

zuerst resp. das am schnellsten tätige Ganglion erregt die mit ihm nervös verbundenen, und das bestimmt die Phasengleichheit.“ Auch, was die koordinierte rhythmische Kontraktion des Schirmrandes der Medusen und der einzelnen Teile des Froschherzens betrifft, kommt der Autor in demselben Buche zu dem Schluß, daß „der Teil, welcher sich am häufigsten kontrahiert, die anderen Teile zwingt, in gleichem Rhythmus tätig zu sein.“

Aus diesen verschiedenen Beispielen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Resultat meiner Untersuchungen zeigen, ersehen wir, daß auch in anderen Tiergruppen nervöse Regulierungen zur Erklärung koordinierter Bewegungen gleichartiger Elemente angenommen werden. Deshalb erscheint es wohl gerechtfertigt, auch im vorliegenden Falle zu dieser Hypothese zu greifen; der Unterschied zwischen ihm und den angeführten Beispielen liegt nur darin, daß bei letzteren der schnellere Teil für die übrigen bestimmend ist, während beim Flugmechanismus der Insekten die langsamere Hälfte den Ausschlag gibt.

## Über den dauernden Ersatz der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch fortgesetzte Regenerationen.

Experimenteller Beitrag zum Todproblem.

Von **Max Hartmann.**

Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.

### Problemstellung.

Die Versuche, über die ich im folgenden berichten möchte, sind hervorgegangen aus langjähriger, bis in das Jahr 1903 zurückgehender Beschäftigung mit dem Todproblem. In früheren experimentellen Arbeiten (1917, 1921) war durch Versuche an *Eudorina elegans* zunächst die Jahrzehnte lang diskutierte Frage zur Entscheidung gebracht worden, ob Organismen bei Ausschaltung der Befruchtung und unter Ausschluß sonstiger Regulationen ohne irgendwelche Schädigungen ad infinitum gezüchtet werden können. (Potentielle Unsterblichkeit im Sinne Weismanns). Durch die *Eudorina*-Versuche war die Frage im positiven Sinne beantwortet, und somit gezeigt, daß es ein Altern von Generationen bei Protisten nicht zu geben braucht. Wenn somit auch die sogenannte potentielle Unsterblichkeit der Protisten im Sinne Weismanns sachlich erwiesen schien, so war jedoch keineswegs das eigentliche Problem des Individualtodes und individuellen Alterns der Protisten damit berührt, ein Problem, das bekanntlich Weismann durch seine Fragestellung verwischt hat. Ich hatte nun früher schon mehrmals, besonders im Anschluß an Götte zunächst durch entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen den Nachweis zu führen versucht, daß es einen natürlichen physiologischen Tod, einen Individualtod, auch bei Protozoen gibt, wobei Tod und Fortpflanzung zusammenfallen; ja viele Formen, speziell solche mit

multipler Vermehrung, weisen sogar bei der Fortpflanzung, ihrem Tode eine mehr oder minder große Leiche auf, auf deren Vorkommen bekanntlich Weismann bei der Definition des Todes den Hauptwert gelegt hat. Und diese Formen sind durch allerhand Übergänge mit solchen verbunden, bei denen der ganze Zelleib bei der Fortpflanzung wieder mit verwendet wird. Was aber all diesen Formen auch bei Fehlen einer Leiche gemeinsam ist, das ist der scharfe Abschluß einer individuellen Entwicklung, der mit der Fortpflanzung zusammenfällt und der Beginn einer neuen Entwicklung, der mit diesem Prozeß einsetzt. In dieser Formulierung läßt sich ein Individualtod auf alle Protisten auch die mit einfacher Zweiteilung ausdehnen.

Da aber nicht der formale Nachweis eines physiologischen Todes das wesentliche physiologische Problem ist, sondern die Frage nach einem individuellen Altern, so habe ich es für wichtig gehalten, schon um nicht in bloßen Wortstreitigkeiten und Begriffsspaltereien stecken zu bleiben, das hier vorliegende Problem in eine scharf formulierte physiologische Fragestellung zu bringen, die experimentell geprüft werden kann. Dieselbe lautet: „Ist es möglich, geschlossene biologische Systeme dauernd in Assimilation und Wachstum zu erhalten, ohne Alters- und Degenerationserscheinungen und ohne Reduktion des Systems durch Teilung oder sonstige Regulierung?“ Oder umgekehrt ausgedrückt: „Sind mit der Assimilation und dem Wachstum auch bei Protisten, die sich nur durch Zweiteilung vermehren, nicht umkehrbare Entwicklungsvorgänge, also ein Altern, verbunden, und bedeutet die Fortpflanzung bzw. die Zellteilung bereits eine Verjüngung dieser Systeme?“ Daran hätte sich noch die andere Frage anzuschließen: „Ist es möglich, die verjüngende Wirkung der Fortpflanzung durch eine andere Regulation des Systems zu ersetzen?“

Die hier mitzuteilenden Versuche beziehen sich nur auf die letzte Fragestellung, die ja bis zu einem gewissem Grade die Beantwortung der ersteren und zwar im Sinne einer verjüngenden Wirkung der Fortpflanzung voraussetzt. Immerhin werden auch Versuche, die sich nur mit der experimentellen Prüfung der letzteren Frage befassen, eine Beantwortung der ersteren Frage bereits in sich schließen<sup>1)</sup>.

Um die Frage zu prüfen, ob die verjüngende Wirkung der Fortpflanzung durch andere Regulationen zu ersetzen sei, muß man natürlich zunächst die Fortpflanzung völlig auszuschalten trachten, also genau in derselben Weise vorgehen, wie es bei der Prüfung der eventuellen verjüngenden Wirkung der Befruchtung bei den vielfachen Experimenten über diese Frage geschehen ist. Versuche von R u b n e r

1) Die Behandlung der ersten Fragestellung wird im Zusammenhang mit entwicklungsphysiologischen Versuchen an Volvocineen demnächst an anderer Stelle gegeben werden.

an Hefezellen und von mir an Volvocineen (1904, 1921) haben ergeben, daß das für einige Zeit (bei *Gonium* sogar viele Wochen) möglich ist. Die betr. Volvocineen zeigten bei Unterdrückung der Fortpflanzung Riesenwuchs und die Kulturen starben nach einiger Zeit aus. Es muß also, wie diese Versuche ergeben haben, eine Ersatzregulation stattfinden. Wenn wir von allen sexuellen Phänomenen irgendwelcher Art absehen, so kommen hier zwei Vorgänge in Frage, Encystierung und Regeneration. Auf die verjüngende Wirkung der ersteren haben Goette und R. Hertwig vielfach hingewiesen, und auf Grund der Versuche von Jahn habe auch ich auf die eventuell verjüngende Wirkung der Sklerotienbildung bei den Myxomyceten, die ja eine Encystierung ist, aufmerksam gemacht. Exakt experimentell geprüft ist diese Frage jedoch bisher noch nirgends und unsere eigenen Bemühungen haben uns noch nicht die dafür nötigen Bedingungen und Objekte auffinden lassen. Es bleiben somit nur fortgesetzte Regenerationsversuche unter Ausschluß der Fortpflanzung.

