

Nachdruck verboten.

Übersetzungsrecht vorbehalten.

Die experimentellen Grenzwerte des Lebens von Protozoen.

(Auf Grund der Untersuchungen des *Paramecium caudatum*.)

Von

Dr. Max Chejfec (Warschau Nencki-Inst.).

Die bisherigen Untersuchungen der Infusorienzelle, ihrer Lebenspotenz und ihrer Entwicklungsmöglichkeiten müssen, trotz der bedeutenden Anzahl der Abhandlungen, die diesem Gebiete gewidmet sind und eine ungeheure Literatur bilden, nur als Anfangsphase betrachtet werden.

Oft belehrt uns eine flüchtige Übersicht der errungenen Ergebnisse, daß die Widersprüche, die wir in den besonderen Bearbeitungen von nicht selten sehr bedeutenden Forschern vorfinden, nicht so sehr durch die Schwierigkeit der behandelten Probleme hervorgerufen sind, als vielmehr durch die Mannigfaltigkeit der Methoden und durch die ganz besondere Behandlungsweise, zufolge deren wir ein verschiedenartiges Verhalten der Infusorien und ganz verschiedene Lösungen scheinbar gleicher Fragen zu verzeichnen haben.

Tatsächlich sind alle Probleme noch nicht gelöst und alle Lösungen sind möglich, aber nicht alle sind unbedingt richtig. Es werden also selbstverständlich dieselben Probleme mehrmals von denselben oder verschiedenen Forschern betrachtet und von neuem gelöst. Diese Tatsache hat aber auch ihre guten Folgen, da sie nähere und genauere Einblicke in die Lebensweise der Zelle gewähren, welche zweifellos von einem untersuchten Paramecium vortrefflich repräsentiert ist. Natürlich, wenn wir eine lebendige Zelle untersuchen, interessiert uns zunächst ihr wichtigstes Attribut, ihr Leben selbst, mit welchem die exakten Morphologen in ihren fixierten,

schönen Präparaten nichts zu tun haben, weil das, was sie gewöhnlich beobachten und beschreiben, meistens nur ein Bild und sogar nicht einmal ein Bild des Todes, sondern ein konservierter Überrest eines ehemals lebenden Individuums ist.

Indem wir das Leben untersuchen, untersuchen wir gleichzeitig den Tod, oder den Absterbensprozeß, der das Leben zwar begrenzt und bis zum Schluß erschöpft, aber dabei es sehr oft vortrefflich erklärt.

Die Untersuchung also der Grenzwerte des Lebens ist nicht nur eine Untersuchung des Absterbens allein, sondern ermöglicht geradezu die Lebenserscheinungen als solche kennen zu lernen.

Das *Paramecium caudatum* ist seit vielen Jahren eben Gegenstand derartiger Untersuchungen. Obwohl man außer ihm viele andere Gattungen von Infusorien, Amöben und Flagellaten ganz genau erforscht hat, wurde doch das Paramecium wegen seiner leichten Zucht, wegen des verhältnismäßig großen Umfanges des Individuums und der damit verbundenen Bequemlichkeit seiner Beobachtung zum klassischen Bearbeitungsobjekt und von ihm habe ich die Absicht, in dieser allgemein kritischen Übersicht der Ergebnisse vor allem zu sprechen.

In allen Experimenten mit den Infusorien haben wir es mit zwei Faktoren zu tun — mit einem Individuum — bzw. mit Individuen und mit dem umgebenden Medium, und wir entdecken gewisse Abhängigkeitsbeziehungen und gegenseitige Einflüsse dieser beiden Faktoren. Wenn das Individuum mehrere Bekannte und „X“-Unbekannte vorstellt, so sind wir imstande das Medium derart zu wählen und zu bestimmen, daß es eine Reihe Bekannte repräsentiere, durch deren Vermittlung wir zur Bezeichnung dieser „X“-Unbekannte des untersuchten Individuums streben. Natürlich haben wir dadurch, daß wir die das Infusorium umgebenden Bedingungen regulieren und beeinflussen können, ein mächtiges Mittel zur Erkenntnis des Individuums aus den Zusammenstellungen und dem Vergleich der Antworten, die uns das Verhalten des Infusors in bestimmten und ad hoc geschaffenen Bedingungen gibt. So würde aber die Sache vom ideal theoretischen Standpunkte aus aussehen, in der Praxis stellt sie sich ganz anders vor.

Betrachten wir nun die Frage etwas näher. Die Paramecien werden gewöhnlich in einer aus Heu bereiteten Infusion gezüchtet, die in gewöhnlichem Leitungswasser 5 bis 20 Minuten gekocht wird. Eine flüchtige Analyse dieser Heuinfusion zeigt, daß es ein äußerst uneinheitliches Medium ist. Die Anzahl der Mineralsalze, die Oxy-

dation, die pH-Ionenkonzentration, die Bakterienflora, ihre Anzahl, die Art des Stoffwechsels alles übt auf den Charakter der Heuinfusion einen Einfluß ein. Wir haben geradezu soviel verschiedene Heuinfusionen, wieviel wir zubereiten, eine eingehende Analyse einer Heuinfusion wird sich sicher in allen Einzelheiten mit einer solchen Analyse einer anderen Heuinfusion nicht decken. Und doch beobachten wir eine ganz freie Behandlung der Heuinfusion als eines standardmäßig bestimmten Mediums und oft finden wir sogar in den Abhandlungen der bedeutendsten Forscher außer der Bemerkung, daß die Infusorien in einer solchen Heuinfusion gezüchtet wurden, keine näheren und genaueren Besprechungen, infolgedessen wir bald im Anfang auf eine ganze Reihe unvereinbarer Behauptungen, bisweilen einander widersprechender Folgerungen stoßen, obwohl gegen die Gewissenhaftigkeit der Forscher keineswegs irgendwelcher Einwand erhoben werden kann.

