

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Beobachtungen über die Nahrungsaufnahme und das Verhalten der Seenelke *Metridium senile* L.

Von HELGA WINDT geb. PREUSS

1. Einleitung

Metridium senile L. ist schon häufig das Objekt physiologischer Spezialuntersuchungen gewesen (vergl. PAX 1940 und von BUDDENBROCK 1952—56). Einzelne dieser Ergebnisse widersprachen sich (ELMHIRST 1925, PARKER u. MARKS 1928). So hat ELMHIRST behauptet, daß die Cilien des Schlundrohres, auf den Graten und in den Rinnen bei der Nahrungsaufnahme in verschiedener Richtung schlagen. PARKER u. MARKS sind dagegen in Übereinstimmung mit anderen Autoren der Ansicht, daß sämtliche Cilien des Schlundrohres (mit Ausnahme der der Siphonoglyphen) und der Schlundrohrlippen bei der Nahrungsaufnahme einwärts schlagen (s. Abb. 1). Ebenso fehlt eine reizphysiologische Analyse des Gesamtverhaltens von *Metridium* im Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme. Wir haben eine derartige Analyse versucht, die — und das ist das entscheidend Neue — auf langfristigen statistisch ausgewerteten Beobachtungen zahlreicher Individuen basiert.

Die benutzten Exemplare von *Metridium senile* wurden von der Biologischen Anstalt Helgoland (Laboratorium List) bezogen und in Meerwasser von 30‰ Salzgehalt untersucht.

2. Der Expansionszustand von *Metridium*

Unter einer größeren Gruppe von Seenelken, die in einem Aquarium gehalten werden, befinden sich immer solche, deren Tentakelkrone mehr oder weniger kontrahiert ist, und andere, die in jeder Beziehung expandiert sind. Negativen Einfluß auf den Expansionszustand haben starke mechanische Reize, sowie niedrige Sauerstoffspannung und Erhöhung der Kohlendioxidspannung im Außenmedium. Denselben Effekt hat Erhöhung der Temperatur über den Toleranzbereich (etwa 0° bis 25° C) hinaus. Auch Nahrungsmangel kann längere Kontraktionsperioden auslösen, die jedoch von kürzeren Expansionszeiten unterbrochen werden.

Positiven Einfluß auf die Ausbreitung der Tentakelkrone haben Helligkeit und schwache mechanische Reize, wie sie etwa durch das Aufstreuen von Sand, durch Erschütterung und durch einsetzende Wasserströmungen hervorgerufen werden können (s. Abb. 2 u. 3). Die gleiche positive Wirkung haben Zunahme der Sauerstoffspannung im Außenmedium und die aus der Nahrung (zum Beispiel Miesmuschelfleisch) extrahierbaren chemischen Stoffe (s. Abb. 4—6).

3. Die Futterreaktionen von *Metridium*

Metridium ist ein Planktonfresser. Nahrungspartikel, welche mit den ausgestreckten Tentakeln in Berührung kommen, kleben an dem Schleimsekret derselben fest und werden durch den Cilienschlag des Tentakelepithels zur Tentakelspitze hin befördert. Die aufgenommenen Partikel fallen dann von den sich einwärts neigenden Tentakeln auf die vorgestülpten Schlundrohrlippen, von denen sie wiederum durch Flimmerschlag in das Schlundrohr und zu den Gastralfilamenten transportiert werden (vergl. Abb. 1 b).

Anm.: Auszug aus einer Dissertation, die in den Jahren 1956/57 auf Anregung und unter Leitung von Prof. Dr. C. SCHLIEPER entstanden ist.

Abb. 1: Schema der Cilienschlagrichtungen bei *Metridium*
 (in Anlehnung an CARLGREN 1905)

