

Einige Beobachtungen und Experimente über Anabiose.

Von Eugen Schultz und Anna Singol.

(Aus dem zoologischen Institut der Hochschule für Frauen in St. Petersburg.)

Im Moose auf Strohdächern fand ich im Wilnaschen Gouvernement im Sommer 1912 ziemlich zahlreiche *Macrobotus Hufelandi*, Nematoden, die nicht näher bestimmt wurden, und Rotatorien der Gattung *Philodina*. Das Eintrocknen und Wiederaufleben dieser Tiere konnte ich leicht unter dem Mikroskope beobachten. Der Sommer war sehr trocken, das Moos enthielt keine Feuchtigkeit und wurde von der Sonne wochenlang gedörrt. Die Befeuchtung dieses trockenen Moores rief in wenigen Minuten alle aufgezählten Tiere wieder ins Leben. Besonders das Verhalten der Nematoden beim Wiederaufleben war charakteristisch. Viele Tiere waren beim Eintrocknen ganz flach geworden, wie Streifen gefalteten Papiers. Das Aufquellen begann anfangs nur stellenweise; oft war das eine Ende schon aufgequollen und bewegte sich in pendelartigen Schlägen, während der übrige Teil des Körpers noch in eingetrocknetem, unbeweglichem Zustande verharrete. Wir isolierten diese Tiere, ließen sie wieder eintrocknen und dann wieder von neuem aufleben, und konnten so das Bild der Anabiose vor Augen haben so oft wir wollten.

Das Geheimnisvolle und Wichtige dieser Erscheinung ist so groß, die Schwierigkeit einen Weg zur Lösung der Frage zu finden so bedeutend, dass wir die Experimente und Beobachtungen hier mitteilen wollen, obwohl wir das Fragmentarische derselben einsehen.

Zuerst wurde *Macrobotus* untersucht. Auf einem Uhrgläschen isolierte Exemplare von *Macrobotus Hufelandi*, die aus trockenen und wieder aufgeweichtem Moose gewonnen waren, wurden an heißen Julitagen in einem trockenen und sehr warmen Zimmer aufbewahrt. Allmählich verdunstete das Wasser. Als die Tiere nach einiger Zeit untersucht wurden, waren sie alle mit Cysten umgeben, wie das vor einigen Jahren Murray¹⁾ beschrieben hatte. Diese Cysten wurden aufbewahrt und zum Teil fixiert.

Unsere erste Aufgabe war die incystierten *Macrobotus* und auch die eingetrockneten Nematoden in Schnittserien zu zerlegen. Leider konnten wir die Konsistenz der Kerne, ob sie eingeschrumpft waren, wie es z. B. Gurwitsch²⁾ für die eingetrocknete Pflanzenzelle beschrieben hat, nicht ordentlich erkennen. Einzelne Organe ließen sich aber gut analysieren. Im allgemeinen wiesen alle Teile einen

1) J. Murray, Encystement of Tardigrades. — Trans. R. Soc. Edinburgh. Vol. 45. 1908.

2) Gurwitsch, Vorlesungen über Histologie. 1913.

ganz normalen Bau auf. Die Eier von *Macrobotus* waren im Ruhestadium. Der Bau des Tieres machte den Eindruck, als ob es mitten aus dem Leben herausgerissen worden war und jede Minute das Leben weiter fortsetzen konnte. Irgendwelche Veränderungen an den Organen ließen sich nicht wahrnehmen: die Struktur des Darmes, der Cerebralganglien etc. sah normal aus. *Macrobotus* lag in der Cyste zusammengeschrumpft. Die Cyste selbst war oval und glatt.

Die Zellen waren wahrscheinlich nachträglich durch Behandlung mit Essigsäure (Fixierung durch Sublimat-Eisessig) gequollen. Infolge dessen versuchten wir eingetrocknete *Macrobotus* und Nematoden mit absolutem Alkohole zu fixieren und mit in absolutem Alkohole gelöstem Safranin zu färben, um Wasser ganz auszuschließen und postmortale Quellungen zu vermeiden. Die Präparate wurden durch Xylol in Parafin eingebettet und geschnitten. Auf solchen Präparaten ließ sich infolge der Kleinheit der Zellen in denselben nichts Genaueres beobachten. Ich verweile bei diesen Versuchen, weil bisher noch nie Tiere im Zustande der Eintrocknung in Schnittserien zerlegt worden waren und wir begrifflicherweise große Hoffnungen an diese Methode knüpften.

Sehr wichtig wäre es zu untersuchen, ob die Flüssigkeit in der Leibeshöhle auch verdunstet, nach dem platten und eingeschrumpften Zustande der Nematoden und Tardigraden zu urteilen scheint das wirklich stattzufinden.

