

Studien zur Biologie und Psychologie der Wechselkröte (*Bufo viridis* Laur).

Von

Josef Freisling, Graz.

Mit 13 Textabbildungen.

Einleitung.

Die vorliegenden Studien an *Bufo viridis* Laur., der Wechselkröte setzen sich die Darlegung der sinnvollen Zuordnungen und Beziehungen des psychischen Verhaltens zur gesamten Biologie des Tieres zum Ziel, also die biologische Sinnggebung der psychischen Fähigkeiten. Diese haben ihren Sinn und ihre Bedeutung in der Führung und Sicherung des physischen Organismus und seiner generativen Aufgabe. Man kann Psychologie aus verschiedenen Motiven und zu verschiedenen Zwecken betreiben. Diese Art der Betrachtung möchte ich als *biologische Psychologie* bezeichnen. Demgemäß geht es hier nicht um Feststellung aller Möglichkeiten und Grenzen psychischer Leistungsfähigkeit, sondern um die im Lebensraum wirkenden, biologisch bedeutsamen Erscheinungen. Aus diesem Grunde wurde von Laboratoriumsversuchen, die lediglich auf in der Natur kaum anwendbare Grenzleistungen abzielen, abgesehen. Insoferne es sich um Potenzen handelt, innerhalb deren Bereich es zur Ausbildung des Sonderwesens („Sonderlings“) auf Grund spezieller Erfahrungen kommen kann, wurden sie auch in Betracht gezogen.

Naturgemäß wurden hypothetische Erörterungen weitgehend außer Betracht gelassen, denn es kam nicht auf Deutungen und mit diesen verbundenen Annahmen von Innenweltstrukturen und Seelenfaktoren an, sondern lediglich um Erfassung realer Beziehungen zwischen psychischen Fähigkeiten und biologischen Tatbeständen. Es ist dabei jedoch nicht zu umgehen, über die rein positivistische Methode der reinen Verhaltenslehre hinaus auf die

Analogiemethode zu greifen, wenn man sich nicht in ein allzu künstliches System von Umschreibungen verlieren wollte. Es sei lediglich an die Erscheinungen der Aufmerksamkeit erinnert oder an die Schematenbildung, deren Existenz für eine behavioristische Auffassung ein ewiges Rätsel bleiben muß, und dementsprechend auch nicht zu umschreiben ist.

Der erste Teil dieser Studien ist dem Verhalten des Tieres hinsichtlich der Gegebenheiten seines Raumes einschließlich der Beutetiere gewidmet.

Übersicht des ersten Teiles:

1. <i>Die Wechselkröte in ihrem Lebensraum</i>	385
1. Der Lebensraum der Wechselkröten	385
(Die klimatisch verschiedenen Großräume weisen die den Kröten nötigen Kleinklimaräume auf, denenzufolge die weite Verbreitung des <i>Bufo viridis</i> zu verstehen ist.)	
2. Die Kleinräume und ihre physikalischen Bedingungen	386
(Eine vergleichende Untersuchung der Klimate in den Kleinräumen ergibt eine auffallende Ähnlichkeit besonders der Feuchteverhältnisse.)	
3. Das Verhalten der Wechselkröten gegenüber den Klima- bzw. Wetterelementen des Lebensraumes	394
a) Das Temperaturverhalten	394
(Ein ausgeprägtes Reagieren ist lediglich am oberen Schwellenbereich festzustellen. Der untere Schwellenbereich ist weitgesteckt. Hohe Temperaturen rufen auch im gesättigten Raum Appetenzen, Taxien und höhere Instinkte hervor.)	
b) Das Feuchteverhalten. Hygrothigmotaxis	397
(Eine echte Hygotaxis als Feuchtefernreaktion konnte nicht nachgewiesen werden. Hingegen ist ein thigmotaktisches Verhalten am Feuchtefleck auffallend ausgeprägt: Hygrothigmotaxis. Besonders empfindlich reagieren die Tiere auf Austrocknung, welche eine Reihe von Verhaltensformen auslöst.)	
4. Zum Wetterverhalten der Wechselkröte	404
(Als Wetterprophet kommt die Kröte nur insofern in Betracht, als sie, wie auch andere hygrophile Tiere, durch ihr Verhalten gewisse Luftmassenzustände in den Bodenschichten anzeigt.)	
5. Thigmotaktisches Verhalten	406
6. Das photische Verhalten der Jungkröten	408
(Die Beobachtungen ergeben klare Zuordnungen des Verhaltens gegenüber optischen Formen zur Lebensweise. Das optische Verhalten ist weitestgehend wie auch die anderen Äußerungen an gewisse, in Abständen auftretende Stimmungslagen gebunden.)	

Der dunkle Fleck als einfaches Schema. Skototaxis als Sonderform photischen Verhaltens. Spezielle Tendenzen am Dunkel-fleck. <i>Bufo</i> und <i>Pelobates</i> . Die biologische Bedeutung des dunklen Fleckes als Leitform zu biologisch wichtigen Zielen.)	
II. <i>Der Beuteerwerb des Bufo viridis</i>	419
(Das Beuteschnappen, sein Ablauf und seine Natur als erbkoordinierte Handlung. Der Auslösereiz. Möglichkeit des Leerlaufes. Die Kröte besitzt kein angeborenes Beuteschema. Das „bewegte Etwas“ als Auslösefaktor. Die Ausfüllung des allgemeinen „bewegten Etwas“ durch Erfahrungsinhalte. Die assoziative Verknüpfung von Form und Affekttonung.)	
Die Schnappreaktion	427
(ist für sich wieder durch Bewegung des Objektes auslösebedürftig. Lösung scheinbarer Widersprüche im Schrifttum („Suchbilder“ von Üexkülls, „T-Phänomen“ Hinsches, „Leerlauf“ Lorenz' u. a.)	
III. <i>Die Aufmerksamkeit und der Richtvorgang</i>	431
(Die Aufmerksamkeit ist bei den Kröten durch eigenartige Richtungsbewegungen gegen den erregenden Gegenstand gekennzeichnet, welche gleichzeitig mit Spannungssteigerung bis minimalster Auslösereizgröße einhergehen. Der Richtvorgang ist eine echte Instinktbewegung. Auf chemische Reize sind bereits bei den Quappen Anklänge an den Richtvorgang festzustellen.)	
IV. <i>Zu den Begriffen „Heim“, „Heimat“ und „bekannter Weg“, Wanderung und Vagabundieren</i>	436
V. <i>Literatur</i>	439

1. Die Wechselkröte in ihrem Lebensraum.

1. Der Lebensraum der Wechselkröte.

Die geographische Verbreitung des *Bufo viridis* scheint eine größere Einpassungsfähigkeit dieses Tieres zu erweisen. Wenn auch die einzelnen Fundorte im Schrifttum wegen der früher häufigen Fehlbestimmung der Art (Verwechslungen mit *Bufo calamita*) nicht immer ganz verlässlich sind, so muß immerhin die Verbreitung in klimatisch stark gegensätzlichen Räumen auffallen. Solche verschiedene Räume sind wohl das gemäßigte Mitteldeutschland; die Alpenländer, wo sie weit seltener zu treffen ist, als in den warmen Mittelmeerländern, der pannonische und pontische Raum, die mediterranen Randgebiete usw., wo sie sich vorwiegend auf die freien, durch starke Tages- und Witterungsgänge ausgezeichneten Regionen verteilt. Da die Tiere aber eines bestimmten

Klimamilieus bedürfen, das nur während kurzer Tages- oder Witterungsperioden allgemein erfüllt ist, kommt dieses weite gegensätzliche Verbreitungsgebiet nur dadurch zustande, daß in diesen Großräumen Kleinräume mit den den Krötenbedürfnissen adäquaten Kleinklimaten oder zumindest genügend Schutzmöglichkeiten vorhanden sind. Diese Kleinklimaräume, in die sich die Tiere bei Nichterfüllung der Bedingungen im freien Gelände zurückziehen, weisen eine vom Tagesgang weitgehende Unabhängigkeit auf.

Die geographische Verbreitung für sich sagt also nichts über das Klimabedürfnis der Art. Wesentlich ist, daß diese Verbreitungsbezirke solche Kleinklimaräume bergen.

Die Tiere zeigen in verschiedenen Entwicklungsperioden und Alterslagen verschiedene Klimaempfindlichkeit, die zusammen mit den Zeiten allgemeiner Bedingungserfüllung die Zeiten der Ausbreitung über das freie Gelände bestimmen. Die Widerstandsfähigkeit gegenüber den Klima- und Witterungsschwankungen nimmt mit dem Alter bedeutend zu. Die jungen Krötchen sind meist sehr empfindlich und reagieren sehr empfindlich, weshalb sie in unserer Untersuchung den breitesten Raum einnehmen.

Die merkwürdige Gewohnheit des sonst wasserscheuen Tieres, während der Laichzeit nur flache Gewässer zu besuchen, die oft rasch austrocknen, führt oft zu bedeutendem Ausfall. In diesem Zusammenhang erscheint auch die in warmen Ländern rasche, fast sprunghafte Metamorphose zum Landtier sehr sinnvoll.

In der Auswahl des Untergrundes besitzt die Wechselkröte die ihr allgemein zugesprochene Anspruchslosigkeit. Sie verträgt auch salzreichen Boden sehr gut und wird deshalb an den Meeresküsten bis in die Brandungszonen hinein gefunden. Auch Meerwasser löst keine besondere Reaktion aus.

2. Die Kleinräume und ihre physikalischen Bedingungen.

Das auf unsere Kröten wirksame Kleinklima wird durch Temperatur und Feuchte bestimmt. Die Feuchten wurden mit dem Aßmannschen Aspirationspsychrometer gemessen, die Temperaturen mit Strahlungsschutz- und gewöhnlichen Thermometern. Für die Darstellung der Verdunstungsverhältnisse empfiehlt sich die Angabe der Dampfspannungen. Über der Krötenhaut ergibt sich eine Sättigungszone, die der über Wasser entspricht. Zu dem Zwecke

kann man die Anhäufungen von Kröten oder einzelne Kröten in abgeschlossenen kleinen Käfigen benützen. In Abb. 1 zeigen sich so die Dampfdrucke der Aufenthaltsorte nahe der Sättigungskurve des Wassers. Für Einzeldarstellungen wird das Bild durch Angabe

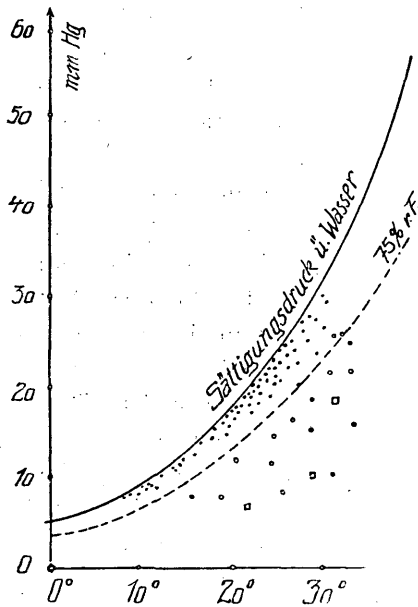


Abb. 1. Lagerung der Aufenthaltsorte der Wechselkröten im Feuchteraum. S. Text.

der relativen Feuchte anschaulicher. Sie errechnet sich leicht als $R = 100 \frac{e}{E}$. Der Luftdruck bewegte sich bei einem Großteil unserer Untersuchungen um 1010—1015 m bar, daher fällt der Korrekturf Fehler nicht weiter ins Gewicht. Nach der Sprungschens Formel $e = E \frac{1}{2} (t - t') \frac{b}{755}$ ist der Faktor $b/755$ nur 1,009, was einer Korrektur von 0,1 mm Hg bei niederem, von 0,2 mm Hg bei etwa 20,0 mm Dampfdruck entspricht.

Die Kleinströmung läßt sich meist gut mit Spinnwebfäden verfolgen, die sich bei nicht zu großer Länge sehr gut in die Strömung legen. Rauch ist oft vorteilhaft, aber nicht immer anwendbar.

Die Verteilung der Jungkröten im Gelände. Jungkröten, Kröten desselben Geburtsjahres, bilden für unsere Betrachtungen die ausreichend großen Massen. Auch sind sie wanderfreudiger als die alten Tiere und bewegen sich infolge der noch nicht starken individuellen Gewohnheitsbildungen eher gegen günstigere Standorte hin.

Im weiten Gelände verteilen sich die Kröten bei Wetterlagen mit Feuchten über 80% ziemlich gleichmäßig über die Flächen verschiedenster Einzelstruktur. Bei trockenen Wetterlagen ist die gleichmäßige Verteilung geschwunden, die Tiere haben sich auf günstigere Kleinräume zurückgezogen.

In großen Zügen sind die Feuchteverhältnisse vieler Standorte eines Geländes an der Schwarzmeerküste und an verschiedenen Stellen des Balkans, wo besondere kurzfristige Gegensätze gut ausgeprägt sind, in das Diagramm der Dampfdrucke (Abb. 1) eingetragen. Dabei sind die Ringel Orte, die das Tier rasch wieder verläßt, die also keine Bleibe darstellen. Die Punkte stellen die eigentlichen Standorte und Sammelplätze des Tieres dar. Einbezogen sind hierin auch oft dieselben Standorte bei wechselnder Feuchte. Die kleinen Vierecke sind Aufenthaltsorte mit großer Trockenheit, in denen sich aber das Tier gegen die drohende Verdunstung in besonderer Weise schützt (Schlupfwinkel im Fels und in Mauern).

Diese grobe Übersicht zeigt eindeutig die Vorliebe des *Bufo viridis* für ausgesprochen feuchtes Kleinklima. Im Diagramm liegen die Aufenthaltsorte im Bereich großer Dampfspannungen, also ziemlich gesättigter Lufträume. Die Differenz der Dampfdrucke zwischen Umgebung und Krötenhaut ist somit sehr gering, die Verdunstung weitestgehend unterbunden.

Diese Kleinräume sind nun in Grasbüscheln, unter Kleerasen, Algenfilz, Ufergelände mit großer Bodennässe, Mulden, Höhlungen und dergleichen mehr gegeben.

Aus unserem Diagramm erhellt auch die Bedeutungslosigkeit der aktuellen Temperatur innerhalb eines in dieser Hinsicht weit gesteckten optimalen Bereiches.

Einzelne Kleinräume. Auf den Asphaltböden der Städte des Balkans sprangen die Tiere besonders in der abendlichen Dämmerung und in der Nacht von Februar bis Dezember oft herum. Sie

hielten sich lange Zeit auf diesem Boden und jagten dort unter den Laternen nach Insektenzeug.

Die Temperaturen betragen zu den betreffenden Aufenthaltszeiten in 1—2 cm über dem Boden im Sommer bis 28°, im November und Februar, sowie an kalten Tagen anderer Jahreszeiten 10—12° C. Die niederste Temperatur, bei der sich Tiere da aufhielten, war, allerdings als seltenes Extrem, 1° C.

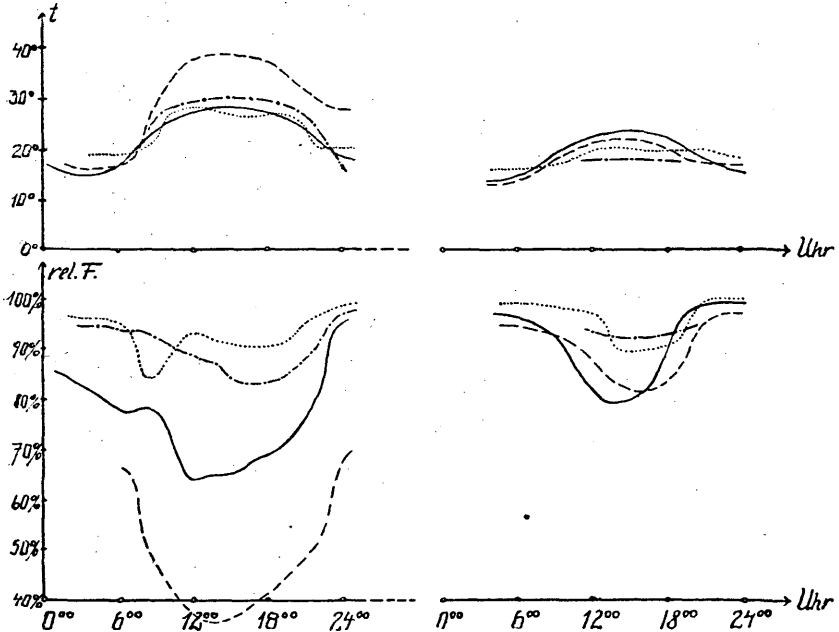


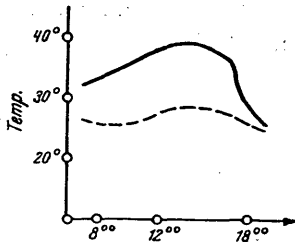
Abb. 2. Tagesgänge der Temperatur (oben) und der Feuchte (unten) in zwei Meter über Grund (volle Linie), im Grasbüschel (punktiert), 1 cm über Sand (gestrichelt), 2 cm über Algenfilz und Ufergrund (strichpunktiert), an einem Sonnentag (links), an einem trüben Tag (rechts).

Die Feuchten während des Aufenthaltes der Kröten lagen um 90%. Es handelte sich meist um herannahende Warmfronten, Warmsektoren oder auch um Niederschlagsbereiche von Kaltfronten.

Sinkt die Feuchte oder steigt die Temperatur über 30° hinaus, so räumen die Tiere das Feld. Tagsüber herrscht über dem Asphalt oft eine Temperatur über 50°. Um diese Zeit sitzen die Stadtkröten tief in Schlupfwinkeln möglichst nichtsteiniger Umgebung.

Über dem *Steinboden*, über Steinpflaster und Felsböden herrschen die analogen Zustände.

Die Übergänge sind hier rascher, die Schwankungen sehr groß, da vom Bodenmaterial aus keine Milderung eintritt. Allerdings hält die Wärme des Tages im Gestein etwas in die Nacht hinein vor. Dies erzeugt wiederum ein für die frühen Nachtstunden ideales Optimum.



Sandboden. Der Boden im Dünen-
gelände der Küsten hat hochliegende
Grundwasserspiegel, was bei der Kapil-
larwirkung des Sandbodens für stete
Feuchtigkeit unter der Oberfläche sorgt
und auch einen gewissen Ausgleich ge-
gen zu schrofpe Wärmeübergänge an
der Oberfläche bietet. Immerhin sind
die Tagesschwankungen, wie Abb. 2
zeigt, auch hier sehr groß. Der Sand
bietet dann immer noch die Möglich-
keit des Eingrabens, was die Tiere an Sand-
häufen und Dünen auch reichlich be-
sorgen.