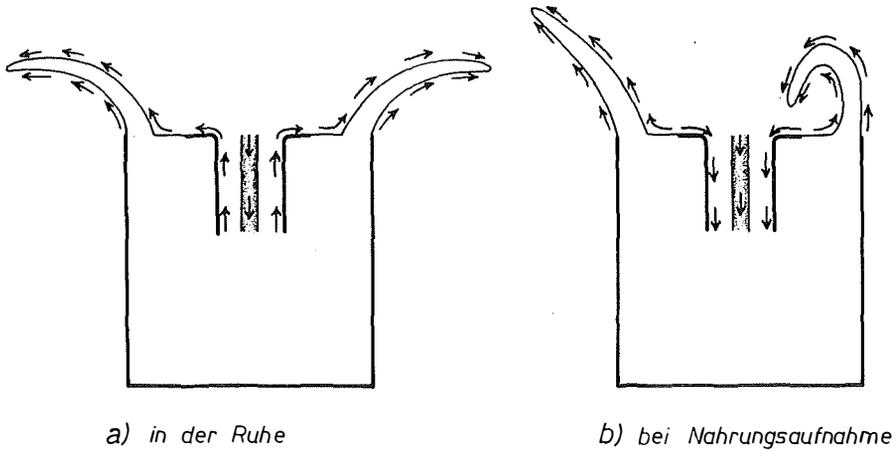


Abb. 2: Einfluß der Belichtung auf den Expansionszustand von *Metridium*
 (10 mittelgroße Individuen, 15° C)

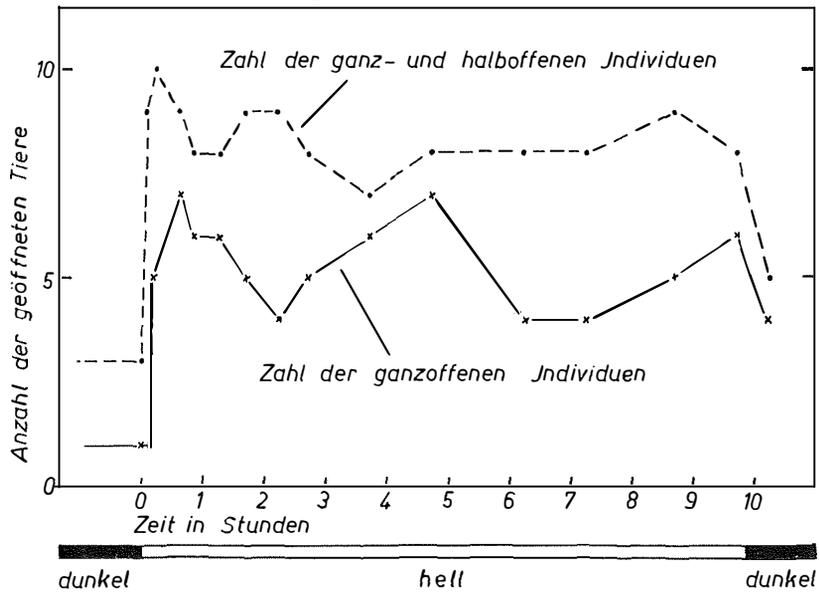


Abb.3. Einfluß schwacher mechanischer Reizung
(Sandaufstreuen) auf den Expansionszustand
von Metridium (15 kleine Individuen; 15° C)

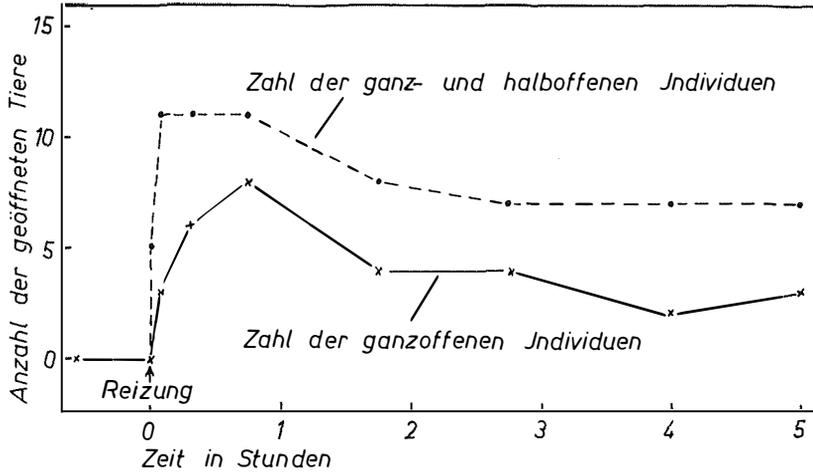
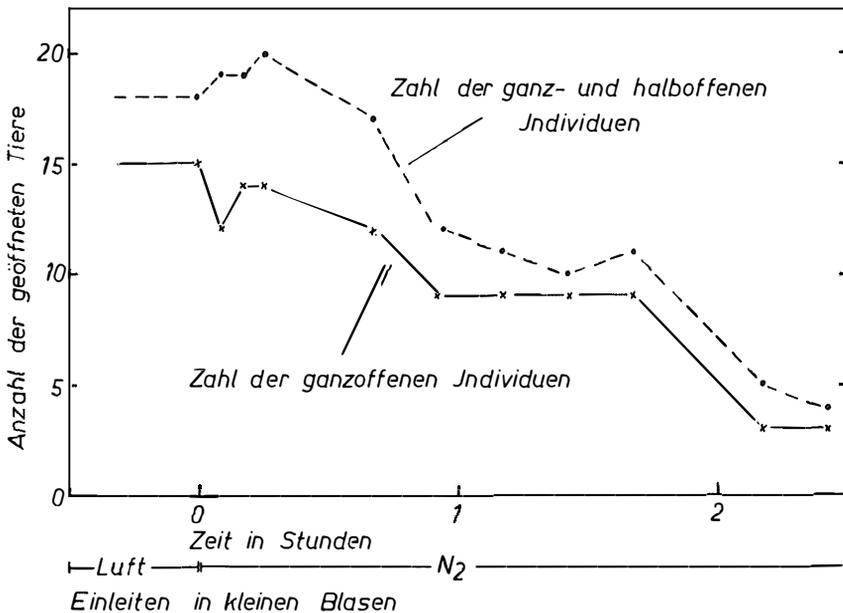