Sowohl für *Macrobotus*, als auch für Nematoden und Philodina können wir aufs unzweideutigste nachweisen, dass nicht nur das Ei am Leben bleibt, wie es Zacharias³⁾, Faggioli⁴⁾ und Frédéricq⁵⁾ glauben, sondern die ganzen Tiere, da wir sie im lebenden Zustande isolierten und auf dem Objektträger ganz ohne Beimischung von Schlamm oder Sand eintrocknen ließen, wonach sie nach neuer Befeuchtung wieder auflebten. Das Eintrocknen und Wiederaufleben lässt sich öfters wiederholen.

Es entsteht die Frage, ob alle Lebensprozesse wirklich absolut aufhören. Wir wissen, dass ohne Wasser die Lebensprozesse aufhören müssen. Wie schnell sie fallen beweisen die Experimente von Kalkwitz, der den Zusammenhang zwischen Atmung und Wassergehalt untersuchte. Bei 19—20% Wassergehalt war die Ausscheidung von CO_2 — 3,59, bei 10—12% Wasser nur 0,35. Es ist andererseits nicht zu zweifeln, dass bei der größten Sommer-

3) Zacharias, O., Können die Rotatorien und Tardigraden nach vollständiger Eintrocknung wieder aufleben oder nicht? Biolog. Centralbl. Bd. VI. 1886.

4) Faggioli, F., De la prétendu reviviscence des Rotifères. Arch. Ital. de Biol. 1891.

5) Frédéricq, L., La lutte pour l'existence chez les animaux marins. Paris. 1899.

hitze nicht alles Wasser aus dem Körper entfernt wird. Die Kommission der Societé de Biologie, die 1860 die Frage untersuchte, kam zu dem folgenden Resultate: „Des animaux aménés au degré de dessiccation le plus complet qu'on puisse réaliser dans l'état actuel de la science peuvent conserver encore la propriété de se réanimer au contact de l'eau.“ Dayère⁶⁾ hielt Tardigraden in luftleerem Raume 28 Tage lang und einige Zeit bei einer Temperatur von 140° C. und sie lebten danach doch wieder auf.

Dennoch können wir auf die Frage, ob alle Lebensprozesse wirklich absolut stille stehen, oder nur bis zum äußersten verlangsam sind, wohl kaum einwandsfrei antworten. Bekanntlich können Samen jahrelang auf gewissen Entwicklungsstadien stehen bleiben, das gleiche habe ich an den Eiern von *Artemia* beobachten können, welche in einem Probiergläschen jahrelang trocken aufbewahrt worden und nach Aussaat auf Salzwasser aufquollen und sich weiter entwickelten. Am genauesten in dieser Richtung waren wohl die Experimente von Kochs⁷⁾, welche bei in luftleerem Raume aufbewahrt Samen auch nach Monaten durch spektroskopische Untersuchung keine Spur einer Linie, die auf Stickstoff oder Kohlenstoff hätte bezogen werden können, fand. Danach zu urteilen ist die Entwicklung solcher Stadien nicht verlangsamt, sondern steht absolut still. Das gleiche scheint bei Rotatorien, Nematoden und Tardigraden stattzufinden: Eier der Tardigraden reifen im Körper nicht weiter. Ob auch bei physiologischen Prozessen solch ein Stillstand eintritt, lässt sich nicht so einwandsfrei nachweisen. Die Ernährung und die Vermehrung steht jedenfalls stille. Dasselbe kann auch mit der Atmung geschehen.

Wir versetzten isolierte Tardigraden, Nematoden und Rotatorien zwei Wochen lang in reinen Wasserstoff, wonach die Tiere nicht abstarben, sondern leicht wieder auflebten. Dieser Umstand beweist in den Grenzen, in welchen der Sauerstoffmangel absolut gemacht werden kann, den Stillstand der Lebensprozesse.

Gegen den vollständigen Stillstand des Lebens wurde der Umstand angeführt, dass das Wiederaufleben längere und längere Zeit beansprucht, je länger die Letargie dauerte. Wenn nach einigen Wochen der Lethargie 10 Minuten genügen, Tardigraden, Nematoden und Rotatorien wieder aufleben zu lassen, erforderte nach 6 Monaten das Wiederaufleben fast eine halbe Stunde, und nach einem Jahre eine Stunde, wobei der Prozentsatz der wiederauflebenden Tiere sehr fällt⁸⁾.

6) Dayère, M., Mémoire sur les Tardigrades. Ann. Sc. Nat. (2 sér.) Vol. 18. 1892.

7) Kochs, Kann die Kontinuität der Lebensvorgänge zeitweilig völlig unterbrochen werden? Biol. Centralbl. Bd. X. 1890.