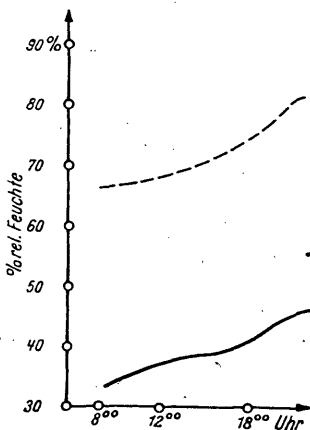


Abb. 3. Tagesgang am und im Schotterhaufen. (Völle Linie an der Oberfläche, gestrichelt in 15 cm Tiefe). Oben Temperatur unten Feuchte.

In Tab. 1 kommt die große Unbeständigkeit der Feuchte-Temperatur-Verhältnisse am Sand gegenüber anderen Bodenformen derselben Landschaft unter den verschiedensten Umständen zum Ausdruck. Insbesondere macht sich der Ausstrahlungstyp in der Nacht; der Einstrahlungstyp am Tage sehr bemerkbar. Kräftige Winde mildern die Gegensätze über diesem Boden gegenüber der Lufttemperatur und Luftfeuchte. An Strahlungstagen sinkt die Feuchte alsbald rasch mit der Überhitzung des

Bodens. Dieser wird von Kröten wohl noch überwandert, aber ohne Verzug verlassen. Abends steigt die Feuchte mit der Abkühlung und der einsetzenden Ausstrahlung wieder rasch an. Die Tiere sammeln sich in der Dämmerung auch wieder in der ganzen

Gegend an der Erdoberfläche. Nach Regen ist der Sand ein sehr besuchter Untergrund, da der meist noch angewärmte Boden mit großer Dampfspannung aufwarten kann.

Mauerspaltten und Eisenbahnschotter. (Abb. 3.) In beiden Fällen herrschen ungefähr die gleichen physikalischen Bedingungen. Während die Oberfläche unter der Ein- und Ausstrahlung viel größere Temperatur-Feuchte-Extreme erreicht als die umgebende Luft, nimmt die Tiefe (in unserer Tabelle etwa 18—20 cm) an diesen Schwankungen nicht mehr in dem Maße teil. Hier wirkt

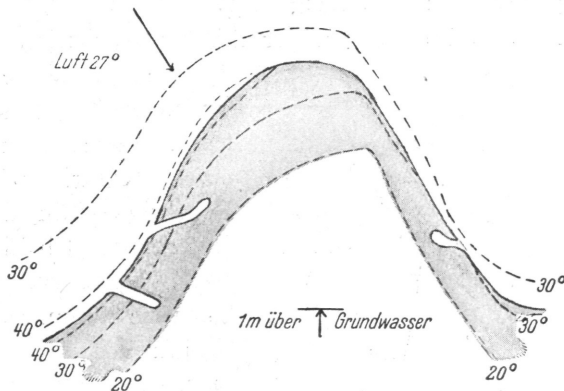


Abb. 4. Eine Sanddüne im Querschnitt mit eingezeichneten Isothermen an einem Sonnentag bei Seewindkühlung. Die von den Kröten an diesem Tage gegrabenen Gänge enden in der optimalen Temperaturschicht.

sich in der Feuchte tagsüber in erster Linie die adiabatische Veränderung der Spaltenluft aus (Tab. 1). Gegen den Feuchteabfall in diesen Tiefen schützt sich die Kröte durch Anpressen an das Gestein vor Verdunstung.

Abb. 4 stellt einen Schnitt durch einen *Sandhaufen* an einem warmen Sommertag dar. Eine allzugroße Überhitzung unterblieb an diesem Tage durch Seewindeinfluß. Immerhin ergab sich eine noch weit über das angenehme Maß hinausgehende Strahlungswärme. Die Tiere graben tiefer und zwar bis in die optimale Zone von 23 — 28° Sandtemperatur. In der Abbildung ist die thermische Schichtung durch Isothermen angedeutet. Die *eingegrabenen Röhren* enden in der optimalen Schicht. Vor der Höhlung einer solchen Röhre (Abb. 5) streicht ein thermischer Strom nach oben vorbei und erzeugt nur am Eingang kleine Wirbelströme. Im Innern der

Röhre herrscht nur wenig Luftbewegung. Hier liegt ein Kaltluftpolster: Die schwere Luft bleibt liegen und wird nur durch Leitung, nicht aber durch Mischung erwärmt, bleibt somit annähernd erhalten.

Etwas ungünstiger ist die Wärmelage in Röhren, deren Mündung nach abwärts gerichtet ist. Sie werden in der freien Natur tagsüber überraschend weniger besucht als die sackförmig nach unten hängenden.

Die Feuchte in solchen Röhren schwankt nach dem Zustande des Sandes, der nach Wetterlagen, Wetterperioden, Grundwasserhöhen und Bestrahlungslagen verschieden feucht ist.

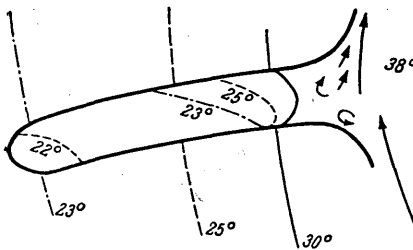


Abb. 5 Isothermensichtung um und in einer 19 cm tiefen Wohnröhre. Kältepolsterbildung.

Die bewohnte Röhre ist gewiß anders feucht als die leere. Sperrt man Kröten in einen Käfig, so steigt die Feuchtigkeit in dem kleinen Luftraum alsbald auf fast 100% (Abb. 6). Diese Verhältnisse kann man in der Wohnröhre ebenfalls annehmen. In Abb. 6 a ist der Wert 84% noch meßbar gewesen. Die unmittelbare Umgebung der Kröte wird von der stark

transpirierenden Haut aus bald gesättigt, so daß das Tier in diesem selbst geschaffenen Optimum in engen Spalten und Röhren auch bei trockener Umgebung gesichert bleibt.

Zu den Lieblingsaufenthalten der Jungkröten gehören *Ufergründe und Algenfilz*. Ufergrund hat immer Wasserzuzug vom Gewässer her, ist also feucht. Die starke Verdunstung sorgt auch für entsprechende Kühlung. Ähnlich der Algenfilz, der an austrocknenden Tümpeln schließlich als letzter Zeuge eines Frühlingsgewässers übrigbleibt. Er besitzt auch Hohlräume mit voll gesättigter Luft, einem sehr beliebten Aufenthalt der Jungkröten.

Beide Gründe halten zwar ihre Feuchte, doch kommt es durch energische Einstrahlung manchmal zu überoptimaler Wärme; dies führte zum Hitzetod einzelner Tierchen, die durch die hohe Sättigung hier festgehalten wurden.

Winkel und im *Morgenschatten* liegende Flächen beliebiger Struktur bleiben oft lange in den Tag hinein frequentiert. Der Tau sammelt sich im Boden und es dauert morgens sehr lange, bis an schattigen Stellen diese gesamte Verdunstungsreserve aufgebraucht ist.

Humus und *Moosboden* wird von unseren Tierchen ebenso gemieden wie die unmittelbare Nähe von Wasser. Schwammige, ausgesprochen nasse Untergründe gehören nicht zum Lebensraum der Wechselkröten, abgesehen von der kurzen Laichzeit.

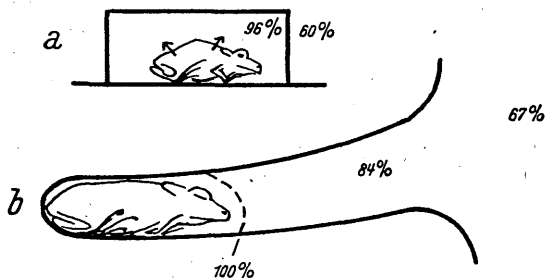


Abb. 6. Die Feuchteverhältnisse um eine Kröte herum im Käfig (a) und in einer Wohnröhre (b).

Bodenmulden (Abb. 7) sind die häufigste Zufluchtsstätte der Jungkröten vor Trockenheit und Hitze. Auch alte Kröten schlagen ihr Quartier in tiefen Gruben oft für lange Zeit auf. Diese Gruben bleiben in der Tiefe von der Oberflächenströmung unberührt. Die durch oft nur sehr geringe direkte Sonneneinstrahlung kühl gebliebene Luft bleibt als schwerere in der Grube liegen. Feuchtezugang aus dem Untergrund besteht überdies. Auch der Tau sammelt täglich immer wieder eine neue Reserve an Feuchte, weshalb hier sehr hohe Feuchten gemessen werden. In Gruben fand ich in 60 cm Tiefe eine Temperaturdifferenz bis zu 12° gegenüber der Außenluft und eine Feuchte von 100%. Niederschläge halten sehr lange vor.

Kleerasen. Die kleineren Jungkröten sind häufig auch unter kleinen Kleeblättchen kauernd zu finden. Aus Tab. 1 ist die relativ große Beständigkeit dieses Kleinraumes deutlich abzulesen. Hier sorgt die Transpiration der Pflanzen für die nötige Sättigung, der Blättchenbaldachin verhindert das rasche Entweichen dieser Luft.

Die daraufstrahlende Sonne schafft dann ein Glashausklima. Das Verhalten der Kröten unter diesen Blättchen kann man im Käfig gut beobachten.

Grasbüschel. Diese im freien Gelände stehenden Bildungen erregen stets das Interesse der Kröten. Auf der Wanderschaft und bei der Flucht, sowie bei zunehmender Erwärmung und Abtrocknung sieht man sie nach Grasbeständen streben. Hier herrscht in

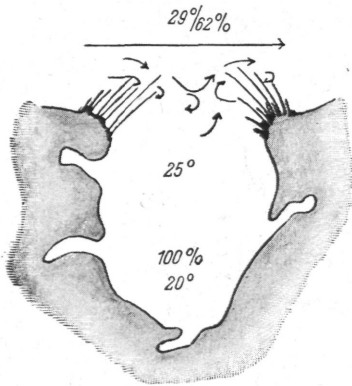


Abb. 7. Eine Erdgrube mit Krötenwohnungen.

Wurzelnähe ein ziemlich beständiges Klima, das immer durch große Feuchte ausgezeichnet ist. Der Feuchtenachschub vom Boden im Wurzelwerk und durch die Transpiration hält bei jedem Wetter an, die Strömung kann in das Dickicht nicht eindringen, weshalb der Feuchteabtransport nach oben und außen leicht kompensiert werden kann.

Aus der Vergleichszusammenstellung Tab. 1 kann die Beständigkeit einzelner Kleinformen ersehen werden.

Aufhören des klimatischen Optimums bewirkt ein Abwandern der Tiere nach der klimatisch optimalen Seite. Maßgebend ist in erster Linie die enger gesteckte Feuchtgrenze. In der wärmeren Jahreszeit spielt die untere Temperaturschwelle keine Rolle, wohl aber die obere um 30° . Man sieht auch, daß an trüben, feuchten Tagen die Gegensätze in der Landschaft verschwunden sind. Dem entspricht die gleichmäßigere Verteilung der Tiere.

3. Das Verhalten der Wechselkröte gegenüber den Klima- bzw. Wetterelementen des Lebensraumes.

a) Das Temperaturverhalten.

Die Temperaturen in den von mir untersuchten Kleinräumen bewegten sich im Wandel der Jahreszeiten von plus 56° bis minus 32° . Unabhängig vom Untergrund fand ich bei entsprechender Feuchte der Luft häufig Kröten, welche sich bei 6° noch sehr regsam benahmen. Sie sind also weitgehend eurytherm. Die lebhafteste

Tab. 1. Temperatur und Feuchte zu verschiedenen Wetterbedingungen in verschiedenen Kleinräumen. Die Schrägstellung des Zahlenpaares soll die gesonderte Vergleichung der beiden Klimaelemente erleichtern.

	Sonniger Tag. Sonnenaufgang 4.58				Trüber Tag leichter Wind 15 ⁰⁰
	7 ⁰⁰	8 ⁰⁰	11 ⁰⁰	18 ⁰⁰	
	leichter Seewind				
	t ⁰ % F	t ⁰ % F	t ⁰ % F	t ⁰ % F	t ⁰ % F
Luft, 2 m über Grund	18 ⁰ 77%	22 ⁰ 78%	26.5 ⁰ 65%	25.4 ⁰ 68%	25 ⁰ 79%
Im Grasbüschel, dicht	20 ⁰ 95%	24 84	28 92	27 91	20 90
Im Grasbüschel, locker	20 89	21 88	27 78	26 86	23 90
Im Kleerasen	20 92	26 77	29 80	25 77	22 90
Im Algenfilz	18 100	21 98	29 100	25 98	21 100
In einer Grube (Abb. 7), 40 cm tief	17 100	18 100	22 97	24 98	20 100
Über Ufergrund, 2 cm hoch	19 95	21 84	28 82	25 84	22 87
Über Sand, 2 cm hoch	22 72	26 65	36 37	27 48	21 83
Im Schatten (bis 10 ⁰⁰) an einem Mauervinkel	20 100	22 97	28 68	26 65	21 88
An Eisenbahnschotter	21 70	34 34	38 36	28 42	22 78
In Spalten des Eisenbahn- schotters 20—25 cm tief	20 72	27 65	28 66	25 66	22 85

normale Aktivität zeigen die Tiere in entsprechend feuchten Räumen von 16 bis etwa 28°. Bei 32° zeigen die meisten Tiere schon ein photonegatives Verhalten. Bei 40—42° sterben die Tiere oft nach vorausgehender Wärmestarre den Hitzetod.

In den Lebensräumen der Kröte, besonders an Dünen des Meeresstrandes, an steinigem und Asphaltboden in den Städten herrschen oft Luft- und Grundtemperaturen von 50° Wärme, die dem Tiere so gefährlich werden können wie die direkte Sonnenbestrahlung. Eine zeitlang wirkt die Verdunstung der feuchten Krötenhaut durch Schaffung von Verdunstungskälte gegen die gefährliche Überhitzung. Dann aber tritt der Hitzetod meist schlag-

artig ein. Vom Tode werden die Tiere dann in allen Stellungen, oft sitzend, während des Kletterns und in der letztinnegehabten Stellung überrascht. Bei der oben angeführten Wärmestarre ist immer die charakteristische Streckung vorhanden. Oft geht dem Tode ein stoßartiges Atmen von großer Heftigkeit voraus. Eine Beschleunigung des Hitzetodes geschieht in Wasserdampfsättigung, wo ein Verdunsten aus der Haut, damit also die Bildung der Verdunstungskühle unterbunden ist.

Gegen diese gefährlichen Temperaturen sind die Tiere in der Natur einigermaßen geschützt:

1. Der durch heftig gesteigerte Bewegung ermöglichte Luftwechsel schafft dem Tier eine intensivierete Verdunstung aus der Haut.

2. Die Tiere werden durch Hitze photonegativ. Sie fliehen also in Richtung dunkler Gestalten oder in die Dunkelheit. Dies bringt sie in den meisten Fällen mindestens aus dem Bereich der direkten Bestrahlung.

In einem Käfig mit ziemlich gesättigter Luft rühren sich die Tiere zunächst bei direkter Bestrahlung nicht, werden aber nach etwa 10 bis 15 Sekunden plötzlich heftig unruhig und versuchen auszubrechen. Bei diesen Versuchen gelangten sie in dem Lichte abgekehrte oder beschattete Winkel des Käfigs, wo sie sitzen blieben.

Kühlere, aber trockene Bodenflächen (durch Unterspülung mit Wasser hergestellt) wurden merkwürdigerweise nicht ausgenützt. Die Sonnenbestrahlung löst heftige *Flucht* und *Hygrothigmotaxis* aus.

3. Ist Flucht nicht möglich, so wird die Grabbewegung beider Formen angewendet. Beim Eingraben gehen die Tiere wieder bis zur optimalen Temperatur in die Tiefe (Abb. 4). Abb. 8 zeigt den Zusammenhang zwischen der Länge des Ganges mit den herrschenden Temperaturen zur Zeit des Grabens. Ein Tiefergraben des alten Ganges bei Steigerung der Temperatur konnte ich nicht feststellen. Bei Überhitzung verlassen die Tiere den Raum. (Die Messungen wurden mit dem im Klimadienst gebräuchlichen Instrumentarium durchgeführt).

4. Ein scheinbares Aufsuchen von Wasser bei Überhitzung führe ich auf optische Faktoren zurück. Zumindest nahmen die

Tiere nie unmittelbar in der Nähe befindliches Wasser wahr (siehe Kapitel Feuchte).

Das Alter des Tieres spielte in den meisten Versuchen keine Rolle. Nur sind die massereicheren alten Kröten widerstandsfähiger und zäher.

Nicht so scharf abgegrenzt ist die untere Temperaturschwelle. Bei 8—10° noch sehr munter, nimmt entsprechend der Wechselwärmenatur des Tieres die Agilität mit sinkender Temperatur progressiv ab bis zu weitgehender Lähmung unter 3—4° Kälte, sofern

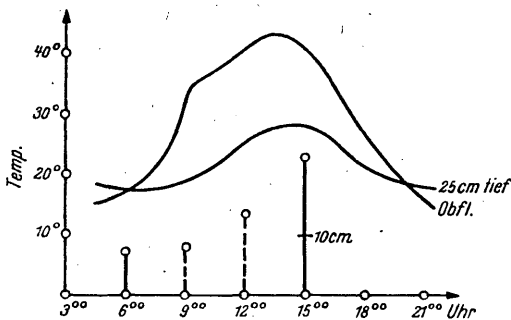


Abb. 8. Tagesgang der Temperatur an der Oberfläche (Ob.fl.) und in 25 cm Tiefe einer Sanddüne. Sonntag, Seewind. Sonnenaufgang 4.46h. Die zu entsprechenden Tageszeiten (Temperaturen) gegrabenen Gangtiefen sind als Durchschnittswerte eingetragen.

die Temperatur länger einwirken kann. Innerhalb der weitgesteckten optimalen Grenzen spielt die Temperatur also nur eine untergeordnete Rolle. An den Grenzschnellen jedoch bewirkt sie einerseits direkte Flucht aus dem Raum (phobisch) oder, wenn die Überschreitung allmählich geschieht, durch optische Steuerung, auch durch Erhöhung der Hydrotaxisstimmung; andererseits bedingt die dauernde Unterschreitung das Eingraben zum Winterschlaf mit. Die Lenkung ist daher zweifellos thermotaktisch, indem die Wärme in diesem Falle nach innen zunimmt.

b) Das Feuchteverhalten der Wechselkröten. Hygrothigmotaxis.

Das untersuchte Material bestand in der Hauptsache wieder aus Jungtieren. Der Vergleich mit mehrjährigen Tieren zeigte im Prinzip dasselbe Verhalten. Nur die Widerstandsfähigkeit ist bei den älteren Tieren mit stärkerer Verhornung der Haut größer, ihre Empfindlichkeit geringer, die Reaktionen aber energischer und kraftvoller.