Abb.4. Einfluß abnehmender O₂-Spannung auf den
Expansionszustand von Metridium
(20 mittelgroße Individuen; 16° C)



Futterreaktionen können bei *Metridium* an den Tentakeln, am Schlundrohr und an den Schlundrohrcilien beobachtet werden.

Suchbewegungen der Tentakel werden nicht nur durch auftreffende Nahrungspartikel, sondern auch durch unlösliche Partikel (Sandkörnchen) und durch kolloidale Lösungen (Collidon, Glykogen) hervorgerufen. Bei stärkerer derartiger Reizung werden die Tentakel einwärts geneigt.

Ebenfalls durch auftreffende Nahrungspartikel und schwache chemische Reize, sowie durch kolloidale Lösungen (Glykogen), werden positive Schlundrohrreaktionen ausgelöst, die aus einem weiten Öffnen des Schlundrohres und einem Anschwellen und Ausstülpfen der Schlundrohrlippen bestehen.

Die Cilien des Schlundrohreithels und der Schlundrohrlippen schlagen (mit Ausnahme derjenigen der Siphonoglyphen) im Ruhezustand der Seenelke nach oben und außen. Die Cilien der Siphonoglyphen schlagen dagegen kontinuierlich nach innen und befördern auf diese Weise einen Atemwasserstrom in den Gastralraum, welcher denselben aufsteigend in der Mitte des Schlundrohres wieder verläßt.

Tabelle 1

Umkehrreaktion der Schlundrohrcilien auf verfütterte Substanzen bei Individuen von *Metridium senile*, die vorher auf Carmin 100% negativ reagierten

Verfütterte Substanz	Konzentration der Lösung in %	Änderung der Schlagrichtung nach innen in % der Individuen
Glucose	2—20	3
Stärke	5	5
Glykogen	5—25	10
Glycocoll	10	22
Leucin	5	32
Caseinpepton	5	37
Casein	2,5—10	60
Miesmuschelextrakt	8 g auf 100 cm ³ (filtriert)	64
Fleischpepton	5	65
Gelatine	1—5	72
Miesmuschelfleisch	kleine Stückchen	78
Albumin	10	81

Gelangen Nahrungspartikel, wie z. B. kleine Stückchen Miesmuschelfleisch, auf die Schlundrohrlippen, so kehrt sich die Schlagrichtung der Cilien der Schlundrohrlippen und des Schlundrohres um. Auf diese Weise werden die an dem Schleimsekret der Schlundrohrlippen festhaftenden Nahrungspartikel nach innen und unten transportiert. Kleinere Partikel werden in der Regel in den Rinnen des gefalteten

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 13)

Abb. 1: Schematische Darstellung der Cilienschlagrichtungen bei *Metridium senile* (in Anlehnung an CARLGRÉN 1905).

- a) bei ungereizten Individuen;
- b) während der Nahrungsaufnahme.