8) Wir führen hier einige Zahlen aus den Protokollen an: Das Wiederaufleben dauerte nach 3 Monaten — 10 Minuten, nach 8½ Monaten lebten die Tardi-

Es versteht sich von selbst, dass nicht alle Individuen einer Art zu gleicher Zeit erwachen, aber in gewissen Grenzen ist die Zeit doch ungemein konstant für jeden einzelnen Fall.

Wir kommen jetzt zur Beschreibung von Resultaten, die uns noch ganz unverständlich sind, welche aber, da die Experimente öfters wiederholt wurden, außerhalb jeden Zweifels zu sein scheinen. Nach acht Monaten latenten Lebens wurden Tardigraden, Philodina und Nematoden in sauerstofffreie Atmosphäre gebracht, d. h. in eine Atmosphäre, wo der Sauerstoff stets durch Wasserstoff verdrängt wurde, der unaufhörlich aus dem Gasentwicklungsapparat neu gebildet und gereinigt durch den Behälter, in welchem das Moos und auch isolierte Tiere lagen, strömte. Nach einer Woche Aufenthaltes in dem sauerstofffreien Medium lebten die Tiere schon nach 20—25 Minuten auf, während die Kontrolltiere, vom selben Moosstücke genommen, die aber nicht zuvor in sauerstoffreichem Medium gewesen waren, erst nach 40—42 Minuten zum Leben erwachten. Ein zweiwöchentlicher Aufenthalt in sauerstoffreichem Medium ergibt ein noch schnelleres Aufleben und zwar in 15 Minuten.

Der Gedanke liegt nahe, dass die Luft im Behälter, durch welchen der Wasserstoff ging, vielleicht sehr feucht war. Das Hygrometer zeigte fast gesättigte Atmosphäre. Äußerlich aber zeigten die Tiere keine Quellung.

Der Gedanke, dass die Quellung schon im Apparate begonnen hatte, muss auch aus einem anderen Grunde beiseite gelassen werden.

Stark angefeuchtetes, nasses Moos wurde in denselben Behälter in sauerstofffreie Atmosphäre gebracht. Uns interessierte die Frage, ob die Tardigraden, Ratatorien und Nematoden auch ohne Sauerstoff aufquellen werden. Die Tiere wurden 11 Uhr 40 Min. in das Gefäß mit etwas Wasser zusammen mit dem Moose gelegt, um 6 Uhr 55 Min. war noch keine Aufquellung zu bemerken. Um 8 Uhr 37 Min. wurde dieselbe Probe in normale Verhältnisse gebracht. Die Tardigraden schwollen stark an, die Nematoden lebten gut auf, Ratatorien waren in der betreffenden Probe zufälligerweise nicht vorhanden.

Diese Resultate sind mit denen identisch, die Gurwitsch⁹⁾ und Polowzowa für Erbsensamen erhalten hatte, auch diese quollen in sauerstoffreicher Atmosphäre nicht auf. Der Quellungsprozess scheint also nicht ganz so einfach und rein physikalisch zu verlaufen, wie es gewöhnlich angenommen wird, sondern mit chemisch-vitalen Prozessen verbunden zu sein. Vielleicht ist die Definition dieser Prozesse als Quellungen überhaupt falsch, und

graden und Ratatorien in 40—42 Minuten auf, die Nematoden in 50 Minuten. Nach 1 Jahre dauerte das Wiederaufleben $1\frac{1}{2}$ Stunden.

9) l. c.

wir haben es nur mit Wasseraufnahme als Folge beginnender Assimilation zu tun.

Das raschere Erwachen aus dem latenten Zustande nach vorherigem Aufenthalte in sauerstoffreiem Medium hat also andere Ursachen als die Feuchtigkeit im Behälter. Um diese Ursachen zu entdecken, wäre es vielleicht das Einfachste zu sehen, was mit einer einzelnen Zelle wird, wenn ihr der Sauerstoff entzogen wird. Loeb¹⁰⁾ bewies, dass die Zellwände der Furchungszellen sich, wenn ihnen Sauerstoff entzogen wird, verflüssigen; nach neuem Zutritt des Sauerstoffs bilden sich die Zellwände neu. Budgett bewies dasselbe für Infusorien¹¹⁾. Eine vorhergehende Verflüssigung der Zellwände mit neuem Zutritt von Sauerstoff ruft deswegen vielleicht eine schnellere Quellung hervor. Wir wissen, dass die Zellhäute Gele von sehr geringer Quellbarkeit sind, während der Zellinhalt eine hohe Quellbarkeit besitzt.

In gleichzeitig eingetrocknetem und wieder angefeuchtetem Moose sind die Rotatorien die ersten, die erwachen, ein wenig später (anfänglich auf 1—2 Minuten) die Tardigraden, viel später die Nematoden. Nach 8 $\frac{1}{2}$ Monaten wird der Unterschied größer. Rotatorien und Tardigraden erwachen nach 40—42 Minuten, Nematoden nach 50 Minuten. Natürlich erwachen nicht alle Individuen mit einmal, aber doch sieht man im allgemeinen ein ziemliches Festhalten der Durchschnittsziffer.