Hygrotaxis. In der Literatur werden die Ausdrücke „Hygrotaxis“ und „Hydrotaxis“ in gleicher Weise verwendet und zwar ohne Unterschied, ob Feuchte oder Wasser als Ziel genommen werden muß. In der Hygrotaxis sehe ich eine direkte Orientierungsreaktion nach Feuchte. Eine Hygrotaxis wird von den Botanikern für die beweglichen Organismen allgemein angenommen und zwar meist als reine Reaktion auf Wasser. Manche wollen sie mit Osmotaxis und Chemotaxis in Beziehung bringen. Für die Tiere nehmen zwar nicht alle Physiologen eine solche direkte Wasser- oder Feuchtezielreaktion an, bestreiten sie aber auch nicht im Prinzip.

Zweifellos orientieren viele Tiere ihre Bewegungen zum Wasser oder zu hochgesättigter Luft hin, aber richtige hygrotaktische Fernreaktionen sind erst in wenigen Fällen wahrscheinlich geworden. Direkte Hygrotaxis wies *Czelo*th (1931) für *Triton cristatus* nach; hier liegt eine Fernreaktion vor, deren Leitreiz die Feuchte darstellt.

In den meisten Fällen geschieht die Lenkung zu einem Wassergebilde über andere Sinne. So sind es optische Reize, die als Leitreize oder Leitgestalten das Tier in die Gegend lenken, in der der Gesichtswahrnehmung entsprechend ein Wasserfleck liegen könnte.

Das Verhalten *am* Wasserfleck oder *im* Feuchtraum selbst muß nun aber durch unmittelbare Empfindungen der Feuchte oder Nässe bestimmt werden. Beide Vorgänge sind bei unseren Kröten klar und eindeutig zu unterscheiden. Niemals wurden aus der Ferne nur die Feuchtezonen der Gegend direkt angesteuert, wohl aber ist ein Feuchteempfinden in direkter Berührung mit der Haut sehr ausgeprägt. Die oben besprochenen Lebensräume weisen ebenfalls auf die hohe Bedeutung der Feuchte für die Kröte hin.

Verhalten bei starker Verdunstung bzw. Austrocknung. Die Tiere trocknen bei Feuchten unter 70% rasch aus. Dies erheischt auch beim Halten in Käfigen oder Terrarien eine gewisse Sorgfalt, soferne nicht für eine hohe Sättigung der Luft gesorgt werden kann. Je jünger die Tiere sind, desto empfindlicher sind sie gegen Austrocknung und nicht selten findet man auf größeren freien Sand- oder Steinböden ausgedörrte Krötchen liegen, die sich vor der sengenden Sonnenhitze nicht rechtzeitig in Sicherheit gebracht haben.

Ebenso rasch jedoch erholen sie sich wieder, wenn sie in feuchtes Milieu kommen. Ein Bad stellt sie in kurzer Zeit wieder her.

Das Austrocknen geschieht am intensivsten an der *Haut des Bauches und der Oberschenkel*. Hier wiederum am stärksten und ersten an der Innenseite der Oberschenkel und den analwärts gelegenen Partien des Bauches. Die Haut verfärbt sich hier erst grau und wird rasch dunkel, steifer und lederartig. Diese Erscheinungen sind gute Indikatoren für den Grad der Austrocknung im Versuch. Die Verhaltensreaktionen der Tiere setzen meist schon ein, bevor merkliche Austrocknungserscheinungen auftreten.

Es genügt auch, diesen Teil der Haut feucht zu erhalten und zu schützen. Das Verhalten der Kröten bezweckt die Verhinderung der Verdunstung oder die Anfeuchtung der Bauchseite, nicht aber eine Kühlung. Hierzu folgende Beobachtungen.

1. Die gesättigte Luft hebt die Verdunstung praktisch auf, die Abkühlung der Haut ist in dieser Luft sehr gering. Dennoch sind die Tiere frisch.

2. Die Wassertemperatur wird bis etwa 35 Grad ohne Unbehagen ertragen.

3. Tag und Nacht sowie jahreszeitliche Schwankungen zwischen 7 und 32 Grad Lufttemperatur ändern im Prinzip nichts am Verhalten der Tiere.

4. Bei Auströcknung suchen die Tiere auch keine kühlere Bodenstelle beizubehalten.

5. Von den gebotenen Untergründen werden die feuchten bevorzugt. Die Tiere setzen sich auf nasse Tücher, Wasserflächen. Beigegebenes Blattwerk wie Kleepflänzchen dienen als Unterschlupf, weil darunter größere Feuchte entsteht und Blattaufgabe vor Verdunstung schützt.

6. Eine feuchte Unterlage stellt auch die Haut eines anderen Tieres dar, weshalb mehrere in den Käfig gesperrte Jungkröten zu dichten Haufen übereinander kriechen. Die empfindliche Bauchhaut wird nach Möglichkeit voll zur Deckung mit der Oberfläche des anderen Tieres gebracht, genau so wie am Wasserfleck. Dies ist die eine Art der in der Literatur öfter erwähnten sog. *Geselligkeit der Kröten*: Reine Hygrotaxis bzw. *Hygrothigmotaxis*.

7. Einzeltiere suchen die Verdunstung durch enges Andrücken der Bauchfläche an den Boden, an Wände oder in Winkel herab-

zusetzen. Das Kleben in Winkeln oder an Wänden gelingt nur bei den Jungkröten. *Beginnende Austrocknung löst also auch reine Thigmotaxis aus.*

Das gleiche Verhalten auf Nässe äußern die Tiere in geradezu stürmischer Art, nachdem man Kochsalz auf ihre Haut brachte. Die Haut wird, wie bei anderen Vergiftungen zunächst grau, die Drüsen sezernieren stark und die Tiere gehen bei Mangel an Wasser, in das sie sich legen, zugrunde.

8. Bei zunehmender Erwärmung unternehmen die Kröten wieder dieselben ungerichteten Ausbruchversuche, welche bei Mangel an Zuflucht in Grabtätigkeit übergehen können. Die Tiere bleiben an angetroffenen beschatteten Plätzen sitzen oder streben bei nicht zu heftiger Erwärmung auch noch dunklen Hintergründen zu, wo diese heftigen Erhitzungen nicht vorhanden sind.

9. Bei mäßiger Steigerung des Austrocknungsvorganges werden die Tiere stark *lichtnegativ*. Meist ist in der freien Natur hierin noch eine „*skototaktische*“ Differenzierung vorhanden.

10. Ein feuchter Sandfleck wurde durch Zufall gefunden. Das Tier legte sich breit auf denselben. Der Sandfleck hob sich als dunkler Fleck am Boden ab. *Bufo viridis* findet ihn nur zufällig, *Pelobates fuscus* sieht ihn, setzt sich drauf und beginnt meist an der Stelle in die Tiefe zu graben.

11. Die *Wirkung des feuchten Fleckes* hebt das Fluchtstreben und die negativ-phototaktische Stimmung sofort auf: Mitten im heftigen Ausbruchsbemühen entdeckt das Tier eine freie Öffnung nach oben. Es richtet sich sofort für das Überklettern aus, setzt zum Sprung an. In diesem Augenblick berührt die Ferse einen feuchten Fleck, der zu dem Zwecke hier angebracht wurde. Sofort duckt das Tier zusammen, rückt auf den Fleck und setzt sich breit darauf. Jeder Befreiungsdrang ist augenblicklich geschwunden.

12. Ein Wassergefäß wird in den Boden eingebaut.

Die Tiere verhalten sich je nach dem Grade der Austrocknung ganz verschieden. Stark ausgetrocknete Tiere springen kopfüber hinein und gehen wieder an Land. Nur sehr selten schwammen die Tiere durch, wenn das Becken nicht mehr als einen Schwimmstoß breit war. Die meisten der weniger stark ausgetrockneten, ja nur gefährdeten Tiere drehen sich um und hängen den hinteren Körperteil ins Wasser, andere sitzen am Rand und lassen ein Bein hineinhängen, andere wieder Vorder- und Hinterteil des Rumpfes.

Immer aber ist das Wesentliche eine rasche Befeuchtung der gefährdeten Bauchhaut. Kein Tier bleibt *im* Wasser, alle *am* Wasser. Wird das Wasser seicht gehalten, so daß sie, ohne sich aufrichten zu müssen, sitzen bleiben können, so bleiben sie breit darin sitzen. Läßt man den Spiegel langsam steigen, so richten die Tiere sich mit auf und schwimmen alsbald ans Land. Dies also bei Übergang von seichtem zu tiefem Wasser. Bei tiefem Wasser gehen sie gewöhnlich gar nicht hinein. Lediglich in der Laichzeit sitzen die Tiere gerne in seichtem Wasser unter der Oberfläche. Sonst meiden sie das Wasser selbst meistens.

13. In Abb. 9 ist das Verhalten an einem länglichen, divergierenden feuchten Fleck gezeigt, den das Tier mit der linken Hinterpfote wahrgenommen hat.

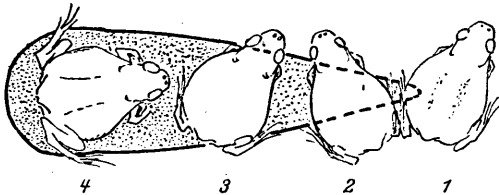


Abb. 9. Verhalten einer Kröte an einem länglichen Feuchtfleck, den sie mit der linken Hinterpfote wahrgenommen hat. Von 1—4 fortlaufend dargestellt.

Die Kröte macht zunächst einen Richtruck und verlagert sich in mehreren weiteren Rucken breit auf die Stelle größter Befeuchtungsmöglichkeit der Bauchhaut.

14. Die hygrothigmotaktische Tendenz ist so groß, daß mehrere Tiere an einem Fleck um denselben in regelrechte Rauferei geraten. Sie suchen sich gegenseitig mit den Hinterbeinen (mit typischen Grabbewegungen) wegzudrücken oder heftig wegzutreten.

15. Die Temperatur des Wassers ist bei diesen Versuchen innerhalb des normalen Optimums gleichgültig. Auch die Temperaturdifferenz Wasser—Land und Wasser—Luft erwiesen sich als nebensächlich.

Mit der Austrocknung des Raumes bleiben die Tiere auf feuchtem Boden oft bis zum Hitzetod sitzen.

16. In einer Flucht miteinander kommunizierender kleiner Käfige war einer besonders feucht gehalten durch Aufhängung von wasserdurchtränkten Tuchbauschen. Die anderen Käfige waren

durch Ventilation auf etwa 65% gehalten worden. Die Tiere sammelten sich nicht direkt in der Feuchtekommer, sondern rein zufällig wurde der Käfig bei langsamer Wanderung gefunden und beibehalten, da hier das günstigste Klima herrschte.

Bei energischer Austrocknung (Sonnenbestrahlung) überwog hingegen wieder die panische Fluchtstimmung. Ein direkter Feuchtesinn, der auf das Feuchtegefälle in der Käfigfolge ansprach, ließ sich hiedurch also nicht erkennen. Auch das zufällige Finden der Wasserbecken spricht nicht für einen solchen. Das Wasser selbst hingegen, das mit der Bauchhaut der Beine und der Bauchseite in Berührung kommt, nehmen sie in minimalster Menge kleiner Tröpfchen sofort wahr, was hygrophotaktische Reaktion auslöst.

Die Bedeutung des Wassers für die Haut ist eindeutig in der *Elastischerhaltung* derselben und in der Schaffung von Verdunstungskälte gelegen.

Die Haut selbst ist außerordentlich permeabel für Wasser und darin gelöste Stoffe. Durch die Haut allein aufgenommene Salze und Narkotika rufen nach kurzer Zeit dieselben Erscheinungen hervor wie per os oder subdermal eingebrachte.

Die Wasseraufnahme durch die Haut ist eine bekannte Tatsache. Meine hier angegebenen Beobachtungen über Permeabilität am lebenden Tier lassen keinen Zweifel über dieselbe aufkommen. Die Bauchhaut gibt ab und saugt an.

Die Natur der Feuchteempfindlichkeit selbst ist unbekannt. Ein direkter Feuchtesinn war nicht nachzuweisen. Es ist denkbar, daß die genannten Reaktionen durch ein Allgemeinempfinden der durch die *Austrocknung schrumpfenden Haut* ausgelöst werden, die zweifellos die Hautsinnesorgane vielleicht inadäquat stark in Mitleidenschaft zieht.

Es scheint also lediglich der Quellungszustand des Hautgewebes maßgeblich zu sein für die taktischen Tendenzen und mittelbar für das gesamte Feuchteverhalten. Bietet man statt Wasser kühles Öl, so unterbleiben die beobachteten Reaktionen, ja der Ölfleck wird sogar gemieden; ein Beweis mehr, daß es sich um einen Quellungsvorgang handelt, bei dem es unmittelbar auf Kühlung nicht ankommt. Andererseits geht aus den Versuchen eindeutig hervor, daß nicht Wasser als solches, als Milieu erstrebt ist, sondern lediglich die Anfeuchtung, d. h. die Herstellung eines

Quellungsgleichgewichtes in der Haut. Quellungsvorgänge stehen aber in innigstem Zusammenhang mit Sättigungszuständen des Umraumes. Deshalb möchte ich für diese Feuchtetendenzen den Ausdruck „*Hygrotaxis*“ in ihrer taktilen Kombination als „*Hygrothigmotaxis*“ beibehalten. Wir sind in der Hygrometrie bereits an diesen Sinn gewöhnt. *Hydrotaxis* könnte vorbehalten bleiben für direktes Wassermilieustreben, wie reine Wassertiere es aufweisen.

Zur Auffindung des feuchten Optimums ist nun die Zwischenschaltung anderer Sinnesreize nötig. In der freien Natur werden die feuchten Räume auch nicht direkt angesteuert, sondern das Tier bewegt sich einfach gegen Dunkelgebilde des Horizontes oder der Umgebung, die ein Feuchteoptimum oder einen Schlupfwinkel bergen können. *Es ist auch hier wieder durch die einfachste Qualität „Dunkel“ oder „dunkler Fleck“ eine große biologische Sicherung gegeben, denn irgendwie wird dem Tiere hinter dem sich dunkel abhebendem Umriß eine Zuflucht geboten.* Wird das Bedürfnis nicht befriedigt, so wandert das Tier eben weiter zu einem anderen Gebilde. Diese optische Orientierung reicht weitaus hin, Zufluchtsstellen zu finden, weshalb stammesgeschichtlich auf die besondere Ausbildung eines neuen Sinnes verzichtet wird.

Das Temperatur-Feuchte-Verhalten während der Metamorphose. Die Larve ist ein reines Wassertier und es gibt daher hier kein Feuchteproblem. Dieses taucht erst auf, wenn das Tier an Land gegangen ist. In dieser ersten Landzeit ist es außerordentlich empfindlich, wiewohl es nach dem Landübergang sehr wasserscheu geworden ist. Das Verhalten ist bei Austrocknung genau wie bei den oben untersuchten, älteren Jungkröten: Fluchtstimmung, aber wie mir scheinen mag, im gesamten mit schwächerer lichtnegativer Ausrichtung. Außerdem habe ich bei den jüngsten niemals ein Graben im Anschluß an die starken Austrocknungsvorgänge beobachten können. Nach etwa drei Wochen setzten einige Tierchen zu einigen Grabbewegungen mit den Hinterbeinen an.

Während der Metamorphose werden die Tiere ausgesprochen wärmeliebend und Wassertemperaturen von 28 Grad lassen sie noch ungeschoren. Sie sammeln sich vor dem Landübergang auf ganz seichten Uferbänken und lassen sich dort sonnen. Dieser Aufenthalt in der Sonne auf flachem Grunde kommt einem raschen Ausbrüten gleich. Der Metamorphoseprozeß ist ein tiefgreifender Umbau in kürzester Zeit, deshalb eine Krisenzeit, die rasch beendet

werden muß. Zweifellos steht diese erhöhte Thermotaxis im Dienste dieses Umbaus.

Nach dem Landübergang tummeln sich die Krötchen noch tagelang in der Umgebung in der Sonne herum. Später sinkt die große Wärmeneigung des Tieres und es verlegt sein Vagabundieren in die ausgesprochenen Feuchtezeiten und in die Abend- und Nachtstunden.

Auf Wärmereizung können keine *Grabbewegungen* in den ersten Wochen induziert werden. Wo sie aber später auftreten, dann auch andeutungsweise in den bekannten koordinierten Bindungen und im Gefolge derselben Auslösereize. Sie sind angeboren, bedürfen aber entschieden noch einer gewissen *Reife*, die zweifellos mit der Ausbildung der Erfolgsorgane zusammenhängt. Die schwach muskulösen Beinchen können noch keine Grableistungen vollbringen.

4. Zum Wetterverhalten der Wechselkröte.

Mit der Abhängigkeit von Temperatur und Feuchte ist ein ausgeprägtes Wetterverhalten der Kröten an sich gegeben. Dies spricht sich auch im Wetterwissen des Volkes bekanntermaßen aus. Daß bei Regen oder nachher die Erdoberfläche von Feuchteliebhabern frequentiert wird, ist als direkte Reaktion nicht so interessant wie die Erscheinungen, die vermeintlich zu prognostischen Feststellungen führen, die Kröten also zu Wetterpropheten stempeln könnten.

Reaktionen und Feuchteänderungen können uns unmittelbar verborgen bleiben, aber Änderungen im Verhalten des Tieres hervorrufen.

Die größte Regsamkeit und Vagabundierlust lag nach meinen sich über fünf Jahre erstreckenden Beobachtungen in Mitteleuropa und am Balkan beim Herannahen eines Warmsektors und in demselben. Niederschläge sind für das lebhafte Treiben der Kröten nicht erforderlich. Im Frühjahr fällt das unentwegte Trillern der Kröten in warmfeuchter Luftmasse besonders auf.

Die *Temperatur* selbst spielt in diesen Fällen wenig Rolle, ebenso der *Luftdruck*. Die großen Wettergebilde verlaufen in den verschiedenen Jahreszeiten bei sehr verschiedenen effektiven Druck- und Temperaturwerten und dennoch ist das Verhalten der Tiere bei Drucken von 1020 mb und 1005 mb nicht anders als bei 940 mb

der kühlen Jahreszeiten. Auch die Druckgefälle, die immer wieder sehr verschieden ausfallen, ließen keine Schlüsse zu. Ähnlich bei den Temperaturen. Im Frühjahr und Herbst war bei Warmluftwetter um 15 bis 18 Grad das Verhalten gleich wie bei sommerlichen Zyklonalagen mit 25 bis 28 Grad. Von außerhalb der im Lebensbereich liegenden Laboratoriumsuntersuchungen wurde abgesehen, so von Luftpumpenversuchen, die mit Werten, die frei nie vorkommend, Reaktionen erzielen. Im Rahmen einer biologisch-psychologischen Betrachtung spielen diese keine Rolle.

