchigem Abstand untersucht, für die Gewässer C und D lagen bereits einige Daten aus 1984 vor. Die Gewässer wurden zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse möglichst rasch aufeinanderfolgend beprobt. Temperatur und Sauerstoff habe ich stets am Gewässer bestimmt, die anderen Komponenten zum Teil unter Anwendung von Verdünnungs- und Konzentrierungsreihen später. Die Entnahmetiefe betrug jeweils etwa 0,1 m, soweit der Wasserstand nicht niedriger war.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Tabellen 1 bis 4 (Gewässer A bis D) gefaßt dargestellt.

Tabelle 1 (Gewässer A)

Monat	März	April	Mai	Juni	Juli	August
Temperatur	11	23	27,5	34	31	18
pH-Wert	6,5	6,5	7,0	7,0	6,5	7,2
Carbonathärte	0,75	1	0,75	0,75	1	1
Gesamthärte	4,0	4,5	4,5	4,0	3,5	4,0
Sauerstoff	8,0	9,0	6,1	5,0	5,5	7,0
Sauerstoffdefizit	25%	+7,4%	22%	30%	26%	24%
Ammonium	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Phosphat	0	0	0	0	0	0
Sulfat	70	75	70	70	70	70
Chlorid	50	55	60	60	50	50
<i>B. c.</i> -Laich	0	11	3	4	0	0
<i>B. c.</i> -Larven	—	—	+	+	+	—
sonstige Amphibien	—	—	—	—	—	—

Ergebnisse einjähriger chemischer Untersuchungen an den vier Laichgewässern. Temperatur in °C, Carbonat- und Gesamthärte in °dH (Grad deutscher Härte), alle anderen Angaben in mg/l. *B. c.*: *Bufo calamita*, *T. v.*: *Triturus vulgaris*, *B. b.*: *Bufo bufo*, *R. e.*: *Rana esculenta* und *R. t.*: *Rana temporaria*.

Die Zahlen und die Reihe 11 bezeichnen die Anzahl Laichschnüre, + und ++ das Vorhandensein von Larven.

Results of determination of some chemical compounds. Temperature in degrees Celsius, Carbonate and Hardness in °dH, all other results in mg/l. Abreviation of species see above; numbers in line 11 are numbers of spawn, + and ++ indicate larvae.

Tabelle 2 (Gewässer B)

Monat	März	April	Mai	Juni	Juli	August
Temperatur	10,5	21	26	34,5	30	17
pH-Wert	7	7	6,5	6,5	7	6,5
Carbonathärte	1,25	1,5	1,5	1,25	1,25	1,5
Gesamthärte	3,25	3,25	3,5	3,5	3,25	4,0
Sauerstoff	7,2	8,5	7,0	4,8	5,9	7,6
Sauerstoffdefizit	33,4%	2%	12,5%	23,2%	21,6%	18,9%
Ammonium	0,2	0,2	0,5	1,5	0,5	0,5
Phosphat	0	0	0	0	Spuren	0
Sulfat	70	70	70	75	70	80
Chlorid	10	15	10	20	20	10
<i>B. c.</i> -Laich	—	36	11	7	1	—
<i>B. c.</i> -Larven	—	—	++	+	+	wenige
sonstige Amphibien	—	<i>T. v.</i>	<i>T. v.</i> - Larven	<i>T. v.</i> - Larven	—	—

Tabelle 3 (Gewässer C)

Monat	März	April	Mai	Juni	Juli	August	August 1984
Temperatur	9,8	25,4	28,5	37,8	31,8	17	17,7
pH-Wert	7,7	7,8	8,0	8,0	7,7	7,5	7,7
Carbonat-härte	6	6	5,25	4,0	4,0	4,0	5,25
Gesamthärte	8,75	9,25	9	5,25	5,5	5,5	7,75
Sauerstoff	10,8	8,0	7,5	4,7	7,0	9,2	9
Sauerstoff-defizit	2%	7,3%	5,9%	—	—	1,8%	7%
Ammonium	0,35	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3
Phosphat	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat	60	60	60	60	60	60	60
Chlorid	5	15	15	10	10	15	10
<i>B. c.</i> -Laich	—	2	4	0	0	0	0
<i>B. c.</i> -Larven	—	—	+	+	—	—	+
sonstige Amphibien	<i>B. b.</i>	<i>B. b.</i>	<i>B. b.</i>	<i>B. b.</i>	<i>T. v.</i>	—	<i>T. v.</i>
	<i>B. b.</i> - Laich	<i>B. b.</i> - Larven <i>T. v.</i>	<i>B. b.</i> - Larven <i>T. v.</i> <i>T. v.</i> - Larven	<i>B. b.</i> - Larven <i>T. v.</i> <i>T. v.</i> - Larven	<i>T. v.</i> - Larven		<i>T. v.</i> - Larven