Die Gesichtspunkte, die derartigen Regenerationsversuchen zugrunde liegen, sind folgende: Man hat vielfach angenommen, und Popoff und Woodruff haben durch Versuche an Infusorien die Richtigkeit dieser Anschauung erwiesen, daß die Anhäufung von Exkretstoffen der Tiere selbst Depressionen, also Alterserscheinungen hervorrufe. Das geschieht normalerweise schon bei gewöhnlichem Wachstum und drückt sich nach R. Hertwig und Popoff an der Verschiebung der Kernplasmarelation während des Wachstums aus, die durch die Fortpflanzung (Teilung) bekanntlich wieder reguliert wird. Bei gesteigertem Wachstum unter Unterdrückung der Fortpflanzung wird man annehmen können, daß natürlich die Erscheinung in erhöhtem Maße auftritt. Andererseits hat Child den meiner Meinung sehr beachtenswerten Gedanken ausgesprochen, daß das Wesen des Alterns darin bestehe, daß in den älteren Zellen der ganze Metabolismus gehemmt sei und daß durch die Teilung (Isolation resp. Verkleinerung des Systems) eine Verjüngung durch Zunahme des Metabolismus und Forträumung der für den Metabolismus vorhandenen strukturellen Hindernisse zustande komme. Bei der Begründung dieser Auffassung stützt er sich auf Experimente an Planarien. Wenn diese beiden Gedankengänge richtig sind (und die ausgeführten Versuche sprechen in hohem Maße dafür), dann müßte es aber möglich sein, durch eine ganz andersartige Regulation, nämlich die künstliche Verkleinerung des biologischen Systems vor Eintritt der natürlichen Teilung die verjüngende Wirkung des Systems zu erzielen, und auf diese Weise eventuell für längere oder kürzere Zeit die Fortpflanzung auszuschalten. Solche Versuche habe ich in den letzten Jahren 1920/21/22 an verschiedenen Infusorien und an Turbellarien durchgeführt, worüber im folgenden eingehend berichtet werden soll<sup>2)</sup>.

2) Inzwischen hat auch Goetsch (1921) über gleiche Versuche an Hydren berichtet, die aber nicht zu einer Lösung des Problems führten (s. unten S. 369 Anm. 5).

### A. Versuche an *Stentor coeruleus*.

Von Protozoen konnten bisher zu derartigen Versuchen nur Infusorien benutzt werden. Wohl hatte ich gewünscht, ein günstigeres einzelliges Versuchsobjekt zu finden, das keine verschiedenen Kerne und vor allem auch nicht mehrere Kerne besitzt, also wirklich nur monoenergisch ist. Doch stand mir bisher kein derartiges Protozoon zur Verfügung, das den sonstigen Anforderungen für solche Versuche genügt. Die Tiere müssen sich nämlich 1. gut und gleichmäßig kultivieren lassen, so daß Kontroll-Individualzuchten geführt werden können, 2. gut regenerieren und 3. groß genug für die Operationen sein. Die beiden letzten Bedingungen trafen z. B. nicht für *Actinophrys* zu. Auch unter den Infusorien eignen sich viele Formen nicht, so z. B. *Frontonia*, die leider die Operation nicht vertrug und *Bursaria*, das sich zwar gut operieren ließ, aber auf die Operation mit Encystierung reagierte. So konnten die Versuche bisher nur an *Stentor coeruleus* ausgeführt werden. Das Infusor wurde in Boverischalen oder in hohlgeschliffenen Objektträgern kultiviert bei einer Temperatur von 21° im doppelt regulierten Thermostaten. Als Kulturflüssigkeit diente durch Berkefeldfilter filtriertes Teichwasser (Grunewaldsee), dem als Futter eine *Colpidium*-aufschwemmung zugesetzt wurde. Die Colpidien ihrerseits wurden auf alkalischem Knop-Agar 0,75 % gezüchtet, wo sie ausgezeichnet gedeihen. Mit einer Pipette Teichwasser wurden sie von der Agaroberfläche abgeschwemmt und ein solcher Tropfen den täglich erneuten Stentorkulturen zugesetzt.

Selbstverständlich müssen neben den fortgesetzten Operationen auch Individualzählkulturen geführt werden. So fanden in derselben während der Dauer des Versuchs vom 15. IV.—9. VI. 1920 36 Zellteilungen statt. Die Teilungsrate ist bei *Stentor* nicht so gleichmäßig, wie etwa bei *Paramaecium* und *Eudorina elegans*. Während in der Regel alle 24 Stunden eine Teilung erfolgt, stellt sich öfters eine Verlängerung auf 2 Tage, bisweilen sogar auf 3 Tage ein. Ich vermute, daß diese Schwankungen auf Wachstumsschwankungen infolge der Vielkernigkeit — der rosenkranzförmige Macronucleus ist natürlich polyenergisch — zurückzuführen sind. Auch kommen natürlich durch das komplizierte Fütterungsverfahren (Colpidienaufschwemmung aus Agarkulturen mit einem Bakteriengemisch) zahlreiche unkontrollierbare Faktoren zu den Bedingungen, die ungünstig auf die Teilungsrate einwirken können. Es wurden stets eine größere Zahl von Linien nebeneinandergeführt (4—8), um bei einem eventuellen Eingehen einer Linie keine Unterbrechung des Versuchs befürchten zu müssen. Im folgenden sei von einer *Stentor*-Linie (B<sub>5</sub>) als Beispiel das genaue Protokoll 1 mitgeteilt.

Die Regenerationsversuche wurden nun an Parallelserien von *Stentor* A und B in der Weise vorgenommen, daß das betreffende Stentorindividuum, das gewöhnlich in hohlgeschliffenem Objektträger kultiviert wurde, noch bevor es die gewöhnliche Teilungsgröße erreicht hat

und irgendwelche Anzeichen von Teilungserscheinungen sich bemerkbar machen, durchschnitten wurde. In der Regel wurde die Schnitt- richtung ungefähr durch die Mitte geführt, doch wurden auch Serien gehalten, in denen entweder nur der Mundteil oder das Hinterende

## Protokoll 1.

Individualzählkultur von *Stentor coeruleus* (B.) 15. IV.—9. VI. 1920. Teichwasser filtriert, Colpidium- aufschwemmung; 21° C.

Nr. der Generation	Datum	Teilungs- rate
1	15. IV.	2
2	17. "	1
3	18. "	1
4	19. "	5
5	24. "	1/2
6	24. "	1
7	25. "	1
8	26. "	1
9	27. "	3
10	30. "	1
11	1. V.	1/2
12	1. "	1
13	2. "	1
14	3. "	1
15	4. "	2
16	6. "	1
17	7. "	1
18	8. "	5
19	13. "	1
20	14. "	1
21	15. "	2
22	17. "	1
23	18. "	1
24	19. "	1
25	21. "	2
26	22. "	2
27	24. "	2
28	26. "	2
29	28. "	2
30	30. "	1
31	31. "	2
32	2. VI.	1
33	3. "	2
34	5. "	1
35	6. "	3
36	9. "	

## Protokoll 2.

Dauerregeneration von *Stentor coeruleus* (A<sup>1</sup>) vom 12. IV.—5. VI. 1920. Teichwasser filtriert, Colpidium- aufschwemmung; 21° C.