Es folgt demnach wiederum die große Bedeutung der Luftfeuchte innerhalb der oben angegebenen optimalen Temperaturgrenzen. Die Feuchte ist aber ein Wesensbestandteil der *Luftmassen*. Es wären fast immer die maritimen wärmeren Massen am Balkan sowie am Schwarzen Meer die subtropischen Warmmassen, die dort das sehr späte und frühe Auftreten im Jahre mitbedingen. Die schirokkalen Wetterlagen sind meist von großer Lebhaftigkeit unserer Kröten begleitet. Es sind dort Warmmassen, die ihre Feuchte beim Überstreichen des Meeres angereichert haben. Wohl aber können am Balkan auch Westwettereinbrüche, sogar Kaltfrontdurchzüge in ihrer schmalen Niederschlagsfront die Tiere auf den Plan rufen, jedoch nie von der Dauer wie bei Tropikluft. Im Sommer werden in diesen Gegenden tropikähnliche Luftmassen an Ort und Stelle gebildet (ungarische Ebene, Südrußland, Rumänien, Balkan). Hier verlegt sich das Leben der Kröten infolge der großen Tagestrockenheit in die Nachtstunden, während an den Küsten, wo stärkere Anfeuchtung der Luft vorhanden ist, nur in den heißen Stunden kein Tier gerne hervorkommt.

Die Verbreitung der Wechselkröte in den Küstengebieten des mittleren und östlichen Mittelmeeres sowie der Ägäis und des Schwarzmeeres steht in vollem Einklang mit der Zusammensetzung der oben für die Kröten als günstig erkannten Luftmassen.

Andauernd kalte Luftmassen sowie andauernd trockene vertreiben die Tiere in ihre Schlupfwinkel. Das tiefe Sinken der Wintertemperatur bedeutet für sie Winterschlaf. Der Einbruch der kalten Luftmassen aus dem Norden erfolgt am Balkan oft sprunghaft und dennoch findet man kaum eine Kröte, die davon an der Erdoberfläche überrascht und erfroren wäre. Häufig gehen Feuchteänderungen voran und im äußersten Fall schleppen sich die Tiere halb ausgekühlt noch in die Schlupfwinkel.

Starker Wind verjagt die Tiere ebenfalls rasch von der Oberfläche. Die Kleinräume der Kröten sind vielfach weitgehend windgeschützt. Andere werden geflohen, wenn die Luft darüberstreicht.

Die Kröten zeigen also wohl einen gewissen Zustand der Luftmasse durch ihr Verhalten an, können aber als sichere Wetterpropheten, wie der Laie sie sich vorstellt, nicht autorisiert werden. Aus dem Zustand der Luftmasse ergibt sich wohl eine bestimmte Witterungs- oder Wetterneigung, aber die Intensitätsgrade der Massenzustände und aerologischen Dynamik, die zusammen mit den lokalen orographischen Gegebenheiten das effektive Wetter näher bestimmen, können die in der schmalen Bodenschicht lebenden Kröten nicht anzeigen. Es muß also keineswegs auf eine erhöhte Aktivität der Kröten Regen folgen. Es ist lediglich häufig der Fall, daß über das Land hinwegziehende Wettergebilde in der Bodenschicht auch Zustände bringen, die die Kröten zu erhöhter Aktivität veranlassen, so wie auch der Regenwurm sich gerne am regennassen, warmen Boden einfindet. Dies kann und ist auch bei statistischer Verfolgung sehr oft am Ende einer mehr oder minder langen Regenperiode der Fall und muß keineswegs, wie der Landglaube es annimmt, einen längeren Regen andeuten. Bei rasch nachziehenden, abtrocknenden Kaltluftmassen allerdings verschwinden die hygrophilen Tiere rasch von der allgemeinen Bildfläche. Auch in diesem Falle sind wir mit der Wetterkarte in der Lage, die nächste heranziehende Störung zu bemerken und zu erwarten, was eine Kröte oder ein anderes wetterempfindliches Tier nie anzeigen kann. Im allgemeinen übersteigt die Wahrscheinlichkeit einer Prognose, die wir aus dem Verhalten der Tiere schöpfen können, nie diejenige, welche wir selbst bei einiger Erfahrung aus dem direkten Anblicke der uns ohne jedes Hilfsmittel der instrumentalen Meteorologie zugänglichen Wettererscheinungen erreichen können.

5. Thigmotaktisches Verhalten.

Auf Berührungsreize antwortet unsere Kröte einerseits durch Abwehr-, Wisch-, Flucht- und Befreiungsreaktionen, andererseits durch inniges Anschmiegen an die Unterlage. Ersteres geschieht auf eng lokalisierte, meist an das Tier herangetragene Reize, letzteres an großen Flächen meist der Bauchseite, in speziellen Fällen, wie unter Blättern und in Spalten, auch der Rückenseite, also in

erstrebten Lagen. Die thigmotaktische Anschmiegung ist stärker stimmungsgebunden als die übrigen Berührungsreaktionen.

Die Thigmotaxis ist bereits bei der Quappe der Schlußstein einer Fluchtreaktion, indem das Tier, umgeben von Schlamm oder Pflanzenfilz, zur Ruhe kommt. So ist auch der zum Landtier gewordene Lurch thigmotaktisch. An den optisch angesteuerten Wänden und Spalten löst die Thigmotaxis das bereits beschriebene Orientierungsverhalten ab. Das Tier gleitet nun an der Wand weiter. Auch das Einbohren oder Einzwängen der Schnauze in Spalten ist durch taktile Reize ausgelöst, welche in diesem Falle durch den großen Widerstand das thigmotaktische Streben erhöhen.

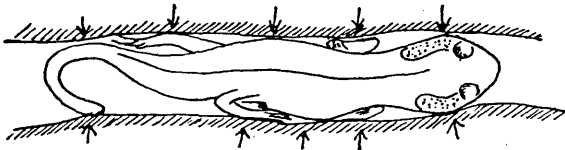


Abb. 10. Schwarzer Alpensalamander. Thigmotaxis.

Kratzen (wie der Wischeffekt) sucht das Hindernis wegzuräumen. Durch diese beiden Grundvorgänge ist eigentlich das Wühlgraben der Kröten gegeben.

In den Höhlen sucht das Tier nun auch die innigste Berührung mit den Wänden zu bekommen. Denselben Vorgang können wir in trockenen Käfigen beobachten. Die Tiere pressen sich platt auf den Boden oder an die Kanten. Die leichteren Jungtiere können sogar an den Wänden hochkrabbeln und da wie ein Laubfrosch eng angedrückt hängen bleiben. Kanten erhöhen die Thigmotaxisbestrebung, da sie mehr Berührungsfläche seitlich, eine Hohlkehle unterhalb freilassen, was zu einem weiteren Einschiebungsbestreben führt. Für dieses besondere Winkelaufsuchen hat man früher den Ausdruck „Stereotaxis“ aufgestellt. Es reicht aber zu seiner Erklärung bloße Thigmotaxis aus, da keine andere Reizqualität und kein anderer Reaktionsmechanismus dabei auftritt.

Thigmotaxis ist eine Urgegebenheit. Wir finden sie bei den Lurchen allgemein. Sie wird vor allem durch Austrocknung ausgelöst. Die thigmotaktische Anschmiegung wird durch Erhöhung bzw. Sättigung der Luftfeuchte gelöst. (Vgl. dasselbe Verhalten bei einem Alpensalamander [Abb. 10].)

6. Das photische Verhalten der Jungkröten.

soll durch folgende Beobachtungen gekennzeichnet werden:

1. Nach längerer Dunkeladaption sind die Tiere stark photo-positiv. Nach Aufenthalt im gleichmäßig dunklen Raum drehen sie sich einer Lichtöffnung häufig ruckartig zu. Sie drängen heftig gegen die Lichtseite des Käfigs. Dabei werden die noch nicht reagierenden Nachbarinnen durch die Bewegung der anderen aufmerksam und drehen sich diesen nach. Durch das Drängen steigert sich die Aktivität. Diese ist so eindeutig lichtbestimmt, daß die Kröten nach Wegnahme sämtlicher anderen Wände noch lange an der versperrten Lichtseite weiterdrängen.

Wie das Drängen der Nachbarn, so erhöhen Hindernisse allgemein die Heftigkeit des Strebens ins Licht. Häufig fällt das spontane Positivwerden mit der erwachenden Vagabundierstim-mung zusammen. Sie richten sich auf und fixieren den Lichtspalt oder die Kante, über die das Licht hereinflutet. Auch am Zimmerboden nehmen sie fixierende Richtung nach dem Fenster.

2. Die jungen Kröten springen meist in den leeren Lichtraum hinaus in den Abgrund, unterlassen dies aber in den meisten Fällen, wenn sich nahe gegenüber Gegenstände oder eine Wand befindet.

Anders verhalten sich hierin die *Laubfrösche*, welche nicht in leere Räume hinauspringen. Sogar bedrängt, klammern sie sich umso fester an den Rand des Abgrundes, während eine Kröte unbesorgt hinauspringt. Darin spricht sich wieder eine *instinktive Koordination zur biologischen Lebensgewohnheit* aus. Denn als Baumtieren sind den Laubfröschen diese Situationen geläufig, den Kröten aber völlig fremd. Die Gefahr des Absturzes ist für den Laubfrosch eine Lebensfrage.

3. Das Verhalten bei Flucht ist eher ungerichtet oder phobisch vom störenden Körper weg. Unken und Frösche hingegen springen bei Flucht gegen das Dunkle, wo sich dann meist der Schutz findet. Dabei springen sie sogar gegen den störenden Gegenstand oder dem störenden Menschen zwischen die Beine.

4. Nachts, wo die Lichtreize milder sind, werden die Kröten meist positiv. So sammeln sie sich am Laternenlicht, wo sie allerdings auch vielfach durch das dort versammelte Insektenzeug angelockt werden, was aber bereits eine Erfahrung voraussetzt. Hier

stellen sie sich aber nicht in den Lichtkreis selbst, sondern so, daß sie den lichtesten Fleck vor sich, die Dunkelheit hinter sich haben. Daran ist jedoch auch die Beute schuld.

Der dunkle Fleck und die Skototaxis. Das Aufsuchen bzw. Anstreben dunkler Flecke im Horizont der Tiere ist eine altbekannte Tatsache. Vor allem die Bodentiere finden durch die dunklen Flecke ihrer Umgebung die Schlupfwinkel, aber auch die fliegenden Tiere steuern die Dunkelgebilde gerne an, wo sie ihre Nester und Schlupfwinkel oder Beute finden. *Alverdes* (1930) trennt diese Art der optischen Orientierungsreaktion als *Skototaxis* von der negativen *Phototaxis*. Die *negativ phototaktischen* Tiere bewegen sich vom Lichte weg. Das *positiv skototaktische* Tier strebt dunkle Flecken bestimmter Größe an ohne Rücksicht auf das Vorhandensein großer dunkler Flecken oder lichtarmer Räume.

Das Problem der *Skototaxis* hat verschiedene Beurteilung gefunden. *O. Köhler* lehnt die Bezeichnung „*Skototaxis*“ für die Dunkelfleckanflüge als überflüssig und irreführend ab. (Anmerkung zu *Freisling* 1943.) „Denn wir teilen die Taxien entweder nach ihrer Reizart oder nach ihren Mechanismen ein, nie jedoch nach den Zielen, wobei man gewiß kein Ende fände. Nach der ersten Einteilungsweise gehört die *Skototaxis* zur *Phototaxis*, denn sie ist eine rein optische Zielreaktion. Nach der zweiten käme *Tropo-* oder *Telotaxis* in Frage, ...“ Für *v. Buddenbrock* besteht diese Dunkelfleckreaktion als gesonderter Typ. Taxien sind für ihn einfache Instinkte. (Vgl. die „*Sinnesphysiologie*“ im Handbuch für Naturwissenschaft 1933.) *Bierens de Haan* (1940) ist jedoch nicht einverstanden damit, diese Erscheinung kurzerhand noch zu den Taxien zu rechnen. „Sie ist als eine Reaktion auf eine bestimmte Wahrnehmung, nämlich die von umgrenzten dunklen Bezirken im Gesichtsfeld, nicht auf ein allgemeines *Empfinden* zu betrachten. ... Aber andererseits weisen die Interferenzerscheinungen, die zwischen beiden auftreten, auch wieder darauf hin, daß es sich bei den Unterschieden zwischen beiden doch um wesensverwandte Erscheinungen handelt. Beide sind als Kupplung eines Strebens an ein äußeres Erkennen ... und damit als bestimmte Formen von Instinkten zu betrachten.“ Ähnlich schließt *Kalmus* (1937) bei seiner *Photohorotaxis* der Eilarven von *Dixiphus*. Diese laufen auf vertikale Streifen zu, was einen bestimmten

Grad von Formensehen voraussetzt und die Bezeichnung „Taxis“ dafür unzutreffend mache.

Die Einordnung unter die Phototaxis geschieht unter dem Zwange der Definition der Phototaxis als optischer Orientierungsreaktion. Zweifellos fallen darunter verschiedene Typen, von welchen sicher eine die „Skototaxis“ ist.

Ob Telo- oder Tropotaxis, das steht bei Betrachtung des Auslösereizes nicht zur Diskussion, wohl aber ist der dunkle Fleck bestimmter Größe, Form und Orientierung mehr als bloßes Licht oder Dunkel oder eine einheitliche Fläche.

Das Verhalten auf Formen. Wir entnehmen der natürlichen Umgebung der Kröte verschiedene einfache Einzelformen und beobachten das Verhalten der Tiere vor diesen. Es wurden nach Möglichkeit unerfahrene oder doch Tiere verwendet, die die betreffenden Figuren seit vorangegangenen Versuchen längst vergessen hatten. Es ist schon nach einmaligem Versuch nötig, eine längere Pause einzuschieben, da die Tiere sich bald merken. Bei Tieren, die sich in der freien Natur schon längere Zeit herumtrieben, waren bestimmte Formen bereits als bevorzugt anzunehmen und zu beobachten. Die Krötchen wurden ein bis eineinhalb Meter vor der mit den Figuren bemalten Wand abgesetzt. Sie brachten sich immer in bestimmte Lage, von der aus sie die erst einäugige Betrachtung des Gebildes aufnahmen. Das Gelingen der Versuche hängt weitgehend von inneren Dispositionen (am besten bei Vagabundierstimmung) ab, die sich der Kontrolle entziehen. Diese sind in unserer Aufstellung auch gar nicht einkalkuliert. Sie zeigt lediglich das Verhalten günstig disponierter Tiere.

Verhalten auf Einzelformen. Versucht wurde mit mindestens 50, oft sogar 100 Tieren für jeden Fall. Die Genauigkeit kann auch durch wiederholte Versuche bei den vielen sonstigen Variablen nicht viel verbessert werden. Zur Feststellung der Regelfälle reicht der rohe Überslag jedoch hin.

1. Ein weiter Horizont, durch einen geschlossenen Tuschestrich gekennzeichnet, wird vom Tier, das in der Mitte der Arena losgelassen wurde, in verschiedener Richtung betrachtet. Dann wandert es irgendwo gegen die Wand, falls eine lichte und eine beschattete vorhanden, in den weitaus meisten Fällen nach der Lichtseite. An der Wand wird die Lichtorientierung durch die Berührungsreize abgelöst. Das Tier rutscht wie sonst an den Wänden entlang.

Folgende Verhalten wurde in einer rechteckigen Arena von drei mal vier Meter beobachtet.

2. Ein kurzer, scharfer Tuschestrich wird häufig, aber nicht regelmäßig beachtet, seltener angestrebt.
3. Ein schmaler, länglicher Fleck am Horizont wird fast immer sehr aufmerksam betrachtet und angestrebt.
4. Ein Quadrat und
5. ein stehendes Rechteck werden zwar noch relativ oft betrachtet, aber von weniger als der Hälfte der Tiere angestrebt.

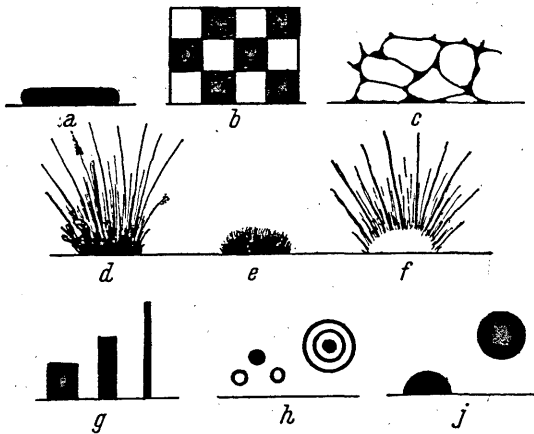


Abb. 11. Unter den dargebotenen Figuren wurden a—c besonders stark beachtet oder angestrebt, von der Grasbüschelfigur nur die Kernstelle e, g—j wurden nur wenig beachtet.

6. Runde Formen, Kreise,
7. Punkte wie Punktgruppen werden nur kurz beachtet und in starker Minderzahl der Fälle aufgesucht.
8. Schachbrettfiguren werden fast hundertprozentig angestrebt.
9. Liniengitter derselben Form hingegen kaum beachtet.
10. Konzentrische Kreise oder Ellipsen und
11. Punktgruppen erwecken nur wenig Interesse.
12. Figuren nach dem Muster der Gesteinsspalten oder Mauer-
risse werden mit großem Interesse betrachtet und allgemein an-
gestrebt.
13. Über dem Horizont erhöht angebrachte Figuren zeigen
weit weniger Wirkung. Sie werden wenig beachtet, fast nie ange-
strebt. Manchmal springt ein Tier einige Male nach ihnen hoch.

14. Raumwinkel und Ecken werden mit großer Vorliebe von etwas älteren Tieren angesteuert.

15. An der Grasbüschelfigur wird der dunkle, innerste Kern angestrebt. Das Verhalten an der ausgegliederten Kernfigur ist ausgeprägter als am ganzen Büschel.

Der Vergleich des Verhaltens vor einzeln dargebotenen Figuren ergibt folgenden Überschlagn (vgl. Abb. 11). Mit großem Interesse werden betrachtet:

a) horizontale längliche Flecken, b) kontrastreiche eckige Formen, c) die dunklen Stellen verschiedener Formen, wie Grasbüschel.

Nicht beachtet wurden meist runde Formen, wie überhaupt alle äußeren, vielfältigen Formenrisse. Das ganze Interesse bleibt um den dunklen Fleck konzentriert.

Vergleichsweise dargebotene Formen:

16. Zwischen Strich und kurzem, breiterem Streifen wurde fast immer der letztere gewählt. Unterwegs beachtete das Tier manchmal den Strich (was sich durch Einschaltung einer Aufmerksamkeitsbewegung zwischendurch kundtut), setzte dann aber nach neuerlicher Ausrichtung den Weg zum Streifen fort.

17. Zwischen hochgestellten und horizontalen Streifen wählten die Tiere fast immer und zu jeder Altersstufe den letzteren. Richtvorgang und Betrachtung des Quadrates wurde öfter eingeschaltet. Nach erfolglosem Einbohrversuch am Streifen bewegten sich einige Tiere zum Quadrat, wo manchmal ein schwacher Versuch sich einzubohren folgt. Meist aber wandten sie sich dann gleich ab.

