

Nachweis der Sonnenorientierung bei subadulten Erdkröten (*Bufo bufo* L.)

Von Thorsten Buck-Dobrick

Abstract: Distinct orientation capability in and near the breeding pond is shown not only by migrating adults but also by freshly metamorphosed and subadult toads. In the first weeks after metamorphosis subadult toads can be observed near their pond. They seem to be capable of returning regularly to the banks of their breeding pond from the near vicinity. This behavior pattern implies a particular form of orientation. In the year 1987, the forms and mechanisms of these orientation processes were studied at a natural body of water under controlled conditions. The y-axis orientation described by FERGUSON & LANDRETH (1966), where the animals go back and forth at a fixed angle between the bank and the near vicinity of the water, was shown for the first time also for the young of the toad. The sun plays a decisive role as main point of orientation. Holding for 24 h in darkness had no significant influence on the capability for orientation. Afterwards, the young toads are still able to relate the sun's position to a direction. This capability can only be explained by assumption of an internal timekeeper.

Einleitung

Während über das Verhalten von adulten Anuren eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt wurde, liegen zur Ethologie und Ökologie der Jungtiere nur wenig Ergebnisse vor. Aus diesem Grunde wurde das Verhalten subadultler Erdkröten direkt im Anschluß an die Metamorphose und im Verlauf der ersten Lebenswochen untersucht. Dabei galt das besondere Interesse dem Orientierungsverhalten in der Nähe der Geburtsgewässer. In den ersten Wochen im Anschluß an die Metamorphose lassen sich subadulte Erdkröten in der Nähe ihres Gewässers beobachten. Sie scheinen dabei die Fähigkeit zu besitzen, aus dem Umfeld des Geburtsgewässers regelmäßig zum Ufer zurückzukehren. Diese Verhaltensweise setzt eine besondere Form der Orientierung voraus.

Durch Arbeiten von DOLE (1972), FERGUSON & LANDRETH (1966), FERGUSON u. a. (1968), GOODYEAR (1971 a u. b), GORMAN & FERGUSON (1970), GRUBB (1973) sowie TRACY (1971) konnte nachgewiesen werden, daß bei verschiedenen subadulten Anuren die Sonne bei der Orientierung in der Nähe ihrer Geburtsgewässer eine bedeutende Rolle spielt. Mit Hilfe der Sonne sind die Tiere in der Lage, anhand einer von FERGUSON & LANDRETH (1966) beschriebenen Y-Achsen-Orientierung ihre Ausstiegsweg wiederzufinden. Bei der Y-Achse handelt es sich um eine Richtung, welche die Uferlinie in einem rechten Winkel durchschneidet. Durch das Einhalten eines bestimmten Winkels zur Uferlinie wird es den Jungkröten möglich, bei Bedarf zum Ufer zurückzukehren. Subadulte