Abb. 2: Der Einfluß der Belichtung auf den Expansionszustand (Ausbreitung der Tentakelkrone) von *Metridium senile*.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 14)

Abb. 3: Der Einfluß einer schwachen mechanischen Reizung (Sandaufstreuen) auf den Expansionszustand (Ausbreitung der Tentakelkrone) von *Metridium senile*.

Abb. 4: Der Einfluß abnehmender Sauerstoffspannung (durch Einleiten von Stickstoff in das umgebende Medium) auf den Expansionszustand von *Metridium senile*.

Schlundrohres transportiert, während größere Nahrungsobjekte sowohl auf den Graten als auch in den dann meist mehr geöffneten Rinnen, jeweils in der gleichen Richtung fortbewegt werden (s. Abb. 7).

Die Analyse der geschilderten Umkehrreaktion der Schlundrohrcilien hat ergeben, daß bereits chemisch indifferente Partikel (Carmin- und Graphitkörnchen) bei Wassertemperaturen unter 20° C im Mittel in etwa 50% der Fälle Umkehr der Cilienschlagrichtung hervorrufen können. Nur bei etwa 10% der Fälle wurde das Carmin nach außen befördert, d. h. abgewehrt. Bei den restlichen Versuchen, in etwa 40%, wechselte die Cilienschlagrichtung mehrfach, so daß die Carminkörnchen abwechselnd hinein- und herausbewegt wurden. — Die Reizschwelle der Umkehrreaktion ist in kaltem Wasser deutlich niedriger als bei höherer Temperatur. Es ist vielleicht denkbar, daß die Ursache der höheren Reizschwelle der Umkehrreaktion im wärmeren Meerwasser in dem verstärkten Sauerstoff- und Ventilationsbedarf der Seenelken unter diesen Umständen zu suchen ist. Bei dem im Ruhezustand befindlichen Tier steht ja der nach innen gerichtete Cilienschlag der Siphonoglyphen zusammen mit dem nach außen erfolgenden Cilienschlag der übrigen Schlundrohrpartien im Dienste einer Ventilation des in der Gastralhöhle befindlichen Meerwassers. Der bei höherer Wassertemperatur vergrößerte Sauerstoff- und dementsprechend zunehmende Ventilationsbedarf macht die schwerere Auslösbarkeit der Umkehrreaktion verständlich.

Prüft man die Wirkung chemischer Substanzen auf die Umkehrreaktion der Schlundrohrcilien bei solchen Seenelken, die auf Carminkörnchen negativ, d. h. durch Ausscheidung = Transport zur Peripherie, reagiert haben, so kann man diese chemischen Substanzen, die jeweils zugleich mit wenig Carminpulver auf die Schlundrohrlippen pipettiert wurden, nach der Größe ihrer positiven Reizwirkung einteilen (vergl. Tabelle 1 u. Abb. 8).

Stärkere Wirkung (über 50% Umkehr) haben Eiweißstoffe (wie z. B. reines Casein, Fleischpepton, Gelatine und Albumin). Die Reizwirkung einzelner Tropfen einer 10%igen Albuminlösung in Seewasser ist mindestens ebenso groß wie die von kleinen Stückchen Miesmuschelfleisch. Schwächere Wirkung (mit 20—30% Umkehr) haben einzelne Aminosäuren, wie z. B. Glycocoll und Leucin. Noch geringere Reizwirkung, nur 3—10% Umkehr, haben Kohlenhydratlösungen, wie Glucose, Stärke und Glycogen. Selbst eine kolloidale 25%ige Glycogenlösung und eine chemisch indifferente 20%ige Collidonlösung (synthetisches polymeres Colloid) haben nur geringen Einfluß auf die Schlagrichtung der Schlundrohrcilien; sie lösen aber, wie bereits oben erwähnt, lebhafte Futterreaktionen der Tentakel und der Schlundrohrlippen aus.

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 15)

- Abb. 5: Der Expansionszustand (Ausbreitung der Tentakelkrone) von *Metridium senile* bei Wiederherstellung der normalen Sauerstoffspannung (Einleiten von O₂) nach vorheriger Anoxybiose.
Abb. 6: Der Expansionszustand (Ausbreitung der Tentakelkrone) von *Metridium senile* nach chemischer Reizung durch Muschelextrakt.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 16)

- Abb. 7: Transportmöglichkeiten kleiner und größerer Nahrungspartikel in den Rinnen und auf den Graten des gefalteten Schlundrohres von *Metridium senile*.
Abb. 8: Die Umkehrreaktion der Schlundrohrcilien von *Metridium senile* auf verfütterte Substanzen bei Individuen, die auf Carmin vorher zu 100% negativ reagierten.