18. Zwischen Bodenstreifen und erhöht angebrachter Figur wurde aufs erste immer der erstere bevorzugt. Im Vorbeiwandern interessierten sich die Tiere sehr oft für den Fleck über dem Boden. Sie richteten sich hoch auf und blieben einige Zeit in dieser Stellung aufmerksam dem Fleck zugewandt. Ein Tierchen sprang nach ihm hoch.

19. Zwischen Streifen und rundem Muster wurde immer der erstere gewählt.

20. Zwischen einfachem Streifen und dem dunklen Kern eines Grasbüschels (innerhalb der Grasbüschelzeichnung) wurde meist der erstere bevorzugt.

21. Streifen und kontrastreiche Schachbrettfigur werden beide mit großem Interesse angestrebt. Die engere Auswahl entschied

sich oft erst aus der Nähe, indem die Tiere sich aus 20 Zentimeter Entfernung häufig erst dem Streifen zuwandten und dann wieder Richtung auf das Schachbrett nahmen. Ältere Tiere nahmen meist direkt Richtung auf das Schachbrett zu.

22. Zwischen runden und eckigen Formen wurden die eckigen gewählt.

23. Aus der größeren Auswahl wurden wiederum die eckigen Formen, unter diesen die flach liegenden Streifen und die kontrastreichen, schachbrettähnlichen Muster auffallend bevorzugt. Durch Verblässenlassen der Kontraste verliert das Schachbrettmuster an Wirksamkeit. (Auch an runden Formen kann man durch Kontrastierung das Interesse erhöhen.) Auch im menschlichen Verhalten wird durch kontrastreiche Figuren Aufmerksamkeit erregt.

24. Der Raumwinkel, die Ecke behält nach erfolglosem Unternehmen an Wandfiguren seine große Anziehungskraft in überragender Weise, jedoch meist aus nicht größerer Entfernung als 50 Zentimeter.

25. Bei gleichen Figuren in der Runde entscheidet nicht immer die Nähe. Ein einmal fixierter Fleck wird meist beibehalten.

26. Die Wand selbst entscheidet oft bei großer Nähe über die meisten Figuren. Sie wird oft schnurstracks angesteuert.

27. Im großen Raum streben die Tiere immer den Wänden oder dunklen Stellen zu. Sie verschwinden in Winkeln, unter Möbeln und zwischen Türspalten.

Phototaxis und Dunkelfigur.

28. Große, dunkle Flächen blieben fast immer unberücksichtigt, genau so beschattete und dunkel gehaltene Wände der Arena. Die kleinen dunklen Figuren behalten in der Regel die Oberhand.

29. Gelegentlich streben die Tiere den Grenzlinien großer, dunkler Flächen zu: dem schroffen Übergang von Schwarz zu Weiß. Dasselbe Verhalten zeigt sich oft auch am Rande der dunklen Flächen und am Schachbrett. Bei scharf begrenzten Figuren steuern die Tiere oft nicht direkt auf das Schwarze zu, sondern starren auf die Grenzlinie und versuchen sich auch da einzubohren. In den allermeisten Fällen wurden dabei Kontrastgrenzen vom dunklen Fleck ins Weiße (entsprechend der Bewegungsrichtung) gewählt. Das Auge, welches den schwarzen Fleck fixiert hatte, ist auch bei

diesem Verhalten ins Schwarze gerichtet. Die Kontrastgrenze selbst spielt wahrscheinlich nur die Rolle des Anlockens.

(In manchen Fällen wurde der dunkle Fleck zu übersteigen versucht oder der dunkle Fleck über der Kontrastgrenze angestrebt.)

30. Viele Krötchen gingen nach vergeblichen Versuchen an den Flecken direkt in den dunklen Raum zwischen Mauer und Kasten, manche auch direkt unter Nichtachtung der dunklen Stellen. Der dunkle Raum beginnt erst unter einem bestimmten Sehwinkel und auf allerdings weitgesteckte Entfernungsgrenzen Interesse zu erwecken. Dasselbe ist auch bei dem Anstreben der Dunkelgebilde der Fall. Daß die Möbelkanten als Kontrastgrenzen darin eine besondere Rolle spielen, ist wohl anzunehmen.

31. Besonders ältere Kröten interessieren sich innerhalb schwarzer Tuschflecken für die dunkelsten Stellen (Tuschekrusten) sehr eingehend. Eine darnach hergestellte Grau-Schwarz-Skala löste dasselbe Verhalten aus. Es wurde zuerst der ganze Fleck angestrebt, dann die dunkelste Stelle durch weitere Richtungsnahe besonders genau betrachtet. Manchmal folgte auch ein Einbohrversuch.

32. Lichtspalten aus dunklen Räumen.

Beim dunkeladaptierten Auge im Dunklen gehaltener Kröten wirkt, wie ja auch auf unser Auge im dunklen Zimmer, jeder kleine Spalt sehr erregend auf die Aufmerksamkeit. Die Form des Spaltes ist dabei Nebensache. Die Tiere drängen heftig gegen das Licht, sofern der Spalt tief genug liegt. Tiefer liegende Spalten werden höher liegenden vorgezogen. Sie sitzen aber wohl unter einem hochliegenden Spalt und starren auf denselben unter genauer Ausrichtung. Diese Betrachtung vollführen die Tierchen auch vom Stubenboden nach dem Fenster. Große Zähigkeit verwenden die Tiere oft auf einen kleinen Spalt in Augenhöhe hin. An zwischen-geschalteter Glaswand versuchen sie sich durchzubohren.

Zweifellos ist die Kontrastwirkung bei kleinen Flecken größer als bei großen. Die Gestalt der Flecken ist dabei gleichgültig. Diese Situation findet sich in der Natur in Gesteinsspalten, in denen das Tier immer mit dem Gesicht nach außen gerichtet sitzt.

Plötzlich freigegebene Lichtspalten erwecken sofortige Aufmerksamkeit.

Verhalten in der freien Natur. Diese im Versuch beobachteten Verhaltensformen finden sich in derselben Weise auch vor den Formen in der natürlichen Umgebung der im freien Gelände lebenden Wechselkröten.

In dieser Kleinwelt zeichnen sich die Rasenflächen im Krötenhorizont als mehrminder regelmäßige Striche oder Flächen ab. Eine besonders starke Wirkung üben die Eisenbahnschienen aus. Entlang der Schienenstränge sammeln sich die Tiere oft in großen Massen. Die Schienen sind eine auffallende dunkle Streifenfigur im Krötenhorizont. Selbstverständlich hängt diese Einstellung wieder von Stimmungseinflüssen ab.

Grasbüscheln eilen die fliehenden oder durch Wettereinfluß getriebenen Tiere konzentrisch zu. Mauern werden mit oder ohne Spalten angestrebt. Ein vorhandener Spalt wird aber fast immer zum erwählten Ziel. Aus der Ferne werden die Gebäude nicht angestrebt, wiewohl sie sicherlich als Horizontgestalten, wenn auch längst hinter der fernsten Ebene, auf der Netzhaut erscheinen müssen.

Hügel, Dünen werden im allgemeinen gemieden, aber ohne weiteres erklettert, wenn sich dunkle Ziele oben sichtbar machen. In Großwanderstimmung werden aber auch Dämme und Hügel überstiegen.

Eigenartig verhält sich das im See schwimmende Tier. Am Ufer ausgesetzt, strebt es in den meisten Fällen wieder dem Ufer zu. In etwa vier Meter Abstand von demselben schwimmen die Tiere häufig weiter in den See hinaus. Im See selbst abgesetzte Tiere wenden oft. Zweifellos ist die Uferlinie hinter der fernsten Ebene ein nach allen Richtungen ziemlich gleicher Horizontstrich. Immerhin aber wandten sich die Tiere oft eindeutig dem sich dunkel abhebenden Steilufer oder Uferhügeln zu, wiewohl dieselben weitab von dem viel näheren Flachufer lagen.

Diese Beobachtungen an jungen Kröten, die größtenteils diesen Formen das erstemal gegenüber traten, zeigen, daß die Einstellung zum dunklen Fleck eine angeborene ist. Die große Anziehungskraft desselben hält aber auch für das spätere Leben vor, insbesondere wenn Desorientierungen auf erlernte Formen eintreten oder Mißerfolge die Merkbilder negativieren. Dann tritt mit elementarer Wirksamkeit die einfache Dunkelfleckreaktion ein.

In vielen Versuchen ist durch andere Autoren die Lernfähigkeit und die Dressurfähigkeit der Kröten auf bestimmte Formen festgestellt worden. Es nimmt daher nicht Wunder, wenn sich schon nach kurzer Zeit bestimmte Neigungen beim freilebenden Tier ausbilden. So zeigen häufig ältere Kröten bei den Dunkel-fleckversuchen schon bestimmte Neigungen, die sich schwer auf Formen ihrer Umgebung zurückführen lassen. Solche Formen sind Flecken ohne besonders scharfe Konturen bei Sandbewohnern, die die mit Konturen abgegrenzten Löcher im Sand aufsuchen. Ferner die hart gezeichneten Felsspalten oder Mauerrisse, ja selbst die dunklen Kerne der Grasbüschel bei Bewohnern freier Steppen.

Nach jedem mißglückten Versuch wenden sich die Tiere rasch ab und kommen bei noch folgenden Versuchen nicht mehr auf diese Form zurück. Spezialisierungen gehen rasch verloren und machen die ursprüngliche Dunkelflecktendenz wieder frei.

Die Dauer des Gedächtnisses ist bei wenigen Versuchen nur kurz. Sie lernen nach ein bis drei Versuchen die Figur als unbrauchbar ablehnen. Doch verfallen sie an anderen Stellen wieder der Wirkung derselben Figur. Dies kann nur in der Wahrnehmung des Gesamtkomplexes der Umgebung seinen Grund haben. So kann man ein und denselben Fleck nach Ablehnung wieder wirksam machen, wenn man die Nachbarfiguren ändert. Wir werden an anderer Stelle diese Abhängigkeit von einem gesamten topographischen Komplex noch einmal zu besprechen haben. *Das Einzelbild ist im Rahmen seiner Umgebungskonstellation fixiert.* Eine andere Konstellation bildet für das Tier wieder eine neue Lage.

Das Gedächtnis solcher Mißerfolge dauert wenige Stunden bis eineinhalb Tage.

Bufo viridis und *Pelobates fuscus*. *Koordination von Verhalten und biologischer Gewohnheit.* Die Raumlage des dunklen Fleckes ist für beide Formen von bedeutsamem Unterschied.

Bufo viridis zeigt für am Boden angezeichnete Linien und Figuren nur ein untergeordnetes Interesse. Ihre Ziele liegen alle im Horizont, wo sie gemeiniglich auch ihre Schlupfwinkel haben. *Pelobates fuscus* hingegen strebt auch bei Vorhandensein von horizontal dargebotenen Figuren, die in derselben Weise auf ihn wirken wie auf *Bufo*, in erster Linie dunklen Stellen am Boden zu. Das Tier nimmt mit sichtlicher Aufmerksamkeit auf einen Tuschfleck am Boden Richtung, eilt auf ihn zu, versucht zunächst mit

gesenktem Kopfe in diesen Fleck einzudringen und scharrt auch mit den Vorderbeinen darauf. Es richtet sich dann auf, dreht sich ruckweise um, setzt sich auf den Fleck und gräbt nun in gewohnter Weise mit den Scharrschaufeln der Fersen. Nachdem auch diese mehrmaligen Versuche mißglückten, wendete sich das Tier ab und wanderte auf den horizontalen Dunkelfleck, die Raumecke oder dem Schachbrett zu, um dasselbe Spiel von vorne zu beginnen.

Hier liegt ein wundervolles Beispiel differenzierter Koordinationen bei eng verwandten Gattungen vor. Das allgemeine Verhalten auf den dunklen Fleck ist als Stammeserbe bei beiden gleich. Die biologische Gewohnheit in die Horizontale zu graben und zu kriechen ist einer psychischen, appetitiven Horizontaltendenz zugeordnet. Zu dieser tritt bei *Pelobates* die vordringliche Wirksamkeit der Tendenz, in die lotrechte Tiefe zu gehen mit der korrelierten psychischen Gewohnheit, Bodenflecke besonders zu beachten. Weiters entsprechen diesem Verhalten auch die später noch zu besprechenden Grabmethoden.

Die biologische Bedeutung und Natur des Dunkelfleckverhaltens ist bekannt. Dunkelheit ist das allgemeinste Kennzeichen aller als Schlupfwinkel und Zufluchtsstätten in Frage kommenden Orte der Krötenumgebung. Die Dunkelfleckorientierung ist auch allgemein verbreitet. Ihre Grenzen gegen die Phototaxis ist fließend. Bei den Quappen läßt sich noch keine richtige skototaktische Reaktion feststellen. Diese streben einfach, und dies meist phobisch, dunklen Gründen zu. Gleich nach dem Landübergang tritt aber die oben erwähnte Bevorzugung abgegrenzter Dunkelformen auf.

Das Dunkelfleckverhalten bedeutet eine Spezialisierung des rein phototaktischen Verhaltens: Dunkel auf Hell und als letzte Errungenschaft: länglich-horizontal. Es liegt also bereits eine einfache *Figuration* vor, der im tierischen Subjekt eine uns der Form nach unbekannt Disposition nach Art eines einfachen *Schemas* entspricht. Man könnte auch in der Auffassung mancher Autoren von einer einfachen Gestalt sprechen. So spricht *Lindworski* (1931) schon einem einfachen Farbfleck auf einem Hintergrund Gestaltscharakter zu. Darnach begründen „nicht Beziehungen innerhalb der Konfiguration die Gestalt, sondern die Abstraktion und das Sich-in-Beziehung-setzen bzw. -stehen der ganzen Konfiguration zur anschaulichen Umgebung“. Wir können dieser menschlich-psychologischen Auffassung aus methodischen Gründen in unserem

Falle nicht folgen, können aber feststellen, daß in unserem Dunkel-fleckverhalten ein Analogon zu einem einfachsten Gestaltwahrnehmen vorliegt. Und aus irgendwelchen einfachsten Formen heraus müssen sich Schema und Gestalt doch wohl ableiten lassen. Wir können *Bierens de Haan* folgen, wenn er der Dunkelflekkorientierung eine Wahrnehmung geformter optischer Reize zugrunde legt. Andererseits sind die definitionsgemäße Einordnung und die Phototaxien nicht falsch, falls man diese Sonderformen anerkennen will. Während die negative Phototaxis, wie die Bestimmung „negativ“ sagt, an sich eine Flucht vor dem Licht darstellen müßte, handelt es sich in unserem Falle um ein positives Aufsuchen der Dunkelheit und aus dieser speziell herausgebildet ein geformtes Dunkelgebilde.

Stammesgeschichtlich gesehen, ist das ursprüngliche Verhalten einfach photophob oder phototrop. Daraus entwickelt das einfache Schema des dunklen Fleckes, welcher sich wieder in das Schema des Länglich-horizontalen (bei *Bufo viridis*) ausdifferenziert. Aus dieser Ableitung geht auch klar hervor, warum die Tiere äußere Formen, die den dunklen Fleck beinhalten (Grasbüschel, Steine usw.) nicht beachten und sich auch nur sehr schwer darauf dresieren lassen. Alle Formerkenntnis bleibt am phylogenetisch alten und eigentlich biologisch wesentlichen Schema hängen. Dadurch wird auch der psychische Aufwand des Erkennens großen Formenreichtums um ein relativ konstantes Schema herum ausgeschaltet.

Der Vorgang bei der Auswahl des tendierten Fleckes ist genetisch eine Wiederholung dieses sicherlich auch stammesgeschichtlichen Spezialisationsvorganges. Das Tier sieht von ferne eine Reihe dunkler Flecken, welche nun angesteuert und im Anwandern noch unterschieden werden, ferner der längliche Fleck ausgewählt wird. Näher gekommen, wird nun noch Kante und dunkelste Stelle genauer betrachtet. So füllt sich durch diesen gedehnten Vorgang das allgemeinste Schema immer mehr mit Inhalten, welche dann aber auch beim Lernen schon von weitem mit einkalkuliert werden und erworbene komplexe Dispositionen bilden. Der Vorgang entspricht auch unserer eigenen Gegenstandsbetrachtung, die ebenfalls vom allgemeinen Umriß, vom großen Schema in die Detailbetrachtung fortschreitet. Oder man betrachte einen dunklen Gegenstand in der Nacht, dem wir allerlei mögliche Formen aufprägen, bis eine genauere Analyse die reale Gestalt feststellt.

Das angeborene Dunkelfleckschema sichert die allgemeinste Zuflucht in der Umgebung des Tieres. Durch das lockere und kurzfristige Gedächtnis werden die speziell durch den Formensinn und das Formgedächtnis vereinseitigten Schlupfwinkelleitbilder in kritischen Fällen jederzeit durch ein allgemeineres Schema abgelöst, wodurch die Möglichkeiten wieder größer werden.

Das Formgedächtnis andererseits bedingt wiederum die spezielle ökologische Einpassung des Tieres und die Ausbildung der eigentümlichen Lebensgewohnheiten jedes Individuums sowie der Gattung und Art.

II. Der Beuteerwerb des *Bufo viridis*.

Das Beuteschnappen. Die Beute wird mit der leicht zweizipfeligen, klebrigen Zunge in der bekannten Weise erhascht. Die Zunge kann dabei wie ein Gummiband sehr weit nach vorne geschleudert werden. Gewöhnlich klatscht sie aber schon vor ihrer Maximalausstreckung auf den Beutegegenstand. An der stark drüsigen Zunge bleibt das Opfer dann hängen. Die Sinnesreize müssen dabei blitzschnell wirksam sein, denn kaum nach der ersten Berührung der Beute wird die Zunge bei Ablehnung rasch zurückgenommen, die Beute wieder abgeschleudert. Oft wird gleichzeitig die Hilfe der Pfoten bzw. deren Wischbewegung in Anspruch genommen. Das Tier wendet sich in vielen Fällen dann spontan, manchmal unter den tollsten Fluchtsprüngen ab.

Das Schnappen folgt in der Regel erst auf einen mindest einmaligen *Richtvorgang*, aber auch unmittelbar aus den Ruhestellungen heraus ohne denselben. Die Richtung des Schnappens ist meist sagittal nach vorne. Es kommt aber bei überstürztem Losgehen, besonders bei ganz jungen Tieren häufig auch zum Schnappen nach der Seite, so einige Male, wenn auf ein Beuteobjekt bereits ausgerichtet war und knapp vor dem zu erwartenden Schnappvorgang von der Seite ein anderes Objekt in das Gesichtsfeld kam. Die Aufmerksamkeit des Richtvorganges hatte das Tier bereits so hoch gespannt, durch das gewechselte Objekt wurde aber die Richtung des Schnappens blitzschnell geändert, die Zunge seitlich unter Mitbewegung des Kopfes auf die neue Beute geschleudert. Diese Beobachtungen stehen im Gegensatz zu dem Verspätungsverhalten (T-Phänomen *Hinschens*). Beide Vorgänge treten beim selben Tier nebeneinander, aber zu verschiedenen Stimmungsdispositionen auf.