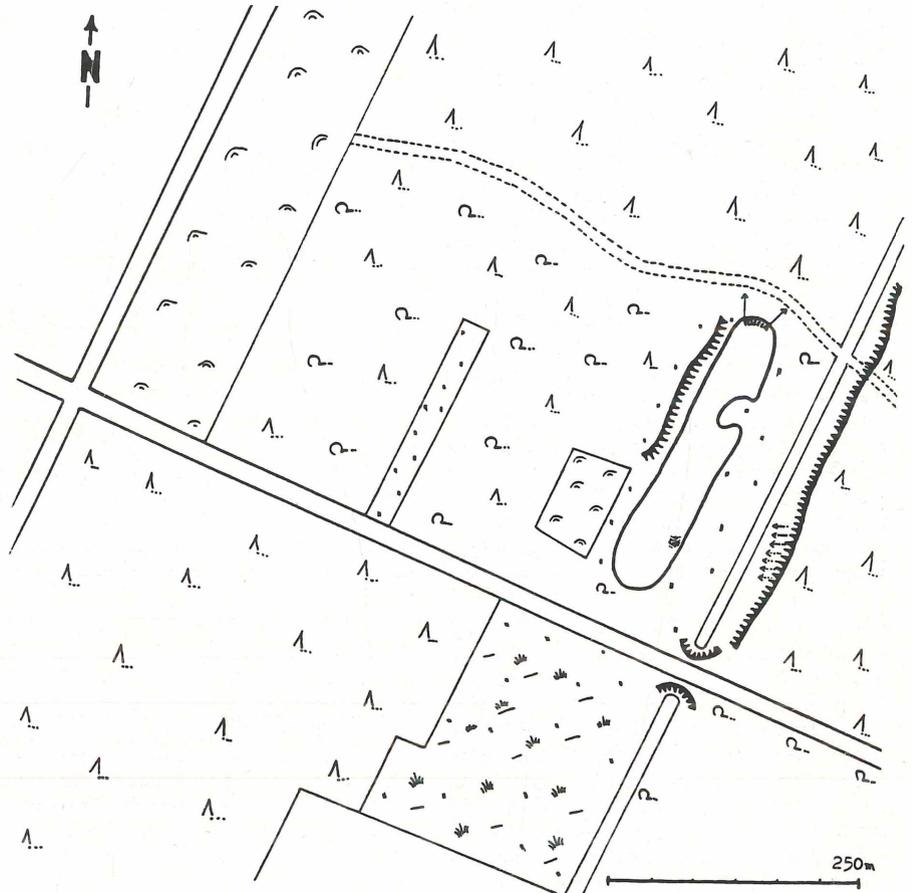


Abb. 1: Das Versuchsgewässer nahe Avendorf. Δ = Nadelwald, \circ = Laubwald, "..." = Wiese, "..." = Moor, "..." = Anwanderrichtung der Adulten, "..." = Ansammlung weit entwickelter Larven und Ausstiegsbereich der Jungkröten, \odot = Laichplatz, \nwarrow = Abwanderrichtung der Jungkröten, \blacktriangle = Böschung.

Individuen der Arten *Bufo boreas*, *B. fowleri*, *B. valliceps* und *Rana catesbeiana* benutzen diese Art der Orientierung, um zwischen dem Ufer und der näheren Umgebung des Gewässers hin- und herzu pendeln.

Mit den von mir durchgeführten Untersuchungen wurde überprüft, welche Bedeutung ein derartiger Orientierungsmechanismus für die Jungtiere der einheimischen Erdkröte (*Bufo bufo*) hat.

Danksagung: Die experimentellen Arbeiten zur Orientierung wurden im Parkgelände des Vereins Jordsand zum Schutze der Seevögel und der Natur e.V. in Wulfsdorf/Ahrensburg durchgeführt. Ich danke dem Verein für die Bereitstellung von Arbeitsmöglichkeiten.

Material und Methoden

Im Juli des Jahres 1987 wurden am nördlichen bis nordöstlichen Ufer eines Gewässers in der Nähe von Avendorf im

Landkreis Harburg frisch metamorphosierte Exemplare der Erdkröte in unterschiedlicher Entfernung vom Ufer gefangen. Die Tiere wurden dabei in einem Bereich angetroffen, der um jeweils 22,5 Grad rechts und links von einer senkrecht auf das Ufer gerichteten Linie lag (Abb. 1). Die überwiegende Mehrzahl der Jungkröten hielt sich jedoch in einem Sektor auf, der rechts und links lediglich ca. 10 Grad von dieser Linie abwich. Die Jungkröten wurden unmittelbar nach dem Fang in undurchsichtigen, geschlossenen Plastikemern im Auto nach dem ca. 60 km entfernten Parkgelände des Vereins Jordsand bei Ahrensburg verfrachtet. In einer runden Arena von 6 Metern Durchmesser wurden Versuchsläufe zur Beurteilung der Orientierung anhand der Sonne durchgeführt. Die Arena war von einer 2,5 Meter hohen weißen Plastikfolie umgeben, die an einer zwischen Pfählen gespannten Leine befestigt war. In der