Abb. 5: Expansionszustand von *Metridium* bei Wiederherstellung der normalen O_2 -Spannung nach vorheriger Anoxybiose
(20 kleine Individuen, 17°C)

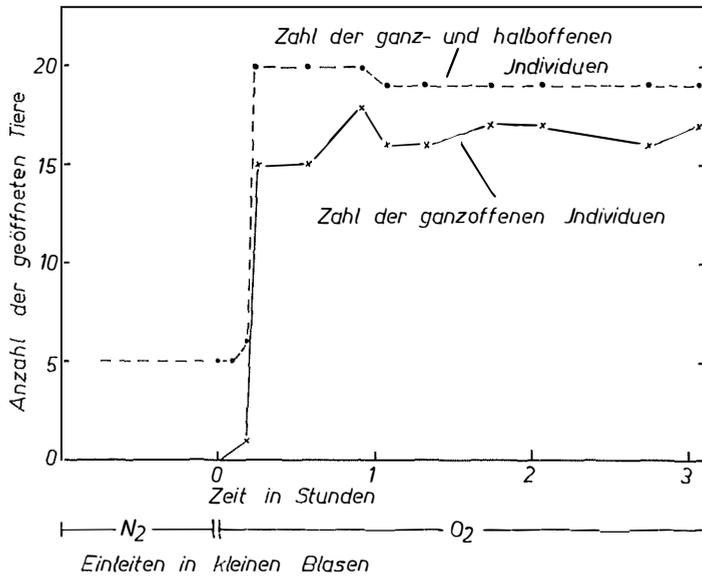


Abb. 6: Einfluß chemischer Reize (Muschelextrakt) auf den Expansionszustand von *Metridium*
(20 mittelgroße Individuen, 17°C)

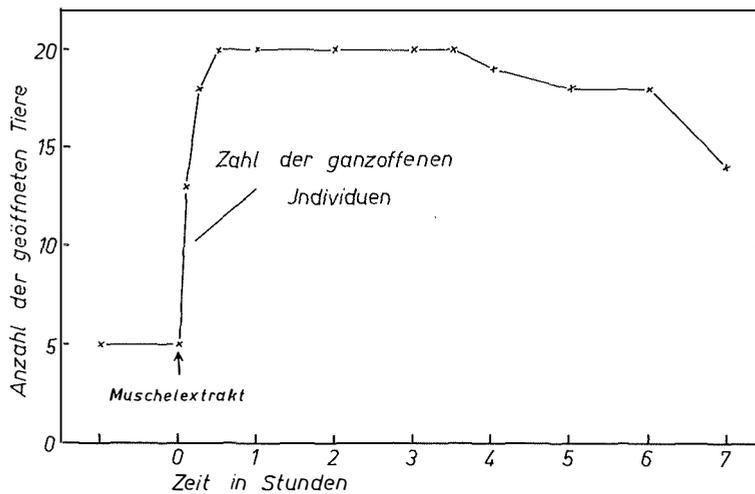


Abb.7: Transport kleiner und größerer Nahrungspartikel in den Rinnen und auf den Graten des gefalteten Schlundrohres von Metridium