Dem Schnappen folgt meist ein mehrmaliges Nachschlucken, wobei das Maul häufig geöffnet, die Zunge dabei manchmal nochmals ein Stück vorgeschleudert und neu eingelegt wird. Dies ist auch der Fall, wenn die Zunge nicht in die normale Lage zurückkehrte und, was auch manchmal vorkommt, sogar zwischen den Kiefern eingeklemmt wird. Die Beute drängt sie des öfteren aus dem Maul.

In vielen Fällen scheint aber das Nachschlucken in bestimmtem Folgeverhältnis zum Schnappen zu stehen, denn auch auf einen Mißerfolg folgt oft bei leerem Maul ein mehrmaliges Nachschlucken. Der Vorgang erinnert an unser eigenes assoziativ bedingtes Schlucken beim Gedanken an erstrebte und beliebte Speisen. Eine erhöhte Schleimmasse konnte ich aber im Maul des Tieres nicht feststellen. *Hinsche* (1935) führt dieses Nachschlucken auf einen Spannungsablauf zurück. Sehr oft aber bleibt es aus, auch beim erfolgreichsten Schnappen, wenn die Beute gleich beim ersten Schlucken in den Magen wanderte. Hingegen wird der Würgevorgang grotesk, wenn sich die Beute im Maul oder Rachen sperrt. Beim ausgebildeten Schluckakt werden die Augen tief gegen den Rachen eingedrückt. Bei starker Reizung im Rachen werden oft Fluchtreaktionen ausgelöst.

Manche Angaben im Schrifttum sprechen von einem Nachstopfen mit der Pfote. In „*Cambridge Natural History*“ findet sich eine Abbildung einer Kröte beim Freßakt. Dabei wird der aus dem Maul hängende Wurm sogar zwischen zwei Finger genommen. Wie ich schon erwähnt habe, handelt es sich dabei um einen einfachen Wischvorgang, der durch seine bloße Mechanik allein schon eine Gleichrichtung der widerspenstigen Beute herbeiführt.

Im Schrifttum findet man über den Freßvorgang mehr oder minder phantasiereiche Darstellungen. So in der verkürzten Ausgabe des alten Brehm von *Rammer* (1941), wo die Kröten als sehr neidisch hingestellt werden. Sie ließen auch bei Tag keine Beute an sich vorbei gehen. Wenn die Kröte eine Beute sieht, „beginnen ihre Augen augenblicklich zu funkeln und sie selbst erhebt sich aus ihrem schlaftrunkenen Zustand und bewegt sich mit einer Hurligkeit ... auf die Beute zu ... Und ragt der Regenwurm auch aus dem Maul heraus, so hilft ein rasch und sicher geführter, wischender Schlag eines Vorderfußes nach.“ Dieser unbeschwernten Darstellung stehen andere, ernste Beobachtungen gegenüber, die

aber auch manchmal zu den bei Wechselkröten beobachteten Regelfällen in Gegensatz sind.

So stellt *v. Uexküll* (1934) dar, wie die Kröte nach längerem Hungern einen Regenwurm verspeist und sich sogleich auf ein Zündholz stürzt. *v. Uexküll* schließt daraus auf ein in der Kröte beim Fang des Regenwurmes entstandenes „Suchbild“. Hat sie hingegen eine Spinne verspeist, so hat sich ein entsprechend anderes Suchbild gebildet, das das Tier veranlaßt, diesmal auch nach einem Stück Moos oder einer Ameise zu haschen, „was ihr aber schlecht bekommt“.

Diese Darstellungen veranlassen uns gleich, das *Futterobjekt* bzw. das *Beuteschema* der Wechselkröte genauer ins Auge zu fassen. In der Wahl der Versuchsobjekte ging ich von der natürlichen Beute aus. Es scheint sich zwischen der Wechselkröte und der Erdkröte, für welche letztere alle Beschreibungen gelten, ein Unterschied aufzutun.

Die erste Nahrung, welche die jungen Tierchen zu sich nehmen, besteht aus Ameisen und kleinen Käferchen, in vielen Fällen (nach Darmuntersuchungen) nur Ameisen, die ihnen also gar nicht schlecht bekommen. Ameisen bleiben auch späterhin eine beliebte Beute.

Später erscheint auch fliegende Nahrung, wie Fliegen, Mücken, kleine Schmetterlinge auf dem Speisezettel. Zweifellos aber erscheint diese Nahrung nur wegen der anfänglichen Unbeholfenheit der Jüngsten erst später, denn der Schnappversuch nach Fliegen setzte bei meinen Krötchen oft schon am zweiten Tag nach dem Landübergang ein. Auch Spinnen und anderes zappeliges Kleinzug gehört zur Nahrung. Merkwürdigerweise fehlten Schnecken völlig.

Ich legte den Krötchen der Reihe nach die verschiedenste Beute vor. Es wurde zunächst alles genommen. Von einzelnen hartschaligen und wahrscheinlich für die Kröte schlecht schmeckenden Objekten nimmt das Tier die Zunge nach flüchtiger Berührung wieder zurück und wendet sich energisch, manchmal unter Fluchtsprüngen davon ab. Asseln, Steinkriecher, Gehäuseschnecken wurden in dieser Weise von jungen Tieren abgelehnt.

Gleichzeitig erledigt sich für unsere Kröte auch die Frage nach der Ablöse des Instinktvorganges beim Fressen. *Lorenz* (1937) weist auf den (in meinen Augen methodischen) Irrtum hin, den

arterhaltenden Sinn einer Instinkthandlung mit dem Handlungszweck in Beziehung zu setzen. Die Instinkthandlung wird nach *Russel* (s. *Lorenz* 1937) so lange fortgesetzt, bis entweder das Ziel erreicht oder das Tier erschöpft ist. Diese Auffassung ist zweifellos auf einseitige Fähigkeiten bzw. Unfähigkeiten der niederen Tiere (Grabwespenversuche *Fabres*) aufgebaut. Hier in unserem Falle ist die Freßlust bzw. das vorangehende Beutestreiben und Haschen weitgehend von der Magenfüllung *unabhängig*; sowohl bei vollem als auch leerem Magen setzt die Freßlust intervallmäßig ein und aus. Die Beutestimmung tritt in grobrhythmischen Abständen so oder so auf und bricht auch ungeachtet des Freßerfolges wieder ab. So ist auch hier in gewissem Grade, wenn auch mit Einschränkungen, *Lorenz'* Auffassung bestätigt, wonach das eigentliche Ziel der Instinkthandlung ihr Ablauf selbst, noch besser vielleicht, der *Spannungsablauf* ist. Nach Entspannung herrscht Ruhe selbst bei leerem Magen wie bei reichlicher Beutemöglichkeit; Beute hat dann ihre Lockung bis zur nächsten Aufspannung verloren.

Vorwegnehmend sieht man, daß die Tiere *kein spezielles Beuteschema mitbringen*.

Sie lernen jedoch sehr rasch brauchbare und unbrauchbare Objekte unterscheiden, was auch *Buytendijk* (1940) und *v. Uexküll* (1934) feststellen, weshalb sich Futterobjekte als Dressurmittel verwenden lassen.

Als seltener Fall sei vermerkt, daß junge von dazugesperrten alten Kröten ohne Folgeerscheinungen aufgefressen wurden. Sie wiederholen aber diesen Kannibalismus nicht oft.

Die Nahrung wird im Darm nur sehr unvollkommen ausgenützt. Sie wandert rasch durch, was das Freßtempo bei den Kröten bedingt; sie gelten als sehr gefräßig. So wurden weichhäutige Tiere wie etwa Rattenschwanzlarven der *Eristalis* fast unverdaut wieder abgegeben. Die Insektenreste der Fäkalien enthalten oft noch angedautes Gewebematerial.

Das Fressen geschieht in der Gefangenschaft wie im Freien nicht unentwegt, sondern auf bestimmte Tageszeiten verteilt, in meinen Käfigen besonders mittags und spät nachmittags bis in die Nacht hinein. Die Morgenstunden bis zehn Uhr waren für Freßversuche nie geeignet. Diese inneren Dispositionen können aber durch Fluchtreize oder Mißerfolge spontan ins Gegenteil, also zur weiteren Ablehnung führen.

Im Schrifttum findet man wieder Gegensätze vertreten. Nach häufiger Version wird das Beutejagen nach Mißerfolgen eingestellt, während andererseits (bei Fröschen) nach *Abbot* und *Knauer* (*Buytendijk* 1940) eine Fehlreaktion eine Steigerung des Schnappreflexverhaltens nach sich zieht. Beide Angaben stimmen unter der Voraussetzung der herrschenden Aktivitätsgröße und Stimmungslage, für die wir vorerst nicht mehr als Beschreibung und Statistik liefern können. Diese Stimmungen in ein hierarchisches System zu bringen, ist vorläufig noch nicht versucht worden bzw. nicht gelungen.

Buytendijk bezeichnet die Kröten als „*Jagdtiere*“, die Frösche als „*Wartetiere*“. Eine Auswirkung auf Beutefang und Beuteschema leistet diese Einteilung nicht. Außerdem kann sie selbst nicht als stichhältig bestätigt werden. Einerseits läuft *Rana ridibunda* und *esculenta* in den Abendstunden ebenso herum wie etwa ein *Bufo viridis* und fängt ebenso gut jagend Beute, andererseits schnappt *Bufo viridis* oft nur aus dem Sitzen heraus nach Fliegen.

Die Eigenbewegung wird genau von der Beutebewegung unterschieden. Beute wird im Wandern wie in der Ruhe erkannt, wiewohl sie bei bloßer Eigenbewegung dasselbe Wandern des Abbildes auf der Netzhaut nach sich zieht. Die Beute bewegt sich eben relativ zu ihrem Hintergrund. Der Beutefleck trägt in diesem Falle einfachste Anklänge an eine Gestalt. Änderungen im Gesamtkomplex der Umgebung bewirken oft neue Aufmerksamkeitsbewegung auf Beute (s. u.).

Der *Geruch* spielt als Leitreiz beim Beuteerwerb keine Rolle. Alle Versuche gelingen auch, wenn Beute und Kröte durch Glaswände getrennt werden. Es bilden sich lediglich zwischen Geschmackseindrücken und optischen Formelementen assoziative Komplexe, die für den folgenden Fall bereits warnend vorhalten.

Nach Brehms Tierleben verschmäh't es die Kröte hartnäckig, tote Tiere zu genießen. Dies stimmt nur soweit, daß sie tote Tiere nicht als Beute erkennen. Bewegt man diese toten Körper, so werden sie geschnappt, ebensogut wie bewegte, ungenießbare Teilchen, z. B. Steinchen, Rußflocken, Papierschnitzel, Wollknäuel usw.

Aus diesem Verhalten erhellt die Bedeutung des *Sich-Totstellens* mancher Tiere, welches allerdings oft zu spät kommt, aber gerade bei dem oft langsamen und in Teilaktionen zerlegten Ausrichten, das dem Schnappen vorangeht, bei den Kröten Erfolg hat.

Alles Bewegte erregt die Aufmerksamkeit des Tieres, aber nicht alles Bewegte ist Freßobjekt, sondern nur bis zu einer *bestimmten Größe* wird es als solches hingenommen. Aber auch größere Körper hinter Glaswänden und weiter entfernt bewirken oft Beuteschnappen. Das Konstanzphänomen ist hier nicht ausgeprägt festzustellen. Die Größe der als Beutetiere angenommenen Gegenstände steht in Beziehung zur Größe der Kröte.

Die ersten Fangversuche der Jungkröten erstrecken sich oft auf Tiere von fast gleicher Größe. Ein kleines, aufgewecktes Krötchen stürzte sich wiederholt auf Fleischfliegen derselben Größe. Die Versuche mißglückten, weil die Fliege gar nicht ins Maul gebracht werden konnte. Nur der Flügel war im Maul eingeklemmt. Mehrmaliges Nachschlucken brachte keinen Erfolg. Das Krötchen wendete sich nach Entkommen der Fliege von derselben ab. Die Richtung nach einem oft größeren, bewegten, aber ferneren Objekt wird oft ausgelöst, jedoch erlischt das Interesse meist bei Annäherung dieses zu großen Gegenstandes. Das Ablehnen größerer Objekte nach Mißerfolgen deutet auf einen Lernkomplex bezüglich der brauchbaren Beutegröße hin.

Krötchen, die längere Zeit nur mit Tieren von bestimmter Größe gefüttert wurden, zeigten oft ein Verschätzen nach der größeren Seite hin. Das Größenschätzen wird immer wieder durch neue Versuche für die nächste Zeit festgelegt. Die lockere Fügung des angelernten Beuteschemas ermöglicht es auch, daß die *Beutegröße mit der Kröte mitwächst*. Denn große, alte Tiere verzehren entsprechend größere Objekte.

Die für die Beute kleinste Größe ist minimal. Das Tier nimmt in entsprechend guter Disposition kleinste uns noch erkennbare bewegte Punkte aus Tusche war.

Die *Bewegungselemente Weg* und *Geschwindigkeit* werden ebenfalls in geringen Größen wahrgenommen. Dabei ist für das Auslösen der aufmerksamen Ausrichtung und das Schnappen nicht einmal Gesamtbewegung des Beutegegenstandes nötig, sondern dazu genügt die kleinste Bewegung der Fühler oder der Krallen an den Tarsen oder der Mundwerkzeuge.

Das Überschreiten der Größe sowie der Geschwindigkeit eines bewegten Körpers führt meist zur Flucht, zumindest aber zu einem Abwenden.

Die Form der Beute. Ein Punkt von etwa einem Millimeter Durchmesser wird (wenn er sich bewegt) jederzeit und in jedem Lebensalter mit Interesse betrachtet und geschnappt. Jeder kleine, schwarze Körper zieht, wenn er vorbeiwandert (oder sich auch vom Tier weg oder zum Tier hinbewegt) aus allen Richtungen die Aufmerksamkeit auf sich. Klein und dunkel sind alle Beutetierchen, die der jungen Kröte als Nahrung dienen. Unter den Formen länglich, rund, eckig wird keine von vorneherein bevorzugt.

Wohl steigert sich die Aufmerksamkeit und Schnappfreudigkeit bei kontrastreichen Gebilden, also je dunkler sich der Gegenstand abhebt. Dies ist auch bei Versuchen mit den blassen Spinnen zu berücksichtigen, die gegenüber dunklen Fliegenkörpern manchmal liegen gelassen werden. Die Körper können am Faden oder aufgespießt geboten werden, ja selbst von den Fingern werden sie heruntergeklatscht, gleich ob Atrappe aus Papier, Holz oder Wolle u. a., ob angemalt oder frei oder hinter Glas.

Die Tiere sind aber in der Lage, sich sehr rasch Formen unangenehmer Gegenstände zu merken. So wurde in folgendem Fall die *Langbeinigkeit* zu einem bestimmten Merkmal abzulehnender Körper.

Eine Atrappe aus Wolle mit langen Beinanhängen wird wie die ihr als Vorbild dienende Spinne geschnappt. Aber die Spinne bewegt ihre Beine, deren Borsten und Krallen am, im und um das Maul herum kribbeln. Dies veranlaßt die Kröte zu heftigen Abwehr- und Fluchtreaktionen, Wischbewegung und Fluchtsprüngen, wenn es nicht gelingt, das Tier aus dem Maul zu entfernen. Dieses Erlebnis bewirkte oft schon nach einmaligem Eintreten das Meiden der Langbeiner für viele Stunden. Bei oftmaliger Wiederholung kann man entsprechend längere Dressurwirksamkeit erzielen. Manchmal richtete sich unsere Kröte wohl noch nach dem Langbeiner aus, wendete sich aber dann wieder ab, manchmal sogar sehr energisch. Eine Fliege daneben wurde aber sofort angenommen. Schnitt man der Spinne die Beine ab, so wurde der verstümmelte Torso häufig wieder genommen, darauf aber eine andere, normale Spinne schon wieder verachtet oder geflohen.

Ein und dasselbe Objekt, das eben noch als Beute fixiert oder erfolglos angeschnappt wird, kann im nächsten Augenblick Fluchtursache sein, wenn es etwa über die Pfoten der Kröte läuft oder

sonst unangenehme Berührung verursacht, auch wenn es ein Leichtes wäre, das Tier zu fangen.

Die gleichen Versuche gelingen mit stark krabbelnden Insekten, wie Käfern mit kräftigen Beinen und Klauen oder Wespen u. a. Eine Wespe wird nach dem ersten mißlungenen Versuch, bei dem es wieder zu einem grotesken Fluchtsprung kommen kann, gemieden. Die Kröte wurde aber nicht durch den Stachel getroffen. Die einzelnen Wespenteile wurden beim ersten Anbieten nach dem Versuch schon wieder einzeln genommen. Der Mittelteil aber erst, nachdem ihm die Beine abgenommen waren. Auch der noch stechende Hinterleib wurde verschluckt.

Werden die Langbeiner hinter Glasplatten geboten, die ihren Umriß verwischen, so erwacht wieder für sie das Interesse in normaler Stärke.

Ähnlich abgelehnt wurden bei den jungen Tieren gleich von Anfang an die Kugelasseln. Das spontane Abwenden von denselben nach dem ersten Versuch deutet auf eine starke Geschmackswirkung der Asseln hin. Von den älteren Kröten werden sie aber nimmer verschmäht.

Sonst sind die Kröten gegen Geschmacksstoffe nicht sehr empfindlich, zumindest nicht in uns geläufigem Maße. Atebrin-tabletten nahmen sie mehrmals, ließen sie allerdings auch unbeachtet.

Durch diese Beobachtungen deutet sich an, daß *jedes bewegte Ding die Aufmerksamkeit* des Tieres erregt. Die Größe des Gegenstandes bzw. seines Netzhautbildes entscheidet dann, ob es ein Nahrungs- oder ein Fluchtobjekt darstellt. In jedem Falle aber ist ein neuerliches oder noch andauerndes Bewegen des Gegenstandes erforderlich, um die weitere Reaktion auszulösen. Die Form spielt von vornherein keine Rolle.

Die Bewegung des Körpers ist der angeborenermaßen entscheidende Auslöser, wohl aber lernt das Tier rasch aus der großen Zahl der bewegten Gegenstände die unangenehmen, unbrauchbaren vermeiden. Es sind also die negativen Merkmale, die das allgemeine Grundbild spezialisieren und einengen. Es handelt sich um eine Art phobischer Ausscheidung bestimmter Formen. Eine besondere Bevorzugung besonders schmackhafter Dinge ließ sich auf Grund der positiven Anlernung nicht herausfinden. Die brauchbaren Dinge blieben einfach als genehm über.

Die Schnappreaktion. Das Auslösen der Schnappreaktion geschieht durch eine neuerliche Bewegung des Gegenstandes.

Wie an anderer Stelle dargelegt, sind die Handlungen der Kröten durch viele zwischengeschaltete Richtvorgänge in einzelne mehrminder willkürliche Abschnitte zerlegt.