Arena war das Sichtfeld der Jungkröten auf den Boden, die Folienwände und den Himmel beschränkt. Mittels einiger Klinikersteine, die hintereinanderliegend ca. einen Meter von der Folie in Richtung Mittelpunkt der Arena vorsprangen, wurden 16 identische Segmente gebildet. Um die Aktionen der Jungkröten besser beobachten zu können, entfernte ich die Vegetation in der Arena. Die Jungkröten konnten mit Hilfe eines Eimers, bei dem sich das Oberteil durch eine Leine vom Boden abheben ließ, in der Mitte der Arena freigelassen werden. Ein langer Holzstab diente dazu, den Eimer einzusetzen, ohne die Arena betreten zu müssen. Beobachtet wurde von jeweils zwei Personen durch kleine Löcher in den Folienwänden. Direkt nach dem Einsetzen in die Arena blieben die Jungkröten für 2 Minuten in dem oben offenen Eimer sitzen. 10 Minuten nach dem Entfernen des Eimers wurde die Anzahl der Tiere in den einzelnen Segmenten ausgezählt. Getestet wurden jeweils Gruppen von 15 bis 25 Jungkröten. Die Versuchsserien wurden sowohl bei klarem Himmel und deutlich sichtbarer Sonne als auch bei bedecktem und stark bewölktem Himmel im Zeitraum zwischen 9 und 19 Uhr zu verschiedenen Tageszeiten durchgeführt. Nach den Versuchsläufen wog ich jeweils 15–20 Tiere auf einer Analysenwaage. Anschließend wurden die Tiere zur Ermittlung der Kopf-Rumpflänge vermessen. Eine Hälfte der Jungkröten wurde unmittelbar danach freigelassen, die andere Hälfte verblieb für 14–24 Stunden in einem lichtundurchlässigen Behälter (das Zurückhalten der Jungkröten für einen bestimmten Zeitraum wird im folgenden als Retardieren bezeichnet). Am darauffolgenden Tag wurde geprüft, ob die Hälterung im Dunkeln einen Einfluß auf die Orientierung der Tiere hat. Sollte die Orientierungshäufigkeit weiterhin vorhanden sein, müssen die Tiere die Fähigkeit besitzen, den Verlauf der Sonne mittels einer inneren Uhr zu verrechnen.

Ergebnisse

In der Abb. 2 sind die Ergebnisse der Versuchsläufe bei klarem Himmel und deutlich sichtbarer Sonne sowie bei bewölktem Himmel dargestellt. Die Daten wurden mittels des chi-quadrat-Tests (RAO 1972) für Kreisstatistik und gruppierte Werte gegen eine theoretische, gleichmäßige Verteilung geprüft. Die Anwendung des V-Tests (GREENWOOD & DURAND 1955) ermöglicht die Darstellung eines mittleren Vektors sowie die Verifikation der Annahme, daß sich die Einzeldaten um eine theoretische Richtung häufen. Die Einseitigkeit der Ausrichtung dieses Vektors wird mit Hilfe des Rayleigh-Tests (BATSCHELET 1981) überprüft.

Kröten, die unmittelbar nach dem Verfrachten in der Arena getestet worden sind, zeigen keine Zufallsverteilung auf die Sektoren. Der chi-quadrat-Test liefert eine hohe Signifikanz auf dem Niveau $p <$