Tabelle 4 (Gewässer D)

Monat	März	April	Mai	Juni	Juli	August	August 1984
Temperatur	10,7	28,9	31,7	35,0	30,1	16,3	19,5
pH-Wert	6,7	7,7	7,8	7,0	6,5	6,5	7,0
Carbonat-härte	3,75	4,0	4,0	3,75	5,25	4,5	2,25
Gesamthärte	7,5	5,25	5,5	5,25	5,25	5,25	5,25
Sauerstoff	8,6	—	6,9	7,0	6,05	9,0	—
Sauerstoff-defizit	20%	—	6,1%	0%	19,6%	5,3%	—
Ammonium	0	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0	0,5
Phosphat	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat	80	90	80	80	80	90	90
Chlorid	10	10	10	10	10	10	10
<i>B. c.</i> -Laich	—	5	5	2	—	—	1
<i>B. c.</i> -Larven	—	+	+	+	+	—	+
sonstige Amphibien	<i>R. t.</i>	<i>R. t.</i>	<i>R. t.</i>	<i>R. e.</i>	<i>R. e.</i>	—	<i>R. e.</i>
	<i>R. t.</i> - Laich	<i>R. t.</i> - Larven	<i>R. t.</i> - Larven				

Bei den Temperaturen der Gewässer ergibt sich eine erhebliche Bandbreite von unter 15°C bis weit über 30°C. Die Temperatur eines Gewässers ist vor allem von der Tiefe, der Beschaffenheit (Material und Farbe) sowie der Besonnung abhängig. Obwohl die Gewässer A und B wegen ihres dunklen, steinigen Bodens extreme Temperaturen erwarten ließen, werden die gemessenen Werte von den Gewässern C und D erreicht oder sogar überschritten. Dies ist auf die im Untersuchungszeitraum verhältnismäßig kühle und sonnenscheinarme Witterung mit zum Teil ergiebigen Niederschlägen zurückzuführen. Zumindest bei Gewässer A ist bei hoher Lufttemperatur, Sonnenscheindauer und geringer Wassermenge eine Temperatur von mehr als 40°C wahrscheinlich. Der Bodengrund der Gewässer A und B hat aufgrund seiner Fähigkeit zur Wärmespeicherung eine, im Vergleich zu den anderen Gewässern, deutlich höhere Temperatur in den Abendstunden sowie raschere Erwärmung zur Folge, so daß die Tagesdurchschnittstemperaturen von A und B über denen von C und D liegen.

Die Kreuzkröte ist als eine der wenigen einheimischen Arten an hohe Temperaturen in den Laichgewässern angepaßt. Die Larven besitzen nach meinen Beobachtungen beim Schlupf bereits  $\frac{1}{4}$  ihrer Endlänge und können sich innerhalb vier Wochen zur Jungkröte entwickeln. In der Arbeit von ANDRÉN & NILSON (1985) wird angenommen, daß sich die Kröten bei der Auswahl der Laichgewässer so verhalten, daß die großen, das heißt relativ kühlen, jedoch wenig austrocknungsgefährdeten, und die sehr kleinen, das heißt die sehr warmen, jedoch stark austrocknungsgefährdeten, Gewässer gemieden werden. Dies kann ich nicht unbedingt bestätigen, da zum Beispiel das relativ warme und wenig von Austrocknung gefährdete Gewässer B von den Kröten nicht signifikant gegenüber dem 150 m entfernten Gewässer A (und einigen Gewässern gleicher Größenordnung wie A) bevorzugt wird. Auch werden wesentlich kleinere Gewässer, die meist innerhalb einer Woche austrocknen und wenige Meter von A entfernt liegen, oftmals gegenüber A bevorzugt (bisher beobachtetes kleinstes Laichgewässer: 0,5 × 0,1 m, Tiefe 0,1 m).