Nr. der Operation	Datum	Zwischen- zeit
1	12. IV.	5
2	17. "	2
3	19. "	2
4	21. "	2
5	23. "	1
6	24. "	1
7	25. "	1
8	26. "	3
9	29. "	7
10	6. V.	4
11	10. "	3
12	13. "	2
13	15. "	1
14	16. "	1
15	17. "	1
16	18. "	2
17	20. "	2
18	22. "	2
19	24. "	2
20	26. "	1
21	27. "	1
22	28. "	3
23	31. "	2
24	2. VI.	3
25	5. "	

abgeschnitten wurde. Die Operation wurde unter der binokularen Lupe mit einem feinen Augenoperationsmesserchen ausgeführt und die durchschnittenen Teile dann mit der Pipette in frische Kulturflüssigkeit übertragen. Die Objektträger wurden in einer großen feuchten Kammer im Thermostaten von 21° gehalten und mit *Colpidium* gefüttert, also genau in derselben Weise wie die Zählkulturen. Auch

hier wurden mehrere Serien nebeneinander geführt und die durchschnittenen Teile gewöhnlich beide bis zur nächsten oder übernächsten Operation aufbewahrt und wieder mitoperiert, um im Falle des Eingehens eines abgeschnittenen Teiles, was sich natürlich nie ganz verhüten läßt, den ganzen Versuch nicht vorzeitig zu unterbrechen. Auf diese Weise konnten in der am längsten durchgeführten Serie 25 Operationen an demselben Tier in der Zeit vom 12. IV.—5. VI. 1920 ausgeführt werden. In derselben Zeit fanden, wie oben berichtet, 34 normale Teilungen statt. Es darf angenommen werden, daß der Versuch hätte noch länger durchgeführt werden können. Protokoll 2 gibt die genaueren Daten und Belege wieder.

### B. Versuche an Turbellarien.

Es lag nahe, solche Versuche nicht nur an Protozoen, sondern auch an niederen vielzelligen Organismen mit vegetativer Vermehrung und weitgehendem Regenerationsvermögen durchzuführen. In erster Linie kamen dafür Hydren, Turbellarien und Anneliden in Betracht. Wir hatten Formen aus diesen 3 Gruppen zu anderen Zwecken schon in Kultur genommen, nämlich um die Frage des Generationswechsels, also der echten Metagenesis exakt experimentell zu prüfen. Die bei Protisten, Algen und Pilzen (Klebs) durchgeführten Untersuchungen über die physiologischen Bedingungen der verschiedenen Fortpflanzungsarten und die Frage der Möglichkeit der Ausschaltung der geschlechtlichen resp. ungeschlechtlichen Fortpflanzung sollten auch hier einmal exakt in Individualzuchten behandelt werden. Kollege Groß hat die Bearbeitung der Hydren übernommen und auch hier Regenerationen unter den hier klargelegten Gesichtspunkten durchgeführt<sup>3)</sup>. Er wird demnächst über seine Befunde selbst berichten. Herr Dr. Bělář hatte Anneliden (*Chaetogaster*) kultiviert. Die Regenerationsversuche fielen hier nicht günstig aus. Da die andere Frage (Generationswechsel) inzwischen von Stolte eine in unserem Sinne geführte, erfolgreiche Bearbeitung erfahren hat, wurden die Versuche aufgegeben. Ich selbst habe mit 2 *Stenostomum*-Arten gearbeitet, die sich für die Regenerationsversuche vorzüglich geeignet erwiesen. Die Voraussetzung für die Dauerregeneration mit diesen Vielzellern unter den oben klargelegten Gesichtspunkten ist selbstverständlich auch hier die Möglichkeit einer dauernden agamen Vermehrung unter Ausschluß von Sexualitätserscheinungen und sonstigen Regulationen, also das Problem, das bei Protozoen jahrelang diskutiert und bearbeitet und das durch die *Eudorina*-Versuche entschieden worden ist. Merkwürdigerweise ist diese Frage, also die Frage der sogenannten potentiellen Unsterblichkeit im Sinne Weismanns, wie ich schon früher hervorhob, bisher

3) Dieselben haben allerdings zur Lösung unserer Frage nichts beigetragen, da bei den Hydren, wie auch Goetsch gleichzeitig gefunden hat, der Knospungsreiz stärker ist, als der Regenerationsreiz, die vegetative Fortpflanzung sich also nicht ausschalten läßt.

noch nie bei den vielzelligen Tieren bearbeitet worden, obgleich bei Formen mit vegetativer Vermehrung natürlich dieselbe Möglichkeit wie bei den Protozoen vorliegt. Aus diesen Gesichtspunkten heraus waren auch die Fragen bei Vielzellern von uns in Angriff genommen worden. Inzwischen hat Goetsch die Frage auch bei Hydren aufgeworfen und teilweise bearbeitet. Da die Entwicklung über die Möglichkeit der dauernd vegetativen Vermehrung ohne Sexualität und Depression etc. die Voraussetzung für die fortgesetzten Regenerationen bildet, so soll sie hier zuerst eine kurze Behandlung erfahren.

### I. Über die Möglichkeit der dauernden vegetativen Vermehrung bei *Stenostomum* (potentielle Unsterblichkeit).

Es erübrigt sich nach der eingehenden Behandlung der Unsterblichkeitsfrage in meiner *Eudorina*-Arbeit die Problemstellung hier nochmals zu erörtern. Sie ist die gleiche wie bei den Protozoen (s. 1921 S. 258 f.). Die Würmer wurden in Boverischalen einzeln kultiviert und zwar ebenso wie die *Stentoren* in filtriertem Teichwasser mit Colpidienaufschwemmung als Futter. Bemühungen, statt des in seiner Zusammensetzung natürlich nicht bekannten Teichwassers eine künstliche stark verdünnte Nährlösung zu verwenden, gelangen nicht. Der Vorteil wäre auch insofern teilweise wieder hinfällig, als durch die Colpidienaufschwemmung wieder unbekannte Faktoren in die Kulturbedingungen hineingeraten. Doch lassen sich unter den angegebenen Bedingungen die *Stenostomum*, und zwar sowohl *St. unicolor* wie *St. leucops* vorzüglich kultivieren. Beide Formen eignen sich insofern sehr gut für diese Versuche (und das gilt noch mehr für Regenerationen), als die vegetative Vermehrung im Gegensatz zu der den verwandten *Microstomum*-Arten mit ihrer vielfachen Teilung (Kettenbildung) nur durch einfache Zweiteilung mit regelmäßig dazwischen geschalteter Wachstumsperiode sich vollzieht. Die Tiere wurden im Oktober 1919 in Kultur genommen und bis heute wurde noch keine sexuelle Fortpflanzung beobachtet. Vermutlich sind sie, ebenso wie *Eudorina*, unter den günstigen gleichmäßigen Bedingungen apogam geworden; doch bedarf diese Frage noch weiterer Beobachtungen und Experimente.

Die Zählkulturen wurden im Thermostaten bei 21° gehalten. Doch wurden zeitweise auch Parallelzuchten bei 16°—18°, 26° und 34° geführt. In 21° betrug die Teilungsrate von *St. unicolor* in der Regel einen Tag, bei 16° 2 Tage, bei 26° 1/2 Tag, während sie bei 34° wieder annähernd auf einen Tag zurücksank. Bei 37° starben die Kulturen. Es ergibt sich also, daß Wachstum und Teilung innerhalb der Temperaturgrenzen von 16°—26° dem Vant Hoff'schen Gesetz folgen.