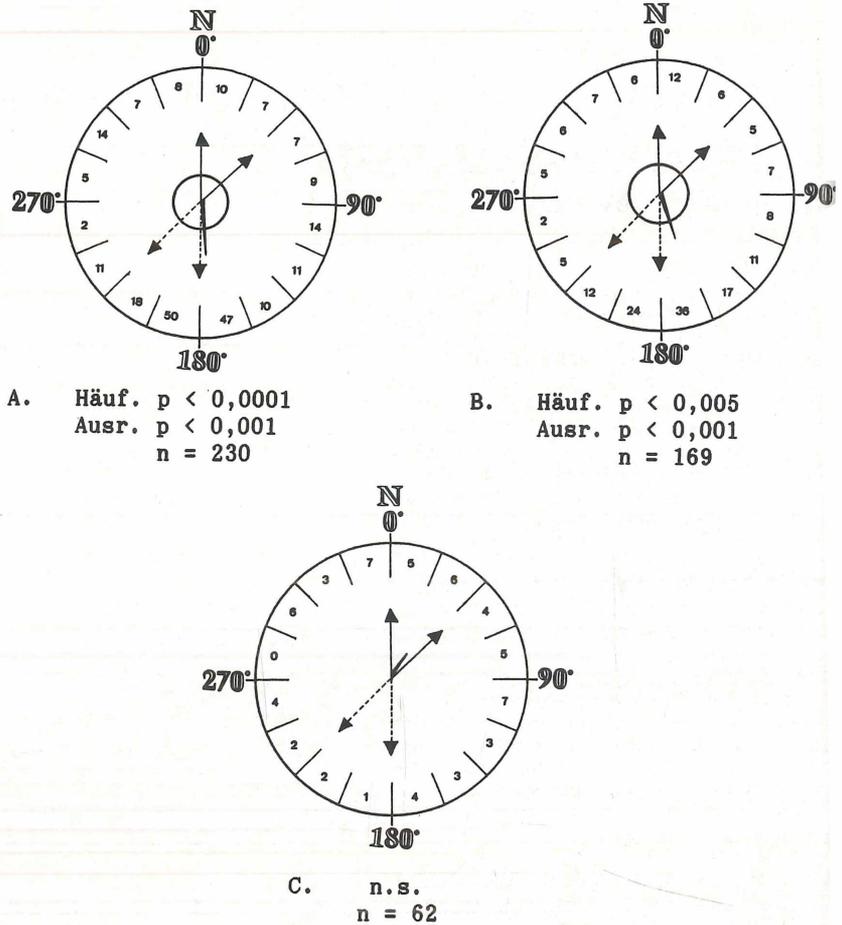


Abb. 2: Verteilung der Jungkröten bei klarem Himmel. A. Direkt nach dem Verfrachten. B. Nach 14–24 Stunden Retardation. C. Verteilung der Jungkröten bei stark bewölktem Himmel. Liegt eine signifikante oder tendenzielle Einseitigkeit der Ausrichtung des mittleren Vektors (Ausr.) vor, ist die Grenze durch einen Kreis mit entsprechendem Durchmesser angegeben. Häuf. = Häufung um eine theoretische Richtung. \blacktriangle = Sektor der Abwanderung vom Ufer des Geburtsgewässers. \dashv = Sektor, der zurück zum Ufer führt (theoretische Richtung). \blacktriangleright = mittlerer Vektor.

0,001 (Abb. 2 A). Es liegt eine augenscheinliche Bevorzugung der südlichen Richtung vor (Eindeutigkeit der Ausrichtung bei $p < 0,001$). Der mit dem V-Test errechnete mittlere Vektor beträgt 177,18 Grad. Die Vorgabe einer theoretischen Richtung, die die Jungtiere zum Ufer zurückführen würde und die in einem Bereich zwischen 180 und 225 Grad liegt, ergibt in allen Fällen eine Signifikanz von $p < 0,0001$. Der Bereich von 180 bis 225 Grad entspricht in seiner Größe dem Bereich von 45 Grad bei der Abwanderung. Es liegt folglich eine deutliche Häufung im Bereich der Richtung vor, die die Jungkröten theoretisch zurück zum Heimatufer führen müßte. Das Retardieren der Jungkröten für 14–24 Stunden führt bei den danach durchgeführten Versuchsläufen zu keinem wesentlich anderen Ergebnis. Wiederum läßt sich die Hypothese einer zufälligen Verteilung bei $p < 0,001$ widerlegen. Der mittlere Vektor beträgt 163,18 Grad. Die Häufung um eine theoretische Richtung zwischen 180 und 225 Grad ist auf dem Niveau von $p < 0,005$ bis $p < 0,001$, die Eindeutigkeit der Ausrichtung bei $p < 0,001$ abgesichert (Abb. 2 B). Es besteht kein statistischer Unterschied

zwischen den direkt getesteten und retardierten Tieren.