Nach jedem Richtungnehmen muß der folgende Vorgang wieder neu ausgelöst werden. Ist die Richtung erfolgt, so ist auch hier eine neuerliche Bewegung des Gegenstandes nötig, um die Reaktion auszulösen. Die Bewegungsschwellen sind allerdings nach Stimmung, Erfahrung und Individualität des Tieres sehr verschieden groß. Ebenso verschieden ist die Entfernung, auf die geschnappt wird.

Als selbstverständliche Voraussetzung muß noch die *organisatorische Vollendung* des Fangapparates genannt werden. Kurz nach dem Landübergang vollendet sich der ganze Apparat, der in den ersten Stunden noch im Umbau ist. Das früheste Zuschnappen sah ich bei Krötchen mit zwei Tagen nach dem Verlassen des Wassers. Bei einigen Tieren konnte ich ein mehrminder vollkommene Schnappen ins Leere bei aufrechter Sitzhaltung beobachten. Es lag kein bewegtes Objekt vor. An einen *Leerlauf* kann man in diesem Falle wohl denken, muß aber doch vorsichtigerweise an eventuelle Reize in der Mundhöhle, die uns natürlich nicht zugänglich ist, erinnern; immerhin ist eine *Schwellemniedrigung* Bedingung eines solchen leicht ausgelösten Vorganges, dieselbe Schwellemniedrigung, die bei weiterem Stau zum Leerlauf führen kann.

Am dritten Tag machten die Tierchen auch ihre ersten gut ausgeführten Richtungshandlungen. Sie fixierten vor dem Schnappen. In diesen ersten Tagen geschehen alle Handlungen überstürzt und mit viel Mißerfolg. Oft springen junge Kröten nach der Beute und überstürzen sich nicht selten mit tollen Purzelbäumen.

Die Schnappreaktion ist hier noch strenger an den *Auslöser* „bewegter Gegenstand“ gebunden.

In die Höhlung eines Zylinders setzte ich kleine Kröten. Der Zylindermantel trug einen schwarzen Punkt. Wird diese Schaukel bewegt, so schnappt die kleine Kröte unentwegt auf den Punkt los, der bei jeder Bewegung wieder vorbeipendelt. Auch schnappt das Tier auf einen am Grunde angemalten Punkt, wenn es auf einer Glasplatte darüber gedreht wird. In beiden Fällen ist die Bewegung des Punktes eine relative.

Wir können auch oft beobachten, daß im Vorbeihüpfen an einem Punkte die Tiere haltmachen und denselben fixieren; da er sich dann aber nicht bewegt, bleibt er unberücksichtigt und das Tierchen setzt seinen Weg fort. Es ist also anzunehmen, daß die Bewegung des Punktbildes auf der Netzhaut allein schon die Aufmerksamkeit erregt, zweifellos aber wirkt eine Änderung der Lage des Punktes zu seiner Umgebung (in dieser Änderung des Gesamtkomplexes) erst als richtiger Auslöser.

Mit größerem Alter nehmen die Zahlen der erfolglosen Schnappbewegungen ab, doch konnte ich alte Kröten immerhin manchmal bis sechsmal hintereinander auf einen Punkt an der Glaswand schnappen sehen.

Die Einschaltung der Richtvorgänge ist manchmal sehr oberflächlich. Auch während des Vagabundierens sind die Richttrücke nicht immer bis zur vollendeten Ausrichtung gegangen, sondern oft während des Laufens oder aus dem Wasser heraus geschieht das Schnappen, wobei das Tier oft stark verzerrte Stellungen einnimmt oder sich überpurzelt. Sehr oft schnappen auch die alten Tiere noch daneben.

Die Regel ist also von Anbeginn an das Schnappen nach einem bewegten Körper. Nur in wenigen Fällen konnten die Versuche *Buytendijks* (1940) und *v. Uexkülls* (1934) im Tatbestand einigermaßen bestätigt werden. Beide finden, daß nach vorangegangenem Fressen bestimmter Formen ähnliche tote Körper ebenfalls geschnappt wurden (Zündholz). Nur einige solcher ähnlicher Versuche gelangen mir mit *Bufo viridis*:

1. Einige Tiere schnappten nach einem vorher bewegten Körper, als derselbe schon lange stille lag. Um Irrtümer auszuschließen, wurden diesen Tieren wirklich unbewegliche und *in sich* ruhige Gegenstände geboten. Diese Versuche gelangen nur sehr selten und nie bei ganz jungen Tieren.

2. Einem Tiere wurden rasch hintereinander Fliegen hingeworfen, nachdem die vorherfallende weggeschnappt war. Dazwischen wurden auch tote Fliegen und Rußkörper hingeworfen, die alle aufgefressen wurden. Der Richtvorgang entfiel, da die Dinge in der Blickrichtung der Kröte lagen.

Diese beiden Fälle lassen aber eine Deutung im Sinne *v. Uexkülls* kaum zu. Der erste Fall hat große Ähnlichkeit mit dem Ver-

zögerungsphänomen, wie es *Hinsche* beobachtet hat (s. u.), der zweite Fall aber kann in der Unterdrückung des Richtvorganges im Eifer des Schnappens nach ungefähr gleichen Richtungen selbst gelegen sein. Ein schönes Naturexperiment dieser Art ist folgende Beobachtung.

Unter einer Straßenlampe mit schmalen Lichtkegel, der einen relativ scharfen Lichtkreis auf das Pflaster warf, surrte und fiel allerlei an der Lampe gestörtes und beschädigtes Insektenzeug nieder. Um den Lichtkreis, noch halb im Dunkeln sitzend, hatten sich zahlreiche Wechselkröten versammelt, die nun immer wieder vorsprangen und nach dem niederfallenden Getier schnappten. Dieses kam nicht erst zur Ruhe, sondern die Richtungsbewegung war an sich mit der Aufstellung am Lichttrande beendet und nun wurde das eben niederfallende Insekt sofort vom Stand aus oder nach großem Sprung nach vor geschnappt. Nach dem Schnappen zogen sich die Tiere wieder in die Wartestellung zurück.

3. In einigen wenigen Fällen konnte ich beobachten, wie tote Körper nach vorangegangenem Fressen auch geschnappt wurden. Ob hier sich ein „Suchton“ (v. *Uexküll*) oder Gestaltqualitäten mit der „Bedeutung“ der Beute (*Buytendijk*) im Tier vorher gebildet haben oder eine einfache Täuschung etwa durch fiktive Bewegung des Bildes auf der Netzhaut auslösten, wird sich nicht entscheiden lassen, umsomehr als die Auffassung insbesondere v. *Uexkülls*, die obiger Erklärung zugrunde liegt, bestimmten Vorstellungen über das „Innen“ der tierischen Subjekte entspringt. Diese sind aber nur Hilfskonstruktionen.

Sicher jedoch können wir sagen:

Das Tier reagiert angeborenermaßen auf dunkle Flecken. Durch diese wird es zur Aufmerksamkeit erregt. Ist der Fleck im Raume ruhig gelagert, so dient er als Leitreiz zum Aufsuchen des Schlupfwinkels.

Ist er bewegt und klein, so ist er Beute. Ist er bewegt und groß, so wird geflohen. Durch primitives assoziatives Lernen kann der Fleck in diesem und in jenem Falle auch speziellere Merkmale bekommen. Jede Bedeutung setzt eine jeweilige Stimmungslage voraus, weshalb jene nur zeitweise vorhanden ist.

Die biologische Bedeutung dieses Lernvorganges ist an sich nicht sehr groß.

Die Kurzfristigkeit des Gedächtnisses, insbesondere der ersten Jugend des Landlurches *beugt einem vorzeitigen Spezialistentum vor*. Dies ist besonders in Gegenden sehr wichtig, wo die Tümpel und die feuchten Untergründe im Hochsommer einem richtigen Steppengrund Platz machen. Dieser Wechsel stellt hohe Anforderungen an die Einpassungsfähigkeit der Kröten, der ein Spezialistentum feindlich gegenübersteht.

Anhangsweise sei noch auf das „T-Phänomen“ hingewiesen. *Hinsche* (1935) stellte bei Erdkröten fest, daß sie manchmal nach der Futterstelle schnappen, an der vorher ein Regenwurm gelegen, nun aber entfernt war. In den Versuchen *Hinsches* starrt das Tier noch minutenlang in gespannter Aufmerksamkeit auf die Stelle, an der die Beute gelegen war. Häufig kommt es dann noch zu einem Schnappen nach leeren Stellen, welches sogar wiederholt werden kann. Diese „Reflexverspätung“ konnte bei meinen jungen Kröten nicht erreicht werden. Wohl aber zeigt der oben erwähnte Fall 1. große Verwandtschaft damit. Auch sei auf den Leerlauf der Schnappbewegung bei den jüngsten Krötchen hingewiesen. Außerdem waren öfter auch nur mehr oder minder angedeutete Schnappbewegungen immer wieder bei Kröten aller Altersstufen auch nach längerem Fasten festzustellen. Sie mit „magischen Umwelten“ oder „eidetischen“ Phänomenen in Beziehung zu bringen oder auf Grund von Nachbildern zu erklären, hat vorläufig nur Meinungswert. Hiezu können wir in Verfolg der „Leerlauf“-auffassung *Lorenz'* das Schnappen als echte Instinktbewegung annehmen. Diese kann dann durch Stau eine Hochspannung der Auslösebereitschaft mit entsprechender Schwellenerniedrigung erfahren, wobei der geringste auch inadäquate Anstoß, wie etwa ein mechanischer Reiz in der Mundhöhle oder eine Bewegung in der Umgebung, ein Auslösen herbeiführt.

Eine Hochspannung, d. h. eine Abkürzung der zwischengeschalteten Richtvorgänge kann auch dadurch erzeugt werden, daß auf eine weiße Projektionswand ein dunkler Fleck für Momente auf dieselbe Stelle projiziert wird. Dieses intermittierende Aufscheinen erregt immer wieder die Aufmerksamkeit, bis entweder Auslöse des Schnappens erfolgt, was selten war, oder das Tier sich uninteressiert abwendet. In der Zeit der steigenden Aufmerksamkeit aber ist bei einem Seitwärtsbewegen des projizierten Fleckes die Schnappreaktion rasch herbeizuführen.

Diese Erregungs- und Spannungsvorhalte sind bei den Kröten immer wieder gut zu verfolgen. Auch *Buytendijk* (1940) weiß gelegentlich der Hörversuche, die mit Kröten angestellt wurden, zu berichten, daß Geräusche noch zehn Sekunden verstärkend auf mechanische Reizreaktionen einwirken.

Eine weitere merkwürdige Dehnung erfahren die Schnappreaktionen durch die eingeschalteten Richtvorgänge, die von Schritt zu Schritt eine Spannungssteigerung erzeugen, was in der Zunahme der Auslösebereitschaft seinen Ausdruck findet.

III. Die Aufmerksamkeit und der Richtvorgang.

Die *Aufmerksamkeit* ist eine ausgesprochene Bewußtseinserscheinung, wobei sich das Bewußtsein auf einen bestimmten Inhalt oder Gegenstand richtet und einengt. In den Verhaltensweisen der Tiere, bei unseren Kröten insbesondere in den Richt- und Fixierungserscheinungen, drängt sich die Annahme eines Analogons zur menschlichen Aufmerksamkeit auf. Da uns das Innen des tierischen Subjektes nicht zugänglich ist, wollen wir unter diesem Vorbehalt für die zur Rede stehenden Erscheinungen doch von *Aufmerksamkeitsbewegungen* sprechen. Wir würden sonst nur verkrampte Umschreibungen dafür setzen können.

Die Aufmerksamkeit wird bei unseren Kröten durch bestimmte, rangmäßig geordnete Reizformen ausgelöst. (Z. B. Bewegung geht vor Formen.) Die Auslösemöglichkeiten sind beschränkt und durch einfache Merkmale gekennzeichnet, Auslöseformen und Reaktionsweisen angeboren. Die Aufmerksamkeitsbewegungen sind also den Instinkten zumindest verwandt.

Die Aufmerksamkeit bringt das Tier in den Bereich der Erreger, räumlich und psychisch. Die mit der Aufmerksamkeit steigende *Spannung stimuliert* das Tier zu hoher Auslösebereitschaft, so daß nur ein geringer Anstoß oft genügt, um eine Handlung auszulösen. Wir sahen oben ein Beispiel dieser Art, wie außerhalb der Treffmöglichkeit bewegte Körper den hochgespannten Schnappreflex zum Ablauf brachten.

Die Aufmerksamkeit ist der primäre, der Richtvorgang der nicht immer folgende Vorgang. Erstere stellt eine *erhöhte* und *spezialisierende Wahrnehmungsbereitschaft* dar. Mit dieser geht eine sich am ganzen Körper abzeichnende Spannung vor sich. Am

aufgeschlossensten sind die Tiere in den aktiven Perioden, wie Wanderstimmung, Vagabundieren, sonst werden sie durch intensive Reize, wie Erschütterung und Berührung rasch zu aufmerksamer Spannung geweckt. Aber auch spontan erwachen die Tiere.

Hinsche (1935) spricht von einer *Aufmerksamkeitsschwelle*, die durch den Reiz überschritten sein muß, um Aufmerksamkeit auszulösen. Diese Schwelle ist aber außerordentlich verschieden nach verschiedenen Stimmungs- bzw. Aktivitätslagen.

Beim aktiven Tier sind die Schwellenwerte, wie schon oben mehrmals gezeigt, in Hinsicht der Formgröße und der Bewegungselemente außerordentlich gering. Für die Beuteintention geht die Aufmerksamkeits-Richtbewegung nach dem Alles- oder Nichts-gesetz. Die obere Schwelle ist sehr unbestimmt, ebenso die Unterschiedsschwellen in den Größen innerhalb der individuell erworbenen und angeborenen Bereichsgrenzen zwischen den Auslösegrößen für Flucht, Indifferenz, Zuflucht und Beute. Dies kommt vor allem für den sich an die Entscheidungen schließenden Richtvorgang in Frage. Grundlage jeder Betrachtung bleibt die durchgängige Aufmerksamkeitserregung und diese wird stets ausgelöst durch jede Änderung in der Umgebung. Sie hält aber auch vor und geht dann in *erwartende Aufmerksamkeit* über. Dies ist der Fall, wenn z. B. von dem als Beute erkannten Objekt zur weiteren Auslöse noch eine Bewegung erforderlich ist. Dies muß keine Erwartung im Sinne der menschlichen sein, ist aber eine solche vortäuschende Spannungslage. Diese Aufmerksamkeitsspannung stellt die Voraussetzung für jedes *Appetenzverhalten* zum Aufsuchen etwa einer Reizlage dar, womit ein neuer Vorgang eingeleitet werden kann.

Die *Erregung* der Aufmerksamkeit geschieht durch einfache Merkmale. Es ist wieder das bloße bewegte Etwas, das unter den optisch erfahrbaren Reizen die erste Stelle einnimmt. Dabei ist es gleich, wie wir oben beim relativ bewegten Punkt sahen, ob sich das Tier oder die Umgebung oder beide bewegen.

Von mehreren zugleich gebotenen Körpern wird im Augenblick nur einer ins Auge gefaßt und diesem mehrminder lang gefolgt, bevor sich das Tier einem anderen zuwendet.

Eine deutliche Tendenz zur *Bevorzugung unklarer Formen* läßt sich bei gleichzeitigem Anbieten von direkt und hinter verwickelnden Glasscheiben sichtbaren Gegenständen verschiedener

Größe feststellen. So schleichen die Tiere oft gegen weit hinter Glas laufende Körper an, während beliebte Beute in Reichweite unberücksichtigt blieb. Auch wir interessieren uns für unentschiedene Reizformen, wie etwa unklare Umrisse in der Nacht oder einen Fleck an der Wand, von dem wir noch nicht sagen können, ob er Schmutz, eine Fliege oder eine Wanze darstellt. Hier brechen entschieden die *alten Dunkelfleckverhalten* durch, die auf die allgemeinste Form den gestaltlichen Differenzierungsprozeß einleiten.

Nicht selten bemerkt man eine plötzliche Aufmerksamkeitszuwendung auf einen markanten Punkt an der Wand des Käfigs, in dem das Tier schon lange ruhte. Diese *spontane Erregung* ist nur von inneren Vorgängen abhängig, möglicherweise beim Übergang zur Aktivität, wo dann der zwar schon lange vorhandene Punkt erst plötzlich bemerkt wird. Eine Ausrichtung auf den ruhenden Punkt erfolgt nicht, wohl aber auf den intermittierenden Fleck an der Projektionswand (s. o.).

Die *Gesamtsituation (Komplexqualität)* der Umgebung ist bei allen Aufmerksamkeitsversuchen sehr zu berücksichtigen. Denn eine nur zufällige Änderung derselben zieht bereits neuerliche Erregung nach sich. Eine Fliege lief nach mißglückten Schnappversuchen weiterhin ungeschoren in demselben Käfig herum. Eine zweite eingebrachte Fliege erregte das Tier jedoch sofort und es wurde eine, später auch eine zweite geschnappt. Die eine blieb übrig. Die Störung des Gesamtkomplexes durch die überzählige Fliege ist hier maßgebend für die Erregung der Aufmerksamkeit.

Daß kontrastreiche und andere intensivere wie auffallendere Reize vor schwächeren den Vözug haben, wurde schon bemerkt

Die Aufmerksamkeit *hält auch vor*, wenn das erstrebte oder betrachtete Ziel zeitweise der Sicht entrückt wird. Eine Bodenschwelle, die das Ziel verdeckt, erregt das Tier zu weiterem, gespanntem Verfolg der Richtung der Anwanderung. Es schleicht sich gegen die Schwelle heran und erhebt sich immer wieder nach vorne spähend auf alle Viere. Dies deckt sich mit der Auffassung v. *Uexkülls* von der Ausbildung von Suchbildern im Subjekt.

Der Richtvorgang. In diesen ruckartigen Richtvorgängen spiegelt sich der aufmerksame Verfolg einer Umweltform zeitlupeartig wider. Durch einen solchen Vorgang bringt sich das

Tier in immer günstigere *Fixierlage* gegenüber einem Aufmerksamkeit erregenden Ziel. Außerdem hat er den Zweck, das Tier in eine gute *Aktionslage* gegenüber einem tendierten Ziel zu bringen (z. B. zur Ermöglichung des Beutehaschens).

Nach Erregung der Aufmerksamkeit richtet sich das Tier empor und dreht sich einem nahen Objekt (Beute) in mehreren Rucken zu, bis ein beidäugiges Fixieren möglich ist. Zwischen den einzelnen Rucken sind Pausen und auch Schritte gegen das Ziel eingelagert.

Fernere Ziele werden erst mit einem Auge fixiert und beibehalten, dann wird ebenfalls zum beidäugigen Fixieren übergegangen.

Die Richtung erfolgt auf alle Reizformen hin nach erregter Aufmerksamkeit, was nicht ausschließt, daß der Richtvorgang übergangen werden kann, falls die Auslösespannungen (Flucht, Beute) schon sehr hoch sind oder zu große Reizintensitäten vorliegen (Flucht, besonders auf nichtoptische Begleiterscheinungen hin, wie Erschütterung).