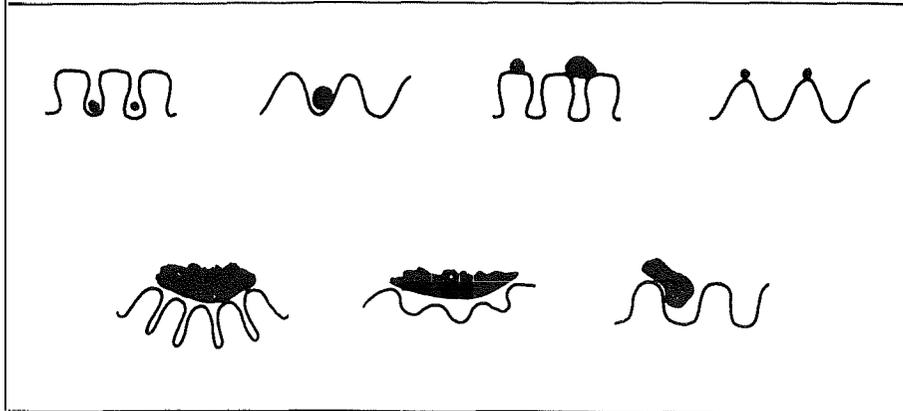
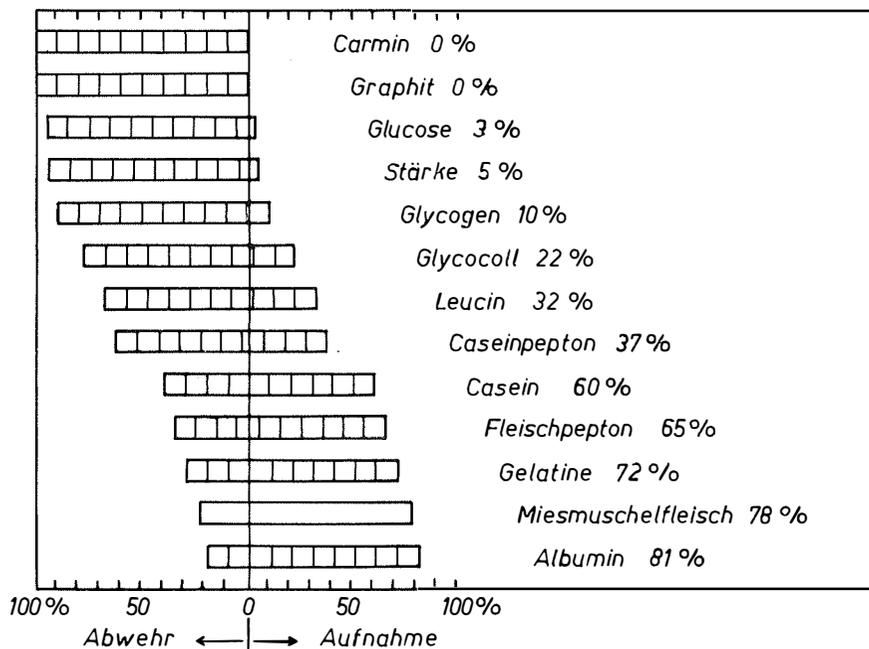


Abb. 8: Umkehrreaktion der Schlundrohcilien von Metridium auf verfütterte Substanzen bei Individuen, die auf Carmin vorher zu 100% negativ reagierten



4. Unterschiede im individuellen Verhalten einzelner Seenelken bei der Nahrungsaufnahme

Bei den geschilderten Reaktionsweisen handelt es sich nur um statistische Mittelwerte, die auf Grund der Untersuchung jeweils zahlreicher Exemplare gefunden worden sind. Es läßt sich leicht zeigen, daß das verschiedene Verhalten einzelner Individuen nicht nur von inneren Faktoren, wie z. B. Hunger oder Sättigung, also von ihrer temporären Gestimmtheit abhängt, sondern auch von der durch erbliche Faktoren festgelegten „Grundstimmung“ beeinflußt wird. Als Beispiel soll das verschiedene Verhalten von drei kleinen, 1—2 cm hohen Seenelken geschildert werden, die während längerer Zeit in gleicher Weise nebeneinander im Aquarium vorbehandelt waren (siehe Tabelle 2). Seenelke Nr. 1 ist in jeder Weise spontan und auf Reizung hin aktiv. Die Tentakel zeigen ständig lebhaft Bewegungen. Das Tier reagiert schnell auf Nahrungspartikel und zeigt häufig lebhaft Kriechbewegungen. Schon bei schwacher Berührung werden vorübergehend Kontraktionen ausgelöst. — Tier Nr. 2 könnte man dagegen als „phlegmatisch“ bezeichnen. Die Reaktionsbereitschaft ist gering und die Reaktionen erfolgen langsam. Bei schwacher Berührung erfolgt keinerlei Reaktion. — Tier Nr. 3 wandert ebenfalls nur selten. Im Gegensatz zu Tier 1 und 2 öffnet es bei Fütterung das Schlundrohr weit und tief, so daß man bis auf den Boden der Gastralhöhle sehen kann. Sie unterscheidet außerdem genauer zwischen verdaulichen und unverdaulichen Substanzen. Im übrigen ist sie aber ebenso wie Seenelke Nr. 1 als „sensibel“ zu bezeichnen.