## Protokoll 3.

Vergleich der Teilungsrate von Individualzählkulturen von *Stenostomum unicolor* bei verschiedenen Temperaturen im Februar und März 1920.

16—18°

Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 a	13. II.	1
2 a	14. "	4
3 a	"	4
4 a	18. "	3
5 a	21. "	2
6 a	"	2
7 a	25. "	2
8 a	26. "	2
9 a	28. "	—
10 a	—	—
11 a	—	—
12 a	—	—
13 a	—	—
14 a	—	—

21°

Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 a	13. II.	1
2 a	14. "	1
3 a	15. "	$\frac{1}{2}$
4 a	15. "	$\frac{1}{2}$
5 a	16. "	2
6 a	18. "	1
7 a	19. "	1
8 a	20. "	1
9 a	21. "	1
10 a	22. "	1
11 a	23. "	1
12 a	24. "	1
13 a	25. "	1
14 a	26. "	1

26°

Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 a	13. II.	1
2 a	14. "	$\frac{1}{2}$
3 a	—	$\frac{1}{2}$
4 a	15. "	$\frac{1}{2}$
5 a	—	$\frac{1}{2}$
6 a	16. "	$\frac{1}{2}$
7 a	17. "	2
8 a	19. "	1
9 a	20. "	$\frac{1}{4}$
10 a	—	$\frac{1}{4}$
11 a	21. "	$\frac{1}{2}$
12 a	—	$\frac{1}{2}$
13 a	22. "	$\frac{1}{2}$
14 a	—	$\frac{1}{2}$

34°

Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 a	13. II.	1
2 a	14. "	$\frac{1}{2}$
3 a	—	$\frac{1}{2}$
4 a	15. "	$\frac{1}{2}$
5 a	—	$\frac{1}{2}$
6 a	16. "	1
7 a	17. "	1
8 a	18. "	1
9 a	19. "	1
10 a	—	1
11 a	21. "	1
12 a	22. "	$\frac{1}{2}$
13 a	—	$\frac{1}{2}$
14 a	23. "	

Auffallend war auch hier eine zeitweise weitgehende Schwankung der Teilungsrate, deren Ursache nicht ermittelt wurde. Während für *St. unicolor* die normale Teilungsrate 1 Tag beträgt, kann sie auf 2, 3 auch 4 Tage verlängert werden. Noch mehr gilt das für gewisse Linien für *St. leucops*, das dagegen in anderer Hinsicht besser kultivierbar ist. *St. unicolor* wird nämlich verhältnismäßig leicht von einer Krankheit befallen, wobei die Tiere lokale Auftreibungen (Tumoren) erhalten und meist zugrunde gehen. Die Teilungsrate betrug bei der *St. leucops*-Linie A. 1920 durchschnittlich 2 Tage, stieg aber häufig auf 1 Tag und sank auf 3 Tage. Doch kamen gelegentlich Schwan-

kungen von 4 bis 5 Tagen vor. Noch größere Werte erreicht die Teilungsrate bei der *Leucops*-Linie D von 1921/22, gleichfalls mit den entsprechenden Schwankungen, wie der Vergleich der Protokolle 4 und 5 zeigt. Die bisherigen Angaben über die Teilungsraten von *St. unicolor* und *leucops* bezogen sich nur auf die Vordertiere, d. h. wenn zur Weiterzucht nach einer Zweiteilung stets nur das aus der vorderen Teilhälfte hervorgegangene Individuum benutzt wird. Ganz

Protokoll 4.

*Stenostomum unicolor* Individual-Zählkultur 1920 21—22° C. Colpidium, Teichw.  
a = Vordertier.

Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 a	26. I.	1	43 a	10. III.	1	85 a	22. IV.	2
2 a	27. "	1	44 a	11. "	1	86 a	24. "	1
3 a	28. "	1	45 a	12. "	$\frac{1}{2}$	87 a	25. "	3 Indiv.
4 a	29. "	1	46 a	12. "	$\frac{1}{2}$	88 a	26. "	1
5 a	30. "	1	47 a	13. "	1	89 a	27. "	1
6 a	31. "	1	48 a	14. "	2	90 a	28. "	
7 a	1. II.	1	49 a	16. "	2	†		
8 a	2. "	1	50 a	18. "	1	neue a-Linie von 53b abgezw.		
9 a	3. "	1	51 a	19. "	1	53 (b) a	29. IV.	2
10 a	4. "	1	52 a	20. "	2	54 a	1. V.	2
11 a	5. "	1	53 a	22. "	1	55 a	3. "	$\frac{1}{2}$
12 a	6. "	1	54 a	23. "	1	56 a	3. "	1
13 a	7. "	$\frac{1}{2}$	55 a	24. "	1	57 a	4. "	1
14 a	7. "	$\frac{1}{2}$	56 a	25. "	1	58 a	5. "	1
15 a	8. "	1	57 a	26. "	2	59 a	6. "	1
16 a	9. "	1	58 a	28. "	1	60 a	7. "	2
17 a	10. "	1	59 a	29. "	1	61 a	9. "	2
18 a	11. "	1	60 a	30. "	1	62 a	11. "	2
19 a	12. "	1	61 a	31. "	1	63 a	13. "	2
20 a	13. "	1	62 a	1. IV.	1	64 a	15. "	1
21 a	14. "	1	63 a	2. "	1	65 a	16. "	1
22 a	15. "	$\frac{1}{2}$	64 a	3. "	1	66 a	17. "	1
23 a	15. "	$\frac{1}{3}$	65 a	4. "	1	67 a	18. "	1
24 a	16. "	2	66 a	5. "	2	68 a	19. "	$\frac{1}{2}$
25 a	18. "	1	67 a	7. "	$\frac{1}{2}$	69 a	19. "	$\frac{1}{2}$
26 a	19. "	1	68 a	7. "	$\frac{1}{2}$	70 a	21. "	1
27 a	20. "	1	69 a	8. "	2	71 a	22. "	2
28 a	21. "	1	70 a	10. "	$\frac{1}{2}$	72 a	24. "	1
29 a	22. "	1	71 a	10. "	$\frac{1}{2}$	73 a	25. "	2
30 a	23. "	1	72 a	11. "	1	74 a	27. "	1
31 a	24. "	1	73 a	12. "	1	75 a	28. "	1
32 a	25. "	1	74 a	13. "	1	76 a	29. "	1
33 a	26. "	1	75 a	14. "	1	77 a	30. "	1
34 a	27. "	1	76 a	15. "	$\frac{1}{2}$	78 a	31. "	2
35 a	28. "	1	77 a	15. "	$\frac{1}{2}$	79 a	2. VI.	1
36 a	29. "	1	78 a	16. "	$\frac{1}{2}$	80 a	3. "	1
37 a	1. III.	1	79 a	16. "	$\frac{1}{2}$	81 a	4. "	1
38 a	2. "	1	80 a	17. "	$\frac{1}{2}$	82 a	5. "	3
39 a	3. "	2	81 a	17. "	1	83 a	8. "	} unter- bliebene Teilung normal
40 a	5. "	2	82 a	18. "	1	84 a	9. "	
41 a	7. "	2	83 a	19. "	2			
42 a	9. "	1	84 a	21. "	1			

† Tumorbildung beim Vordertier, darauf Tod am 10. VI. 1920.

b = Hintertier.

Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 b	26. I.	1	25 b	1. III.	1	49 b	22. IV.	2
2 b	27. "	1	26 b	2. "	2	50 b	24. "	1
3 b	28. "	1	27 b	4. "	2	51 b	25. "	2
4 b	29. "	1	28 b	6. "	5	52 b	27. "	2
5 b	30. "	1	29 b	11. "	3	53 b	29. "	2
6 b	31. "	1	30 b	14. "	3	54 b	1. V.	2
7 b	1. II.	1	31 b	17. "	2	55 b	3. "	1
8 b	2. "	2	32 b	19. "	3	56 b	4. "	4
9 b	4. "	2	33 b	22. "	2	57 b	8. "	1
10 b	6. "	1	34 b	24. "	3	58 b	9. "	2
11 b	7. "	1	35 b	27. "	2	59 b	11. "	2
12 b	8. "	2	36 b	29. "	1	60 b	13. "	4
13 b	10. "	2	37 b	30. "	2	61 b	17. "	1
14 b	12. "	1	38 b	1. IV.	3	62 b	18. "	2
15 b	13. "	1	39 b	4. "	1	63 b	20. "	3
16 b	14. "	1	40 b	5. "	1	64 b	23. "	4
17 b	15. "	2	41 b	6. "	2	65 b	27. "	3
18 b	17. "	2	42 b	8. "	3	66 b	30. "	3
19 b	19. "	1	43 b	11. "	2	67 b	2. VI.	3
20 b	20. "	2	44 b	13. "	2	68 b	5. "	4
21 b	22. "	2	45 b	15. "	1	69 b	9. "	3
22 b	24. "	2	46 b	16. "	2	70 b	12. "	†
23 b	26. "	2	47 b	18. "	2			
24 b	28. "	2	48 b	20. "	2			

Streck

andere Werte für die Teilungsrate erhält man, wenn stets das Hintertier zur Weiterzucht genommen wird. Hier beträgt die Durchschnittsteilungsrate für *St. unicolor* 3 Tage und die Schwankungen sind noch erheblicher; entsprechend liegen die Verhältnisse bei den Linien A und D von *St. leucops*, wie die Protokolle zeigen. Gelegentlich, aber äußerst selten, kommt es auch vor, daß statt der normalerweise sich findenden einfachen Zweiteilung vorübergehende Teilungshemmungen auftreten, so daß bei der Teilung, die aber meist nicht gleichzeitig erfolgt, 3 Tiere zustande kommen. Es liegt hier offenbar der Anfang von Kettenbildung vor, wie sie bekanntlich bei verwandten Formen (*Microstomum*) angetroffen wird. Diese Dreierformen entstehen in der Weise, daß zuerst eine normale Zweiteilung angebahnt wird, jedoch das künftige Vordertier, ehe es sich abschnürt, schon die nächste Teilungszone anlegt.

Ich lasse nun die Protokolle einer Linie von *St. unicolor* bei 21° aus dem Jahre 1921 und zweier Linien von *St. leucops* (A u. D) ebenfalls bei 21° aus den Jahren 1920 und 1921/22 folgen. Die Zählkulturen von Vorder- und Hintertier sind dabei parallel aufgeführt, und das Vordertier nochmals durch den Buchstaben a, das Hintertier durch den Buchstaben b gekennzeichnet. Einige Male starb ein Tier der Vorder- oder Hintertierserie, und die Serie wurde dann durch das entsprechende Vorder- (a) resp. Hinter- (b) Tier der parallelen anderen Serie ersetzt. Ein solches von einer Hintertierserie abstammende Vordertier ist dann als (b)a [umgekehrt (a)b] bezeichnet.

## Protokoll 5.

*Stenostomum leucops* (Klon A), Individualzählkultur, 1920. 21--22° C., Colpidium.  
Teichwasser.

a = Vordertier, b = Hintertier.

a			a			a		
Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 a	25. III.	3	25 a	11. V.	5	49 a	14. VII.	2
2 a	28. "	2	26 a	16. "	1	50 a	16. "	3
3 a	30. "	1	27 a	17. "	1	51 a	19. "	3
4 a	31. "	2	28 a	18. "	1	52 a	22. "	1
5 a	2. IV.	3	29 a	19. "	2	53 a	23. "	1
6 a	5. "	1	30 a	21. "	4	54 a	24. "	2
7 a	6. "	2	31 a	25. "	2	55 a	26. "	3
8 a	8. "	1	32 a	27. "	3	56 a	29. "	4
9 a	9. "	1	33 a	30. "	3	57 a	2. VIII.	1
10 a	10. "	2	34 a	2. VI.	3	58 a	3. "	1
11 a	12. "	2	35 a	5. "	5	59 a	4. "	2
12 a	14. "	1	36 a	7. "	3	60 a	6. "	2
13 a	15. "	1	37 a	10. "	2	61 a	8. "	1
14 a	16. "	2 (3 in ein. Kette)	38 a	12. "	4	62 a	9. "	1
15 a	18. "	1	39 a	16. "	5	63 a	10. "	2
16 a	19. "	2	40 a	21. "	5	64 a	12. "	2
17 a	21. "	1	41 a	26. "	3	65 a	14. "	2
18 a	22. "	2	42 a	29. "	3	66 a	16. "	4
19 a	24. "	3	43 a	1. VII.	1	67 a	20. "	9
20 a	27. "	1	44 a	2. "	1	68 a	29. "	3
21 a	28. "	3	45 a	3. "	2	69 a	1. IX.	2
22 a	1. V.	4	46 a	5. "	3	70 a	3. "	5
23 a	5. "	3	47 a	8. "	2	71 a	8. "	
24 a	8. "	3	48 a	10. "	4	a	†	

  

b			b			b		
Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
1 b	25. III.	3	22 b	1. V.	2	35 b	17. VII.	6
2 b	28. "	3	23 b	3. "	2	36 b	23. "	14 Kette v. 3 Tieren
3 b	31. "	4	24 b	5. "	7	37 b	6. VIII.	4
4 b	4. IV.	2	25 b	12. "	4	38 b	10. "	4
5 b	6. "	3	26 b	16. "	3	39 b	14. "	1
6 b	9. "	3	27 b	19. "	3	40 b	15. "	7
7 b	12. "	4	28 b	22. "	5	41 b	22. "	6
8 b	16. "	4	29 b	27. "	6	42 b	28. "	13
9 b	20. "	1	30 b	2. VI.	5	43 b	10. IX.	5
10 b	21. "	3	31 b	7. "	7	44 b	15. "	5
11 b	24. "	†	32 b	14. "	19	45 b	20. "	—
21(a)b	28. "	3 abgezw. von 21 a	33 b	3. VII.	8		†	
			34 b	11. "	6			

Abgesehen von den erwähnten Schwankungen der Teilungsrate erfolgt also, wie die Protokolle zeigen, bei völligem Ausschluß sexueller Erscheinungen ein gleichmäßiges Wachstum und gleichmäßige vege-

aktive Vermehrung ohne physiologische Degeneration und Depression. Die Versuche gehen bereits über zwei Jahre. Da die von 1920 geführte Zählkultur von *St. unicolor* bei Generation Nr. 90, resp. 84 abbrach und *St. unicolor* wegen der erwähnten leichten Erkrankungen nicht mehr in

Protokoll 6.