Ganz anders stellen sich die Ergebnisse der Versuchsläufe bei stark bewölktem Himmel dar. Der chi-quadrat-Test ergibt keinen signifikanten Unterschied zu einer zufälligen Verteilung (Abb. 2 C).

Diskussion

Die Jungtiere der Erdkröte wurden am nördlichen bis nordöstlichen Ufer ihres Geburtsgewässers in einem Bereich von 45 Grad zur Uferlinie gefangen und anschließend verfrachtet (vgl. Abb. 1). Um unter natürlichen Umständen zu diesem Ufer zurückkehren zu können, müssen die Tiere eine um 180 Grad zur Abwanderung verdrehte Richtung einschlagen. Die Jungtiere von *Bufo bufo* zeigen dieses Verhalten bei klarem Himmel und deutlich sichtbarer Sonne. Damit ist der Beweis erbracht, daß auch für diese Art der Gattung *Bufo* die von FERGUSON & LANDRETH (1966) erstmals beschriebene Y-Achsen-Orientierung vorliegt. Aufgrund des vollständigen Ausschlusses anderer optischer Orientierungsmöglichkeiten läßt sich feststellen, daß die Sonne als Hauptorientie-

rungspunkt die entscheidende Rolle spielt. Das Retardieren für 14–24 Stunden in undurchsichtigen Behältern läßt keinen bedeutenden Einfluß auf die Orientierungsleistung erkennen. Demnach sind die Jungkröten in der Lage, den jeweiligen Stand der Sonne in Bezug zu einer Himmelsrichtung zu setzen. Diese Fähigkeit läßt sich nur durch das Vorhandensein einer inneren Uhr erklären, wie sie schon für *Bufo boreas* (GORMAN & FERGUSON 1970), *B. fowleri* (FERGUSON & LANDRETH 1966), *B. quercicus* (GOODYEAR 1971) und *B. valliceps* (GRUBB 1973) nachgewiesen werden konnte. Die herausragende Bedeutung der Sonne für die Orientierung der Jungkröten in der Nähe des Gewässers zeigen die Versuchsläufe bei bedecktem Himmel. Der Ausfall der Sonne als Orientierungsgröße führt zu einer Verteilung, die sich statistisch nicht vom Zufall unterscheidet. Auch die schon angesprochenen Jungtiere der Arten *B. boreas*, *B. fowleri* und *B. valliceps* sind bei bedecktem Himmel schlecht oder gar nicht orientiert.

Die Funktion und biologische Bedeutung dieser Y-Achsen-Orientierung bei Jungkröten ist evident. Da der unmittelbare Uferbereich nicht immer die Bedingungen erfüllt, die für Jungkröten bezüglich der verfügbaren Beutetiere (sehr kleine Arthropoden) und Nahrungsmenge von großer Bedeutung sind, erscheint ein Abwandern vom Ufer unvermeidlich. Besonders in den ersten Lebenswochen ist jedoch die Abhängigkeit vom Wasser sehr groß. Eine relativ große Körperoberfläche und die Durchlässigkeit der Haut haben einen starken Wasserverlust zur Folge. Deshalb ist ein regelmäßiges Zurückkehren zum Ufer zur Aufnahme von Feuchtigkeit besonders bei hohen Temperaturen und