Die für die Entwicklung von Laich und Larven besonders interessanten Maximalwerte, bei denen die Temperatur als letal wirkender Faktor zum Tragen kommt, wurden in vorliegender Arbeit nicht ermittelt. Die Larve der Kreuzkröte ist jedoch in der Lage, sich bei Dauertemperaturen von über 35°C erfolgreich zu entwickeln. Auf eine experimentelle Bestimmung einer letal wirkenden Temperatur habe ich aus artenschutzrechtlichen Gründen verzichtet.

Die Bedeutung des pH-Wertes für eine erfolgreiche Entwicklung von Amphibien ist seit der Arbeit von BRANDT & FREYTAG (1950) bekannt. In den untersuchten Gewässern liegt der pH-Wert zwischen 6,5 und 8,0, also nicht weit vom Neutralpunkt (pH = 7,0). Die Arbeit von KELLER & GUTSCHE (1979) gibt pH-Amplituden von pH 6 bis 8 an, Werte, die in vorliegender Untersuchung nicht gefunden wurden. Es ist jedoch anzumerken, daß hier zunächst nur „optimale“ Biotope (FELDMANN 1981, BLAB 1977) — also weitgehend ohne irgendwelche Schadeinflüsse — untersucht werden. Der pH-Wert scheint von geringem diagnostischem Wert.

Die Härte des Wassers ist in allen Fällen gering bis sehr gering. Die periodisch austrocknenden Gewässer zeigen dabei eine deutlich geringere Härte als die perennierenden Gewässer. Aus der geringen Härte, besonders der Carbonathärte, ergibt sich eine geringe Pufferfähigkeit des Wassers, so daß kurzzeitige Schwankungen des pH-Wertes um mehrere Einheiten auftreten können. Kreuzkröten bevorzugen in der Regel Kleinstgewässer, die mit Regenwasser, also sehr weichem Wasser gefüllt sind. Auf eine Präferenz der Kröte für weiches Wasser kann nicht geschlossen werden. Die Arbeit von KELLER & GUTSCHE nennt Härten von 2° dH bis über 40° dH als tolerierbar für *Bufo calamita*.

Die Sauerstoffsättigung des Gewässers in Abhängigkeit von der Temperatur ist in allen Fällen sehr gut. Trotz zum Teil erheblicher Abundanzen in den Laichgewässern ergeben sich keine wesentlichen Sauerstoffdefizite: Im Gewässer A habe ich mehrfach mehrere Zehntausend Larven in nur wenigen Litern Wasser bei Sauerstoffsättigungen nahe 90 % beobachtet. Wie bereits in anderen Arbeiten festgestellt, ist die Sauerstoffsättigung in *Bufo-calamita*-Laichgewässern erstaunlich hoch und wird auch durch die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigt.

Die Ammoniumkonzentration ist in allen Gewässern meßbar hoch. Normalerweise weisen natürliche Gewässer keine oder eine sehr geringe (~ 0,1 mg/l) Ammoniumkonzentration auf. In den untersuchten Gewässern findet man dagegen teilweise überhöhte Werte. Dies trifft besonders auf die vegetationsarmen Gewässer zu, die zudem hohe Besiedlungsdichten aufweisen. Mit steigender Populationsdichte sowie fortschreitender Larvalentwicklung nimmt die Ammoniumkonzentration zu. Offenbar hat dies jedoch keinen Einfluß auf die Larvalentwicklung (Gewässer C und D). Kreuzkröten sind offenbar ammoniumtolerant.

Die Phosphatwerte lagen immer unter der Nachweisgrenze von 1 mg/l.

Die Salzkonzentrationen, indiziert durch Chlorid und Sulfat, sind in allen Gewässern gleich hoch. Bei Chlorid wird nur das untere Ende der Skala von KELLER & GUTSCHE (1979) erreicht. Die Gewässer sind nach POTT (1983) als oligotroph zu bezeichnen. Der Sulfatwert erreicht in allen Fällen die Grenze von 100 mg/l nicht, die nach HÖLL (1979) als Grenze für verunreinigtes Wasser anzusehen ist. Die Salzbelastung habe ich vor allem deshalb untersucht, um einen Zusammenhang zwischen Bodengrund (Bergematerial ist in der Regel stark sulfat- und chloridhaltig) und der Larvalentwicklung herzustellen. Dies konnte nicht schlüssig nachgewiesen werden. Die Kreuzkröte scheint recht salztolerant zu sein. Im Küstenbereich wurden Kreuzkröten mehrfach in Brackgewässern nachgewiesen (ANDRÉN & NILSON 1979, 1985, MATHIAS 1971). ANDRÉN & NILSON ermittelten für Larven der Kreuzkröte eine LD 100 (2 Stunden) von 2 800 mg/l Chlorid, MATHIAS für adulte Tiere eine LD 100 von 1 600-1 700 mg/l Chlorid bei einer Aufenthaltsdauer von vier Tagen.