*Stenostomum leucops* (Klon D II), Individualzählkultur.

18. I. 1921–6. III. 1922, Teichwasser filtriert, Colpidien-Aufschwemmung 20°.

a			b		
Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate	Nr. der Gen.	Datum	Teilungsrate
	1921			1921	
1 a	18. I.	5	1 b	18. I.	5
2 a	23. "	3	2 b	23. "	4
3 a	26. "	2	3 b	27. "	3
4 a	28. "	3	4 b	30. "	4
5 a	31. "	3	5 b	3. II.	5
6 a	3. II.	6	6 b	8. "	8
7 a	9. "	5	7 b	16. "	10
8 a	14. "	4	8 b	26. "	6
9 a	18. "	2	9 b	4. III.	9
10 a	20. "	3	10 b	13. "	12
11 a	23. "	4	11 b	25. "	9
12 a	27. "	6	12 b	3. IV.	18
13 a	5. III.	7 †	13 b	21. "	32
14 (b)a	23. V.	2	14 b	23. V.	11
15 a	25. "	5	15 b	3. VI.	8
16 a	30. "	5	16 b	11. "	10
17 a	4. VI.	2	17 b	21. "	25
18 a	6. "	12	18 b	16. VII.	1
19 a	18. "	10	19 b	17. "	4
20 a	28. "	21	20 b	21. "	7
21 a	19. VII.	1	21 b	28. "	4
22 a	20. "	7	22 b	1. VIII.	6
23 a	27. "	5	23 b	7. "	24
24 a	1. VIII.	5	24 b	31. "	15
25 (b)a	19. "	18	25 b	15. IX.	—
26 a	31. "	12	26 b	?	—
27 a	2. IX.	2	27 b	5. X.	13
28 a	18. "	16	28 b	18. "	12
29 a	5. X.	13	29 b	20. "	12
30 a	16. "	11	30 b	1. XI.	13
31 a	27. "	11	31 b	14. "	37
32 a	7. XI.	20	32 b	11. XII.	36
33 a	14. "	7	33 b	17. "	14
34 a	21. "	4	34 b	31. "	10
35 a	25. "	16			
36 a	11. XII.	19		1922	
37 a	30. "	12	35 b	10. I.	11
	1922		36 b	21. "	30
38 a	11. I.	9	37 b	20. II.	—
39 a	20. "	26			
40 a	15. II.	19			
41 a	6. III.				

Von hier weitergeführt 14 (b)a mit dem 5 a Tier d. b Serie

Weitergeführt v. St I b Reihe

Zählkultur genommen wurde, kommt als längste Zeit einer Zählkultur nur *St. leucops* in Betracht. Auch von dieser Form brach die Zählkultur von Klon A im November 1920 infolge von Erkrankung ab. Während aber *St. unicolor* völlig eingegangen war, hatte sich *St. leucops* in Massenkulturen, die seit November 1919 ununterbrochen unter ständiger Kontrolle geführt wurden, erhalten. Von dieser aus wurde im Januar 1921 wieder eine neue Zählkultur (Klon D) angelegt, die bis heute weitergeht. Der Klon A erreichte bis jetzt (Juli 1922) 71 Generationen, der Klon D 60. Wenn man aus den vorher geführten Massenkulturen die Teilungsrate des Klones D berechnet — sexuelle Erscheinungen können auch bei den Massenkulturen als völlig ausgeschlossen gelten — so kommen wir auf eine Gesamtzahl von 170 Generationen (60 in Zählkulturen + 110 in Massenkulturen 8 Teilungen pro Monat) für die Vordertiere des Klones D von *St. leucops*. Die Zahl dieser Generationen scheint mir aber auch hier zu genügen, um dieselben Schlüsse zu rechtfertigen, wie ich sie nach den *Eudorina*-Versuchen für die Einzelligen gezogen habe, daß nämlich unter den gegebenen Bedingungen die Möglichkeit einer dauernden ungeschlechtlichen resp. vegetativen Vermehrung ohne Sexualität und ohne sonstige Regulation außer der gewöhnlichen Teilung auch für diese vielzelligen Organismen gegeben ist. Somit gilt also die sogenannte potentielle Unsterblichkeit der Protozoen im Sinne Weismanns nicht nur für gewisse Protozoen (durchaus nicht alle), sondern auch im Gegensatz zu den sonstigen Anschauungen Weismanns über die Ursache und den Ursprung des physiologischen Todes auch von niederen vielzelligen Tieren mit Zweiteilung.

## II. Regenerationsversuche an *St. unicolor* und *St. leucops*.

Die Regenerationsversuche an diesen Würmern wurden in derselben Weise und unter denselben Bedingungen ausgeführt, wie sie oben für *Stentor coeruleus* angegeben wurde. An Stelle der hohlgeschliffenen Objektträger wurden bei den späteren Versuchen nur noch Boverischalen verwendet, weil sich herausgestellt hatte, daß die Objektträgerkulturen (wohl wegen der geringen Menge von Kulturflüssigkeit) leichter Schädigungen ausgesetzt sind. Andererseits sind die ca. 1—2 mm großen Würmchen groß genug, um als Einzelindividuen unter der Lupe leicht auch in den größeren Boverischalen sich auffinden zu lassen, was durch ihre weiße Farbe noch erleichtert wird. Die Operation ist bei den Turbellarien ebenfalls bequemer als bei den Stentoren durchzuführen. Immerhin erfordert sie eine gewisse Übung und Geschicklichkeit, da die Tiere ständig in Bewegung sind und in der Regel während der Bewegung durchschnitten werden müssen. Besonders, wenn die Tiere an bestimmter Stelle (Vorder- oder Hinterende) geschnitten werden sollen, ist Vorsicht und Erfahrung nötig. Am besten gelingt es, wenn die Tiere langsam kriechend auf dem Grund der Schale sich fortbewegen. Da *St. leucops* sich als wider-

standsfähiger gegen Schädlichkeiten erwiesen hat und daher längere Serienversuche mit dieser Form durchgeführt werden konnten, so gebe ich im folgenden nur von *St. leucops* genauere Mitteilungen und eingehende Protokolle. Von dieser Form wurden vom Januar 1921 bis März 1922, also über ein Jahr lang 4 Hauptserien von fortgesetzten Regenerationsversuchen durchgeführt.

1. Serie. Vordere resp. hintere Hälfte nach Durchschneiden der Mitte weiter geführt.
2. Serie. Desgl.
3. Serie. Tier, dem immer nur ein kurzes Stück (etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$ ) des Hinterendes abgeschnitten wurde.
4. Serie. Tier, dem stets nur der Kopf (etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$  des ganzen Tieres) abgeschnitten wurde.