Jeder neue Richtdruck muß neu ausgelöst werden durch weitere Bewegung des fixierten Gegenstandes bei Beuteobjekten oder das Vorhandenbleiben eines tendierten Dunkelfleckes. Mit der Entfernung des Gegenstandes hält die Richtungsspannung aber noch weiter an. Noch nach Minuten kann man durch plötzliches Neuanbieten den Vorgang fortsetzen. Die Richtung erfolgt auch auf rein phototaktische Reize hin, z. B. gegen den lichten Raum, so vom Zimmer aus ins Freie.

Gegenüber Dunkelflecken an der Wand zeigt sich oft ein an die Lichtkompaßbewegung erinnerndes Anwandern. Eine Weile geht das Tier in Abschnitten flach-schräg an den Gegenstand heran und richtet in den eingeschalteten Ruhepunkten immer um einen kleinen Winkel nach, der ungefähr demjenigen entspricht, um den sich der Fixierstrahl seit der vorigen Ausrichtung geändert hat. Der Richtdruck schafft also die ursprüngliche Fixierungsrichtung wieder. Dann aber geht das Tier schärfer an das Ziel heran und gelangt schließlich zu binokularer Nahbetrachtung (Abb. 12). Ein gerade vor das Ziel gesetztes Tier, das also das ferne Ziel mit beiden Augen sehen kann, dreht sich häufig vorerst zu einäugigem Fixieren zur Seite, ehe es lossteuert.

Bei bewegten Gegenständen fixiert das Tier immer nur vom Gegenstand eben innegehabte Stellen an, nie voraus. Fanghandlungen setzen deshalb blitzschnell an den letzten Richtruck an. Manchmal wird auch der Kopf allein zur Fixierung etwas gedreht und auch aus dieser Stellung geschnappt. Die *Spannung steigt* mit den Richtrucken, weshalb das Losschnappen unmittelbar an den letzten Ruck anschließen kann.

Die Ausrichtung ist besonders bei jungen Tieren oft ungenau. Überstürztes Zuschnappen unterbricht die Richtvorgänge oder trifft mitten in die Richtungsrucke hinein, so daß das Tier sich oft überpurzelt.

Bei den frisch aus dem Wasser steigenden jüngsten Krötchen sind die Richtvorgänge bereits in voller Ausbildung zu beobachten. Jedoch sind unter den jüngsten die größten Unterschiede im Temperament festzustellen.

Ausgerichtet wird auch vor Sprüngen. Indem der Körper gegen das Sprungziel gerichtet wird, bringt sich das Tier zugleich in eine günstige, zweckentsprechende Absprungstellung.

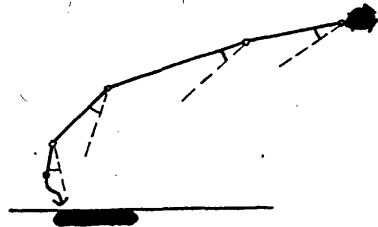


Abb. 12. Die Richtrucke beim Anwandern an ein fixiertes Ziel.

Die Richtungsnahme erlischt mit dem Aufhören der Aufmerksamkeitsspannung, diese auf interne Stimmungsänderungen und Lösung der Spannungen nach ausgelösten Handlungen oder Reflexen.

Richtungsvorgänge bei den *Quappen*. Die Quappen sind Pflanzenabweider und Detritusfresser. Die Nahrungssuche wird daher nur durch zielloses Herumstreifen gesichert. Optische Ausrichtungen konnte ich nicht beobachten. Das Verhalten ist optisch wenig bestimmt. Wohl aber sind faulende Substanzen, wie tote Tiere ein Lieblingsziel und werden auf Grund des chemischen Sinnes topotaktisch aus nächster Nähe erst angesteuert. Beim Anstreben zeigen sich manchmal deutlich Richtrucke, die aber durch die Schwanzstöße leicht vorgetäuscht werden können, immerhin aber gegen das Konzentrationsgefälle gerichtet sind. Die gleichen richtenden Rucke waren auf die Wunden von Wassertieren hin zu beobachten. Besonders das aussickernde Blut etwa aus einem abgeschnittenen Schwanz einer Quappe hat große Anziehungskraft. Eine solche

Stummelquappe zieht oft einen ganzen Schwarm anderer hinter sich her, die oft stoßweise auf die Wunde losschießen und daran einigemal heftig schlucken. Eine optische Dressur auf irgendwelche Formen gelang nie. Die Reaktion ist rein chemotaktisch. Auch die Rucke kann man nicht mit den instinktiven Richtstrucken der Volltiere identifizieren. Der sich umwandelnde Lurch zeigt noch keine derartige Richtungsnahme, was hier an sich schwerlich sein kann, da das Tier weder Nahrung noch Schlupfwinkel sucht.

Diese eigenartigen Richtungsbewegungen sind unschwer als Folge der starren Konstruktion der Halspartie zu verstehen. Wohl kann der Kopf geringe Seitwärtswendungen durchführen, die bei kleinen Änderungswinkeln des Fixiergegenstandes auch genügen. Doch selbst in diesem Falle ist ein Nachrücken des ganzen Körpers die Regel und wird von der geringen Halsfreiheit selten Gebrauch gemacht. Wir können diesen seltsamen, in Zeitlupen zerlegten Vorgang zu den Erbkoordinationen im Sinne *Lorenz'* rechnen.

IV. Zu den Begriffen „Heim“, „Heimat“ und „bekannter Weg“. Wanderung und Vagabundieren.

Nach verschiedenen Angaben im meist populären Schrifttum lernen die Kröten auf oft ganz abseitige Reize hin Gewohnheiten an, die sie stärker an ihre Umgebung binden und daher im Tier einen Umgebungskomplex erzeugen, der für ein Heimatgebiet kennzeichnend ist. Sie lassen sich angeblich sogar auf Pfiffe, Glockentöne usw. dressieren. Zweifellos liegt hier viel unkontrolliertes Traditionsgut vor. Jedoch weisen Labyrinthversuche, ferner das freie Merken von Wegen und Schlupfwinkeln auf die Fähigkeit der Ausbildung bekannter Wege und einen Heimatkomplex hin.

Das Gedächtnis der Kröten ist aber besonders im ersten Jahre auch hierin recht kurzfristig. Gelernte Wege werden rasch wieder vergessen und zugunsten anderer aufgegeben. Umgekehrt merkt sich das Tier nach wenigen Versuchen günstige Auswege, bzw. mit Erfolg gekrönte Fluchtwege und sucht bei Verlagerung zunächst in der alten Gegend etwa eines Käfigs wieder zum Erfolg zu kommen. Auch ältere Kröten besuchen gerne immer wieder ihre innegehabten Schlupfwinkel. Daß die Erdkröte eine gewisse Reviertreue hat, ist ja bekannt.

Die Begriffe „Heim“ und „Heimat“ entstammen der neueren Umweltlehre (v. *Uexküll* und *Kriszat*). Abgesehen von den Innenwelt- und Bauplankonstruktionen der Umweltlehre möchte ich als Heimat den vielfach gut abgegrenzten Bereich, der mit Gewohnheitsbildungen, also bekannten Wegen durchsetzt ist und mit einer gewissen Treue zeitweise oder für immer begangen wird, bezeichnen. Das Heim selbst ist stärker als die Heimat, gewissermaßen ein Stück des tierischen Subjektes selbst geworden und wird demgemäß auch vom Tier ganz anders verwaltet, z. B. verteidigt. Das Verhalten am *Heim* selbst kann bei den Wespen oder anderen Tieren mit Nestern ganz anders ausfallen als im *weiteren* bekannten Raum.

Der Grundcharakter der Wechselkröte ist stärker als bei der Erdkröte nomadisch, die Bindung an lokale Gewohnheiten also locker. Man kann zwar wohl von bekannten Wegen sprechen, Heim und Heimat sind jedoch nur in den Andeutungen vorhanden. Keine Kröte verteidigt ihre momentane Wohnung und ist immer bereit, sie gegen einen anderen Platz einzutauschen. Ebenso das Revier, das zweifellos nur solange erhalten bleibt, bis Nahrungsmangel oder unpassende Verhältnisse den Aufenthalt verleiden. Dann ist auch der gewohnte, bekannte Weg nicht stark genug, das Tier an Ort und Stelle zu halten.

Diesem durch äußere Umstände bedingten Abwandern aus bisher begangenen Revieren steht ein den Tieren eingeborener, an bestimmte Stimmungslagen gebundener *Wandertrieb* gegenüber. Wiewohl auch die Quappen keinen fixen Standplatz haben, können wir das Verhalten des umgewandelten Lurches auch hier nicht vom Quappenverhalten ableiten. Das Landtier wird in der Metamorphose plötzlich wasserscheu und strebt — an die oben besprochenen Klimabedingungen gebunden — landeinwärts. Auch ihre Flucht richtet sich nicht mehr nach dem Wasser wie beim Frosch. Eine Kröte flieht nicht ins Wasser. In großen Massen wandern die Tierchen in den feuchten Bodenschichten und verschwinden auf oder in feuchten Gründen, falls die allgemeinen Bedingungen ihnen nicht mehr zusagen. Dies Vagabundieren ist bei den Jungtieren triebhaft und ungerichtet. Gehemmt und enthemmt wird dieser Trieb durch die Klimabedingungen.

Die Ausrichtung beim Wandern geschieht nach verschiedenen dunklen Formen. Eisenbahnschienen haben große Anlockungswir-

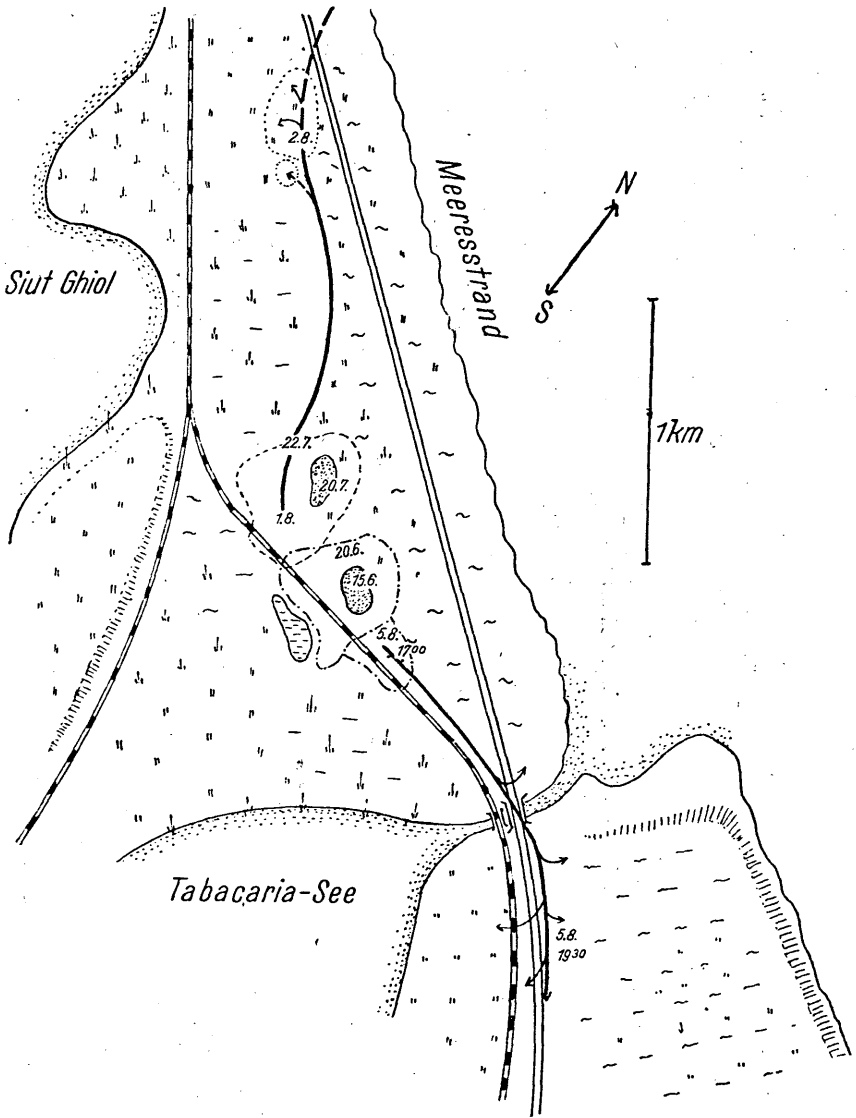


Abb. 13. Ausbreitung und Wanderungen der Jungkröten. Mamaia am Schwarzen Meer, 1944. (Ausbreitung des Krötenareals vom 20. 7. bis 22. 7., vom 15. 6. bis 20. 6. und Wanderung in der Nacht vom 1. 8. zum 2. 8. sowie am 5. 8. zwischen 17⁰⁰ und 19³⁰ Uhr.

kung. Die Ausbreitung der Tiere bleibt meist auf enger umgrenzte Bezirke beschränkt, besonders wenn solche Anziehungspunkte und angenehme Klimata die Tiere festhalten. Des öfteren kann man ein herdenweises Wandern in einer Richtung feststellen, abgesehen von der gemeinsamen Lockung. Wie schon oben erwähnt, erregt immer ein Tier, das sich bewegt, die Aufmerksamkeit des anderen, welches dann häufig sich in die gleiche Richtung dreht und ebenfalls dahin zu wandern beginnt.

Neben diesem Vagabundieren, welches den Verbreitungsbezirk nur langsam ausweitet, treten *Großwanderungen* auf, die, weil zu verschiedensten Klimabedingungen aufgetreten und spontan eine große Masse mit sich reißend, nur aus inneren Stimmungsdispositionen hergeleitet werden können.

In Abb. 13 ist die Ausbreitung der Jungkröten von zwei Generationsherden aus an der rumänischen Schwarzmeerküste datums- und ortsmäßig eingezeichnet. In beiden Fällen der Großwanderung waren diese im Gefolge einer scharfen Wetteränderung, aber nicht mehr bei einer Wiederholung derselben Wetterbildung. Das einmal war es bei Durchgang einer Kaltfront von Westen her. Um vier Uhr gingen bei schwerer, dichter Bewölkung die Schauer nieder. Die Feuchte fiel von 90% auf 65%. In Bodenschicht aber blieben sie naturgemäß sehr hoch. Die Temperatur wechselte von 23° auf 19°. Die Sonne brach durch. Um diese Zeit nun wanderten die Kröten, die wochenlang im selben Revier geblieben waren, in großen Scharen gegen Osten, um die Wanderung in der Dämmerung wieder abzubrechen und sich im normalen Vagabundieren in der Gegend zu verlieren.

Der andere Fall der angegebenen Großwanderung wurde in einer schwachbedeckten Nacht mit großer Bodenfeuchte beobachtet. Der Weg führte in die Dünen. Nach drei Wochen ließ sich ein neuer, kleiner Schub von dort aus gegen den Meeresstrand beobachten.

Die wandernden Tiere waren im Durchschnitt gleich alt. Größere Standortverschiebungen zeigen auch die alten Kröten noch. Dies entspricht ihrer nomadischen Natur.

Literaturverzeichnis.

- Alverdes F.* (1930): Tierpsychologische Analyse der intrazentralen Vorgänge, welche bei dekapoden Krebsen die lokomotorischen Reaktionen auf Helligkeit und Dunkelheit bestimmen. *Z. f. w. Zool* 137. — *Baglioni S.* (1913):

Physiologie des Nervensystems in Wintersteins Handbuch der Phys. Bd. 4. — *Brehms Tierleben*, 4. Aufl. — *Brehms Tierleben*, Ausg. f. d. Volk von *Rammer* (1941). — *Brock F.* (1934): Bewegungsphysiologie, Verhaltenspsychologie und Umweltforschung. Zool. Anz. 7. Bd. — *Buddenbrock W. v.*: Grundriß der vergl. Physiologie, 1933. — *Ders.*: Sinnesphysiologie im Handwörterb. d. Nat.-Wiss. 1934. — *Buytendijk F. J. J.* (1940): Wege zum Verständnis der Tiere. — *Czeloth* (1930): Untersuchung über die Raumorientierung von Triton. Z. vergl. Physiol. Bd. 13. — *Fischel W.*: Methoden zur psychol. Untersuchung der Wirbeltiere im Handb. d. biol. Arbeitsmethoden Abt. 4/D. — *Freisling J.* (1943): Zur Psychologie der Feldwespe. Z. f. Tierpsych. Bd. 5. — *Geiger R.* (1942): Das Klima der bodennahen Luftschicht. — *Graetz E.* (1934): Über die Permeabilität der Froschhaut. Biol. Z. bl. 54. — *Haan, Bierens de* (1940): Der tierische Instinkt und sein Umbau durch die Erfahrung. — *Hempelmann Fr.* (1926): Tierpsychologie vom Standpunkt des Biologen. — *Hundertmark A.* (1936): Helligkeits- und Farbunterscheidungsvermögen der Eiraupe der Nonne. Z. vgl. Physiol. Bd. 24. — *Hinsche G.* (1935): Ein Schnappreflex nach „Nichts“ bei Anuren. Zool. Anz. 111. Bd. — *Herter K.* (1941): Physiologie der Amphibien im Handw. d. Zool. (Kückenthal) Bd. 6. — *Kalmus* (1937), Photohorotaxis, eine neue Reaktionsart, gefunden an den Eilarven von *Dixippus*. Z. vgl. Physiol. Bd. 24. — *Klein* (1934): Über die Helligkeitsreaktionen einiger Arthropoden. Z. wiss. Zool. Bd. 145. — *Kühn A.* (1919): Die Orientierung der Tiere im Raum. — *Kriszat G.* (1940): Untersuchungen zur Sinnesphysiologie, Biologie und Umwelt des Maulwurfes (*Talpa europaea*). Z. wiss. Biol. Abt. A, Bd. 36. — *Ders.* (1940): Die Orientierung im Raume bei *Talpa europaea*, ebenda Bd. 36. — *Leidig F.* (1877): Die Anuren Batrachier der deutschen Fauna. — *Lindworski J.* (1931): Experimentelle Psychologie. — *Lorenz K.* (1943): Die angeborenen Formen möglicher Erfahrung. Z. Tierpsych. Bd. 5/2. — *Mathes E.* (1924): Die Rolle des Gesichts-, Geruchs- und Erschütterungsinnes für den Nahrungserwerb von Triton. Biol. Zbl. Bd. 44. — *Remane H.* (1923): Amphibia in *Schulzes Biologie der Tiere Deutschl.* — *Uexküll. J. v.* (1931): Der Organismus und die Umwelt, in „Das Lebensproblem“ hgg. v. *Driesch* usw. — *Ders.* und *Kriszat* (1934): Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Zoologische Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 1948

Band/Volume: [01](#)

Autor(en)/Author(s): Freisling Josef

Artikel/Article: [Studien zur Biologie und Psychologie der Wechselkröte \(Bufo viridis Laur\). 383-440](#)