starker Sonneneinstrahlung von großer Wichtigkeit, da eine andere Form der Regulation des Wasserhaushaltes bei frisch metamorphisierten Jungkröten nicht möglich zu sein scheint. TRACY (1971) berichtet, daß junge Individuen von *Bufo boreas* während der ersten zwei Wochen wegen des hohen Bedarfs an Feuchtigkeit im Nahbereich des Gewässers anzutreffen sind. Selbst dort würde jedoch eine dichte Vegetation ausreichen, um eine Orientierung, die lediglich auf direktem Sichtkontakt zum Ufer beruht, scheitern zu lassen. Die Sonne hingegen liefert auch dann die Information über die Lage des Ufers, wenn es nicht direkt sichtbar ist. Anhand einer festgelegten Achse, die rechtwinklig auf das Ufer trifft, gelangen die Jungkröten zurück, wenn es die physiologischen Gegebenheiten erfordern. Es ist anzunehmen, daß die Jungtiere bei stark bewölktem Himmel abwarten, bis die Sonne ihnen zur Orientierung wieder zur Verfügung steht oder sich anhand herausragender Landmarken, wie z. B. an einzelnen Bäumen oder Waldsilhouetten, ausrichten. Im Falle eines stark bewölkten Himmels besteht wegen der verminderten Sonneneinstrahlung jedoch auch nicht die dringende Notwendigkeit, sofort zum Gewässer zurückzukehren.

An dieser Stelle sei kurz die Möglichkeit diskutiert, daß sich im rechten Winkel zur Uferlinie kein für Jungkröten geeigneter Lebensraum befindet. Ein Pendeln zwischen Ufer und Umgebung im Winkel von 90 Grad würde die Tiere beispielsweise auf eine offene Ackerfläche führen. Diesem Problem könnten die Jungkröten dadurch begegnen, daß nicht ein rechter Winkel, sondern ein Winkel, der auf einen geeigneten Lebensraum zuführt, eingeschlagen wird. Weitere Untersuchungen

an anderen Gewässern, die diese Voraussetzungen erfüllen, könnten zur Bestätigung dieser These führen.

Literatur

- BATSCHULET, E. (1981): Circular statistics in biology. – Academic press, London.
- DOLE, J.W. (1972): Evidence of celestial orientation in newly metamorphosed *Rana pipiens*. – Herpetologica 28: 273–276.
- FERGUSON, D.E. & H.F. LANDRETH (1966): Celestial orientation of Fowler's toad *Bufo fowleri*. – Behaviour 26: 105–123.
- FERGUSON, D.E., J.P. McKEOWN, O.S. BOSARGE & F. LANDRETH (1968): Sun compass orientation of bullfrogs. – Copeia 1968.
- GOODYEAR, C.P. (1971a): Orientation of bullfrogs (*Rana catesbeiana*) during metamorphosis. – Copeia 1971: 362–364.
- GOODYEAR, C.P. (1971b): Y-Axis orientation of the oak toad, *Bufo quercicus*. – Herpetologica 27: 320–323.
- GORMAN, R.R. & J.H. FERGUSON (1970): Sun compass orientation in the western toad, *Bufo boreas*. – Herpetologica 26: 34–45.
- GREENWOOD, J.A. & D. DURAND (1955): The distribution of length and components of the sun random unit vectors. – Ann. Math. Stat. 26: 233–246.
- RAO, J.S. (1972): Some variants of chi-squared for testing uniformity on the circle. – Z. Wahrscheinlichkeitstheorie verw. Geb. 22: 33–44.
- TRACY, C.R. (1971): Evidence for the use of celestial cues by dispersing immature California toads, *Bufo boreas*. – Copeia 1971: 145–147.

Anschrift des Verfassers:

Zoologisches Institut und
Zoologisches Museum
Universität Hamburg
Martin-Luther-King-Platz 3
2000 Hamburg 13

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Seevögel - Zeitschrift des Vereins Jordsand zum Schutz der Seevögel und der Natur e.V.](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [12_SH_1_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Buck-Dobrick Thorsten

Artikel/Article: [Nachweis der Sonnenorientierung bei subadulten Erdkröten \(Bufo bufo L.\) 15-17](#)