Es wurden also bei der ersten und zweiten Serie von einem durchschnittenen Tier stets nur die vordere Hälfte dauernd nach jeder Operation weiter gezogen und nach Heranwachsen in der gleichen Weise wieder operiert, resp. umgekehrt die hintere Hälfte. Die Zeit für diese künstliche Regeneration und das darauf erfolgte Wachstum

### Protokoll 7.

#### *Stenostomum leucops* Dauer-Regenerationsserie I.

29. I. 1921—6. III. 1922. Teichwasser filtriert; Colpidienaufschwemmung; 21° C.

Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit	Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit	Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit
	1921		16 a	21. VI.	3	32 a	22. X.	8
1 a	29. I.	4	17 b	24. „	13	33 a	30. „	26
2 a	3. II.	5	18 a	7. VII.	6	34 a	25. XI.	8
3 a	8. „	10	19 a	13. „	7	35 a	3. XII.	8
4 a	18. „	2	20 a	20. „	2	36 a	11. „	9
5 a	20. „	5	21 a	22. „	3	37 a	20. „	8
6 a	25. „	12	22 a	25. „	3	38 a	28. „	11
7 a	9. III.	4	23 a	28. „	4			
8 a	13. „	3	24 a	1. VIII.	6		1922	
9 a	16. „	24	25 a	7. „	8	39 a	8. I.	6
10 a	9. IV.	4	26 a	15. „	8	40 a	14. „	18
11 a	13. „	6	27 b	23. „	9	41 a	1. II.	7
12 b	19. „	5	28 a	1. IX.	4	42 b	8. „	12
13 a	24. V.	6	29 a	5. „	17	43 a	20. „	7
14 a	30. „	7	30 a	22. „	20	44 a	27. „	8
15 a	6. VI.	15	31 a	12. X.	10	45 a	6. III.	

dauert länger als für eine Teilung und bei einem Hintertier wieder etwas länger als bei einem Vordertier. Bei dieser Art der Operation besteht zwischen der normalen Teilung und der künstlichen Regeneration gewissermassen nur ein geringer Unterschied. Bei letzterer wird die Zweiteilung verfrüht, durch einen gewaltsamen Eingriff durchgeführt, während bei der normalen Zweiteilung die mit derselben verbundene Neubildung des Hinter- resp. Vorderendes bereits vor der Durchschnürung einsetzt. Es liegt also bei ersterer nur eine

etwas verfrühte und experimentell geänderte Zweiteilung vor. Für unser Problem bedeutet daher die Versuchsanordnung der Serie 3 und 4 eine weit eindringlichere und unzweideutigere Antwort, weil hier ein von der normalen Zweiteilung völlig abweichender experimenteller Vorgang die Teilung überflüssig macht. Bei Serie 3 und 4 dauert die Zeit der Regeneration und des Teilungswachstums in der Regel noch kürzer als bei der Serie 1.

## Protokoll 8.

*Stenostomum leucops* Regenerationsserie III. (Entfernung des Hinterendes).  
Vom 22. I. 1921—17. IX. 1921. Teichwasser filtriert; Colpidien-Aufschwemmung; 21° C.

Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit	Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit
1 a	22. I.	8	13 b	24. V.	3 abgezw.
2 a	30. „	5	14 a	27. „	3 von Reg.
3 a	4. II.	3	15 a	30. „	2 Ser. I
4 a	7. „	15	16 a	1. VI.	2 1/2 a vom
5 b	22. „	9	17 a	4. „	3 1/2 IV.
7 a	3. III.	1	18 a	6. „	3
8 a	4. „	2	19 a	21. „	15
9 a	6. „	1	20 a	24. „	3
10 a	7. „	2	21 a	29. „	5
11 a	9. „	3	22 a	1. VII.	2
12 a	12. „	3	23 a	5. „	4
13 a	15. „	2	24 a	7. „	2
14 a	17. „	2	25 a	12. VII.	5
15 a	19. „	3	26 a	13. „	1
16 a	22. „	9	27 a	16. „	3
17 a	31. „	3	28 a	20. „	4
18 a	3. IV.	2	29 a	22. „	2
19 a	5. „	6	30 a	25. „	3
20 a	11. „	3	31 a	28. „	3
21 a	14. „	5	32 a	30. „	2
22 a	19. „	7	33 a	9. VIII.	10
23 a	26. „	14	34 a	13. „	4
24 a	10. V.	†	35 a	21. „	8
			36 a	25. „	4
			37 a	2. IX.	8
			38 a	12. „	10
			39 a	17. „	5
					†

† am 23. V. 1921

Öfters wurden auch die beiden andern Möglichkeiten, fortgesetzte Regeneration eines abgeschnittenen Kopftheiles (Umkehrung von Serie 4) und fortgesetzte Regeneration eines abgeschnittenen Hinterendes durchgeführt, Versuche, die ebenfalls positiv ausfielen, wenn auch die Zahl der mißglückten Versuche natürlich erheblich größer ist. Da lange Serienversuche in dieser Anordnung für unser Problem weniger wichtig als Serie 3 und 4 sind und Untersuchungen über den Vorgang der Regeneration selbst nicht in unserem Plane lagen, so wurden sie nicht länger durchgeführt. Die Regeneration dauert natürlich bei diesen kleinen Köpfen erheblich länger als bei allen sonstigen Versuchen, wie das beigegebene kurze Protokoll zeigt.

Protokoll 9.

*Stenostomum leucops* Regeneration Serie IV (Entfernung des Kopfendes).

29. I. 1921—15. III. 1922. Teichwasser filtriert; Colpidienaufschwemmung; 21° C.

Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit	Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit	Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit
	1921		19b	10. VI.	10	38b	16. X.	8
1b	29. I.	3	20b	20. "	7	39b	24. "	6
2b	1. II.	5	21b	27. "	4	40b	30. "	15
3b	6. "	7	22b	1. VII.	4	41b	14. XI.	6
4b	13. "	7	23b	5. "	7	42b	21. "	17
5b	20. "	8	24b	12. "	7	43b	8. XII.	11
6b	28. "	9	25b	19. "	2	44b	19. "	11
7b	9. III.	9	26b	21. "	2	45b	30. "	7
8b	18. "	9	27b	23. "	8			
9b	27. "	6	28b	1. VIII.	6		1922	
10b	2. IV.	9	29b	7. "	8	46b	6. I.	8
11b	11. "	8	30b	15. "	8	47b	14. "	8
12b	19. "	5	31b	23. "	16	48b	22. "	17
13b	24. "	10	32b	9. IX.	13	49b	8. II.	12
14b	4. V.	11	33b	22. "	3	50b	20. "	7
15b	15. "	11	34b	26. "	7	51b	27. "	7
16b	26. "	7	35b	3. X.	5	52b	6. III.	9
17b	2. VI.	4	36b	8. "	4	53b	15. "	
18b	6. "	4	37b	12. "	4			

Protokoll 10.

*Stenostomum leucops* Regeneration IVa. Abgezweigt vom Kopf von St. IV 48b vom 22. I. 1922.

Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit
48 (b) a	22. I.	25
49 a	16. II.	27
50 a	15. III.	27

Ein weiterer Versuch ist noch von Interesse, weil er beweist, daß die fortgesetzte Regeneration auch nach langer Durchführung eine Weiterführung durch normale Zweiteilung in keiner Weise beeinträchtigt. Die Regenerationsserie III a wurde nach der 33. Operation am 27. Oktober 1921 nicht wieder rechtzeitig operiert und das regenerierte Individuum teilte sich am 3. 11. normal. Die Tochtertiere wurden nun weitergeführt und vermehrten sich in der Folge normal bis zum 14. Januar 1922 auf ca. 60 Tiere.