Nach dem Erwachen sind am resistenstesten die Nematoden, aber auch Tardigraden wurden bis 5 Wochen am Leben gehalten.

Wir teilen diese fragmentarischen Beobachtungen hier mit, denn leider müssen wir uns mit kleinen Erfolgen oft begnügen, wo wir an die größten Rätselfragen der Natur herantreten; und gerade über Anabiose ist sehr wenig experimentiert worden.

Wenn wir den immer wieder gebrauchten Vergleich mit einer Maschine wählen, so haben wir einen Stillstand der Maschine, diese kann aber doch jede Minute wieder in Gang gesetzt werden, sobald sie geheizt wird und Wasser in den Kessel gegossen ist. Diese Maschine setzt die Arbeit nicht fort, sie wird nicht abgebraucht, dennoch aber ist das Wiedereingangssetzen schwerer und schwerer, je längere Zeit sie stillstand. So glaube ich auch, dass an der lebendigen Maschine die zunehmende Schwierigkeit der Ingangsetzung nicht durch die unbemerkt fortlaufenden Lebensprozesse, sondern durch hinzutretende störende Veränderungen zu erklären ist.

Es ist sehr eigenartig, dass dennoch die Fähigkeit der Anabiose so selten ist und überhaupt in verschiedenen Gruppen ganz selb-

10) Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen des Sauerstoffmangels. Arch. f. ges. Phys. (Pflüger) Bd. 62. 1896.

11) Siehe bei Loeb l. c.

ständig auftritt. Ist es die Hülle allein, die hier alles zu bedeuten hat? Die Wasserformen der Tardigraden, so z. B. *Macrobotus macronyx* sind beim Eintrocknen rettungslos verloren. Sie bilden aber auch keine Cysten. *Macrobotus Hufelandi* bildet Cysten, aber nicht immer. Die Individuen, welche keine Cyste gebildet haben, gehen gewöhnlich schnell zugrunde.

Und dennoch glaube ich nicht, dass die Cyste hierbei das Tier vor endgültigem Eintrocknen schützt, denn Tardigraden und Nematoden beweisen durch ihre glatte, eingeschrumpfte Körpergestalt — und auch auf Schnitten ist es zu sehen — dass sie ganz eingetrocknet sind. Ich glaube dagegen, dass die Cyste die Tiere vor zu schnellem Eintrocknen schützt und dass darin ihre Hauptbedeutung liegt, was sich freilich nicht beweisen lässt.

R. Kolkwitz. Pflanzenphysiologie, Versuche und Beobachtungen an höheren und niederen Pflanzen, einschliesslich Bakteriologie und Hydrobiologie mit Planktonkunde.

258 Seiten mit 12 Tafeln und 116 Textabbildungen. Jena 1914. G. Fischer.

Das Buch ist aus Übungen hervorgegangen, die zur Fortbildung von Oberlehrern dienten und im Winter stattfanden. Hierdurch, sowie durch das Forschungsgebiet des Verf. als Hydrobiologen ist der Inhalt beeinflusst, der in dieser Form und Einteilung für andere Zwecke schwer verwendbar erscheint. Doch sind in dem Buche eine Menge nützlicher Beobachtungen und Winke enthalten.

Etwa 60 Seiten enthalten die Physiologie der Phanerogamen, die in Form von Versuchen, Beobachtungen und ökologischen Bemerkungen dargestellt wird. Ungefähr 170 Seiten sind den Kryptogamen gewidmet, wobei Pflanzen- und Tierlisten mit kurz charakterisierenden ökologischen Andeutungen einen großen Raum einnehmen. Die praktische Anleitung zu Versuchen tritt hier stark zurück. Bakteriologisch arbeiten könnte man z. B. nach dem Buche nicht. Eher wird es Anregungen für Kryptogamenexkursionen geben können.

Ernst G. Pringsheim.

N. Swart. Die Stoffwanderung in ablebenden Blättern.

117 Seiten mit 5 Tafeln. Jena 1914. G. Fischer.

Die Anregung zu der vorliegenden Untersuchung dürfte Stahl's Entdeckung gegeben haben, dass Laubblätter die normale Herbstfärbung nicht annehmen, wenn kurz vor dem Vergilben die Leitungsbahnen, die den Verkehr mit den Tragspross vermitteln, durchgetrennt werden. Hieraus war zu schließen, dass durch jene irgend-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Schultz Eugen, Singol Anna

Artikel/Article: [Einige Beobachtungen und Experimente u^ober Anabiose. 546-554](#)