Die nur sporadisch erfaßten Parameter Nitrat, Nitrit und Eisen wurden nicht oder nur in Spuren nachgewiesen. Eine diagnostische Bedeutung zur Beurteilung der Wasserqualität von Laichgewässern der Kreuzkröte ist daraus nicht abzuleiten.

## Dank

Ich danke dem Bund für Umwelt und Naturschutz e.V., Kreisgruppe Herne, für finanzielle Unterstützung dieser Arbeit.

## Zusammenfassung

Vier charakteristische Laichgewässer der Kreuzkröte, *Bufo calamita*, wurden auf einige chemische Komponenten untersucht (Temperatur, pH-Wert, Härte, Ammonium, Sauerstoff, Phosphat, Chlorid und Sulfat). Charakteristisch für die Laichgewässer dieser Kröte sind neben hohen Wassertemperaturen sehr hohe Sauerstoffsättigungen. Alle untersuchten Gewässer weisen sehr weiches Wasser auf; hinsichtlich Ammonium und Salzen scheint die Kreuzkröte tolerant zu sein.

## Schriften

- ANDRÉN, C. & G. NILSON (1979): On the distribution of the natterjack toad (*Bufo calamita*) along the Swedish west coast. — Fauna Flora, Stockholm, 71: 121-132.
- (1985): Breeding pool characteristics and reproduction in an island population of natterjack toads, *Bufo calamita* LAUR., at the Swedish west coast. — Amphibia-Reptilia, Leiden, 6: 137-142.
- BRANDT, H. J. & G. E. FREYTAG (1950): Die tödlichen pH-Werte beim Axolotl (*Siredon mexicanum*). — Mitt. Mus. Naturk. Vorgesch., Magdeburg, 2: 129-132.
- BLAB, J. (1978): Untersuchungen zu Ökologie, Raum-Zeit-Einbindung und Funktion von Amphibienpopulationen. Ein Beitrag zum Artenschutzprogramm. — Schriftenr. Landschaftspf. Natursch., Bonn-Bad Godesberg, Heft 18, 1-141.
- BREGULLA, D. (1984): Herpetologische Anmerkungen zum Feuchtgebiet ‚Voßnacken‘ in Herne. — Natur Heimat, Münster, 44: 73-82.
- CLAUSNITZER, H.-J. (1979): Durch Umwelteinflüsse gestörte Entwicklung beim Laich des Moorfrosches (*Rana arvalis*). — Beitr. Naturk. Nieders., Hannover, 32: 68-78.
- FELDMANN, R. (Hrsg.) (1981): Die Amphibien und Reptilien Westfalens. — Abh. Landesmus. Naturk. Münster, 43: 1-161.
- HÖLL, K. (1979): Wasser: Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie, Biologie. — Berlin und New York (de Gruyter), 515 S.
- KELLER, P. & C. GUTSCHE (1979): Amphibien und ihre Lebensräume. — Diplomarbeit Technische Universität Berlin, 201 S. (unveröffentlicht)
- LAMMERING, L. (1979): Bestandsaufnahmen an Amphibienlaichplätzen im Raum ‚Billerbecker Land‘ (Kreis Coesfeld). — Natur Heimat, Münster, 39: 33-42.
- MATHIAS, J. (1971): The comparative ecologies of two species of amphibia (*Bufo bufo* and *Bufo calamita*) in the Aisdale Sand Dunes Nature Reserve. — Dissertation University of Manchester
- POTT, R. (1983): Die Vegetationsabfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. — Phytocoenologia, Berlin/Stuttgart, 407-430.

Eingangsdatum: 5. September 1985

Verfasser: DETLEV BREGULLA, Voß-Straße 1, D-4690 Herne 1.