Zusammenfassend ist somit auch für diese Turbellarien wie für *Stentor* die Annahme berechtigt, daß durch fortgesetzte Regenerationen die Fortpflanzung völlig ausgeschaltet werden kann ohne irgendwelche Beeinträchtigungen und Schädigungen für die Tiere. In Anbetracht der oben geschilderten Versuchsbedingungen bei *St. leucops* Serie III u. IV und der normalen weiteren

Teilung nach Serie II (Prot. 11), sowie der viel längeren Durchführung der Versuche — über 1 Jahr — kann dieser Schluß sogar als viel gesicherter gelten als für *Stentor*. Konnte doch in den besonders beweisenden Serien I und IV dasselbe Individuum durch 45 resp. 52 Operationen am Leben erhalten werden, während in der gleichen Zeit 47 normale Zwei-

### Protokoll 11.

*Stenostomum leucops* Dauerregeneration Serie II mit nachfolgender Normalteilung.

22. I. 1921—27. X. 1921 resp. 14. I. 1922. Teichwasser filtriert; Colpidien-aufschwemmung; 21° C.

Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit	Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit	Nr. der Operation	Datum	Zwischenzeit
	1921		13 a	13. IV.	3	26 a	26. VIII.	3
1 a	22. I.	9	14 a	16. „	3	27 a	29. „	14
2 b	31. „	15	15 b	19. „	7	28 a	12. IX.	10
3 a	15. II.	3	16 a	26. V.	6	29 a	22. „	10
4 a	18. „	4	17 a	2. VI.	4	30 a	2. X.	6
5 a	22. „	5	18 a	6. „	10	31 a	8. „	4
6 a	27. „	6	19 a	16. „	8	32 a	12. „	15
7 a	5. III.	7	20 a	24. „	22	33 a	27. „	
8 a	12. „	3	21 a	16. VII.	3			
9 a	15. „	5	22 a	19. „	11			
10 a	20. „	5	23 b	30. „	4			
11 a	5. IV.	3	24 a	3. VIII.	4			
12 b	8. „	5	25 a	7. „	19			
							geteilt am 3. XI. und von da ab bis 14. Jan. 1922 normale Teilungen (50—60 Tiere)	

teilungen stattfanden. Im März 1922 wurden die Regenerationsversuche an *St. leucops* abgebrochen in der Überzeugung, daß in Anbetracht der langen Dauer der Versuche mit dieser Methode die Tiere potentiell ad infinitum unter Ausschluß der Fortpflanzung am Leben erhalten werden können. Im Gegensatz zur Weismannschen potentiellen Unsterblichkeit der Protozoen wäre hiermit die experimentelle Möglichkeit von echter potentieller Unsterblichkeit von Individuen und zwar von gewissen Protozoen wie Metazoen aufgezeigt. Wenn wir jedoch von dieser Formulierung der Ergebnisse absehen und uns auf die Beantwortung der eingangs gestellten physiologischen Frage beschränken, so ist jedenfalls durch die Versuche erwiesen, daß jegliche Fortpflanzung bei tierischen Organismen ausgeschaltet und die verjüngende Wirkung derselben durch fortgesetzte Regeneration ersetzt werden kann.

### Zusammenfassung.

1. *Stentor coeruleus* kann in Individualzählkulturen in filtriertem Teichwasser mit Aufschwemmung von *Colpidium* (kultiviert auf Knop. Agar. mit Bakterien) gezüchtet werden. (35 Generationen in 52 Tagen).
2. Die Teilung von *Stentor coeruleus*-Individuen desselben Klons konnte innerhalb dieser Zeit durch 25 Amputationen desselben Individuums mit nachfolgender Regeneration ersetzt werden.

3. Die Turbellarien *Stenostomum unicolor* und *St. leucops* wurden mit der gleichen Methode rein agam über zwei Jahre hindurch kultiviert, ohne physiologische Degeneration etc. Für diese vielzelligen Tiere gilt also auch die potentielle Unsterblichkeit im Sinne Weismanns.
4. Innerhalb der Temperaturgrenzen von 16° bis 26° folgen Wachstum und Teilungsrate von *St. unicolor* der Vant Hoff'schen Regel (bei 16° vollziehen sich 10 Teilungen in 15 Tagen, bei 26° in 7 Tagen).
5. Die Teilung von *St. unicolor* und *St. leucops* läßt sich durch fortgesetzte Amputationen mit nachfolgender Regeneration desselben Tieres ersetzen. Ein Individuum von *St. leucops* (Ser. IV) wurde durch 52 Amputationen eines kleinen Kopfstückes, ein anderes (Serie I) durch 45 Amputationen der hinteren Hälfte über 13 Monate am Leben erhalten, während in derselben Zeit bei anderen Individuen desselben Klons 41 Teilungen stattfanden.
6. Individuen von *St. leucops*, bei denen montelang (ca. 9 Monate) durch fortgesetzte Amputation jegliche Fortpflanzung ausgeschaltet war, können sich weiterhin normal teilen.

### Literaturverzeichnis.

- Child, C. M. (1911): Senescence rejuvenescence based on experiments with Planaria. Arch. f. Entwicklungsmechanik, Bd. 31.
- Goetsch, W. (1921): Beiträge zum Unsterblichkeitsproblem der Metazoen. Biolog. Zentralblatt Bd. 41.
- (1922): Beiträge zum Unsterblichkeitsproblem der Metazoen. II. Teil. Biolog. Zentralblatt Bd. 42, 5.
- Goette, A. (1883): Über den Ursprung des Todes. Hamburg und Leipzig.
- Hartmann, M. (1904): Tod und Fortpflanzung. München, Reinhardt.
- (1917): Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels (Entwicklung, Fortpflanzung, Befruchtung und Vererbung) der Phytomonadinen (Volvocales). II. Mitt. Sitz.Ber. d. kgl. Akad. d. Wiss. Bd. 52.
- (1921): Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Phytomonadinen (Volvocales). III. Mitt. Arch. f. Protistenkunde B. 43, 1/2.
- Hertwig, R. (1906): Über die Ursache des Todes. Beil. z. Allg. Zeitung, München, Nr. 288/89.
- Jahn, E. (1920): Lebensdauer und Alterserscheinungen eines Plasmodiums (Myxomycetenstudien Nr. 10). Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 37.
- Popoff, M. (1909): Experimentelle Zellstudien. Über einige Ursachen der physiologischen Depression der Zelle. Arch. f. Zellf. Bd. 4, 1.
- Rubner, M. (1908): Das Problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zu Wachstum und Ernährung. München und Berlin.
- Stolte, H.-A. (1922): Experimentelle Untersuchungen über die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Naiden.\* Zoolog. Jahrb. Bd. 39.
- Weismann, A. (1882): Über die Dauer des Lebens. Jena.
- (1892): Über Leben und Tod. Jena.
- Woodruff, L. L. (1908): The life cycle of Paramecium etc. Amer. Nat. Vol. 42.
- (1913): 3300 Generationen von Paramecium ohne Konjugation und künstliche Reizung. Biol. Centralbl. Bd. 33.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Hartmann Max

Artikel/Article: [Über den dauernden Ersatz der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch fortgesetzte Regenerationen. 364-381](#)