Wir planen diese Untersuchung über individuelle Verhaltensunterschiede bei Aktinien mit solchen Exemplaren fortzusetzen, die durch Abtrennung (Lazeration) von einem einzigen Tier entstanden sind, also den gleichen Genotypus repräsentieren.

Tabelle 2

Beispiele des individuell verschiedenen Verhaltens dreier Exemplare von *Metridium* bei Fütterung mit verschiedenen Substanzen

(Reaktion der Schlundrohrcilien: Aufnahme = +; Abwehr = —)

Substanz	Seenelke Nr. 1	Seenelke Nr. 2	Seenelke Nr. 3
Carmin	+ +	—	—(+)
Miesmuschelfleisch	+ + +	+	+ +(+)
Fleischpepton	+ + +	—	+ +
Caseinpepton	+ +	—	+ +
Glycocoll	+ +	—	+
Albumin	+ + +	+	+ + +
Leucin	+ + +	—	+
Chinin	+	—	—

Literaturverzeichnis

BATHAM E. J., und C. F. A. PANTIN: Phases of activity in the sea-anemone *metridium* senile and their relation to external stimuli. Jour. Exper. Biol. 27, 377—399, 1950. — BUDDENBROCK, W. v., Vergleichende Physiologie. Band 1: Sinnesphysiologie, S. 452—455, 1952; Band 2: Nervenphysiologie: S. 86—99, 1953; Band 3: Ernährung, Wasserhaushalt und Mineralhaushalt der Tiere, S. 106—107, 1956; Verlag Birkhäuser, Basel. — CARLGREN, O.: Über die Bedeutung der Flimmerbewegung für den Nahrungstransport bei den Actinarien und Madreporarien Biol. Ctrbl. 25, 308—322 1905 — ELMHIRST, R.: The feeding habits of the sea-anemone *Actinoloba*. Scottish Naturalist 151, 149—152, 1925. — FRISCH, K. v.: Lichtempfindlichkeit der Aktinien. Blätter für Aquarien- und Terrarienkunde 16, 133—134, 1905. — GRAY, J.: Ciliary Movement, Cambridge 1928, S. 158ff. — HALL, D. M. and C. F. A. PANTIN: The Nerv Net of Actinozoa. 5.) Temperature and Facilitation in *Metridium* senile. Jour. Exp. Biol. 14, 71—78, 1937. — KRIJGSMAN, B. J., and TALBOT: Experiments on

digestion in sea-anemones, Arch. Internat. Physiol. 61, 277—291, 1953. — PARKER, G. H.: The reactions of Metridium to food and other substances. Bull. Mus. Comp. Zool. 29, 107—119, 1896. — PARKER, G. H.: The reversal of ciliary movement in metazoons. Am. Jour. Phys. 13, 1, 1905. — PARKER, G. H.: The reversal of the effective stroke of the labial cilia of Sea anemones by organic substances. Am. Jour. Physiol. 14, 1, 1905b. — PARKER, G. H.: The excretion of carbon dioxide by relaxed and contracted sea-anemones. Journ. gen. Physiol. 5, 45—64, 1922. — PARKER, G. H.: Feeding Habits in Metridium. Scot. Nat. 188—190, 1928. — PARKER, G. H.: Glycogen as a means of ciliary reversal. Proc. nat. Acad. Sci. 14, 713—714, 1928. — PARKER, G. H. and P. A. MARKS: Ciliary reversal in the sea-anemone Metridium. Jour. of Exper. Zool. 52, 1—6, 1928. — PAX, F.: Tierwelt der Nord- und Ostsee. Band 3, e, f, Anthozoa, S. 81—220. Akad. Verlagsgesellschaft 1940. — PAX, F.: Die Psychologie der Aktinien. Zeitschrift für angew. Psychol. 4, 546—555, 1914. — SCHLIEPER, C.: Praktikum der Zoophysologie. 2. Aufl. G. Fischer Verlag, Stuttgart 1955. — SCHLIEPER, C.: New observations on the physiology of ciliated cells. XVth International Congress of Zoology, Sect. VI, Paper 5, 1—5, 1958.