So stellt PRUTHI nach einer Reihe von Untersuchungen fest, daß die frisch nach der gewöhnlichen Methode zubereitete Heuinfusion p_H bis 7,35 aufweist, nach 3 bis 8 Tagen p_H bis 6,3 abnimmt, welche Konzentrationsstufe die niedrigste sein soll, da das p_H nach 24 Tagen wieder bis 7,0 steigt, und dann sogar 8,0 erreicht. Selbstverständlich will weder MILLS noch MOREA diese Grenzen annehmen, da sie die niedrigste Grenze des p_H in der Heuinfusion auf 4,5, die höchste auf 10,5 festgestellt haben. Jedoch haben alle sich auf die bloße Bezeichnung der p_H -Konzentration beschränkt, wobei sie weder den eigentlichen chemischen Gehalt ihrer Heuinfusion noch die Qualität und Quantität der Bakterienflora in Betracht nahmen, während tatsächlich von diesen beiden Faktoren der Heuinfusion die Steigerung der Leitung abhängt, die mit der Ausbildung und Häufung der Suspensionen von einem höheren Dissoziationsgrad in Zusammenhang mit dem Wechsel des organischen Stoffes der Heuinfusion verbunden ist.

Die Bedeutung dieser Faktoren läßt sich hauptsächlich in frischen Heuinfusionen wahrnehmen, wo die rasche Entwicklung der Bakterien und der Verlauf der Fermentationsprozesse sehr intensiv fortschreitet, was natürlich auf die p_H -Konzentration und dadurch auf den Wert und die Bedeutung der Heuinfusion als eines experimentell bekannten und genau bestimmten Faktors einen Einfluß ausübt. In dieser Hinsicht stoßen wir auf weitere Widersprüche. Wenn DARBY die Optima des p_H für Paramecien in einer Heuinfusion auf 7,0 feststellt, so erweitert PRUTHI diese Grenzen auf 7,5 bis 8,5, MOREA dagegen bestimmt sie auf 6,0 bis 9,5, während JOHNSON

feststellt, daß Paramecien sich vorzüglich in p_H -5,0 züchten lassen, welchem letzteren ich auf Grund eigener Beobachtungen über die Regenerationsbedingungen beistimmen muß um so mehr, da JONES behauptet, er habe seine Infusorien in p_H -4,83 gezüchtet.

Trotz dieser Widersprüche gestatten die Ergebnisse der einzelnen Forscher die unbestrittene Tatsache festzustellen, daß die Lebensgrenzen für das *Paramecium caudatum* durch die p_H -Konzentrationen 4,83 bis 9,5 bestimmt sind, während nach MILLS dieselben Grenzen für *Colpidium* bedeutend weiter wären: p_H -3,0 bis 10,5, für *Gastrostyla* aber würden sich die Grenzen nach den Resultaten von PRUTHI noch mehr erweitern.

Derselben Art sind die Widersprüche, die wir in den Anschauungen über den Verbrauch des Sauerstoffs von Paramecien finden. Während HAYES das Sauerstoffquantum, das von einem Individuum in Verlauf einer Stunde verbraucht wird, auf $0,00139 \text{ mm}^3$ bestimmt, HOWLAND entsprechend $0,0044 \text{ mm}^3$ angibt und LUDWIG das Sauerstoffquantum $0,0037 \text{ mm}^3$ bestimmt, sind sich andere Autoren dagegen darüber einig, daß das Paramecium den Sauerstoff, dessen Quantum in luftdicht geschlossenen Heuinfusion minimal ist, ganz entbehren kann. Die Frage des Sauerstoffbedarfs ist tatsächlich nicht endgültig gelöst worden und hängt in bedeutendem Maße vom Charakter des Mediums ab. So sterben die Infusorien in der von Sauerstoff gänzlich befreiten Nährinfusion KNOP's in den Versuchen MICHELSON's spätestens nach 5 Tagen, aus den Versuchen von HAYES aber geht hervor, daß eine Veränderung des Salzgehaltes der Infusion sich durch eine veränderte Aufnahmefähigkeit des Sauerstoffes charakterisiert, die bei 10 Proz. Salz 2,5 mal größer ist als bei 4 Proz., dasselbe bezieht sich auf die Produktion des Stickstoffes. Wir dürften also vielleicht annehmen, daß die Resultate HOWLAND's und HAYES' deshalb widersprechend sind, weil sie sich Medien oder Infusionen von verschiedenen Salzgehalten bedient haben, was eigenartig den abweichenden Charakter der Verbrauchsfähigkeit des Sauerstoffes beeinflußt hat. Natürlich könnte man eine ganze Reihe solcher Widersprüche und Mißverständnisse ausschließen durch jedesmaliges Anwenden von ganz genau chemisch und bakteriologisch bestimmten Heuinfusionen, die sich durch eine Reihe von Zusammenstellungen und Ergänzungen standardisieren ließen, was aber keineswegs leicht und bequem ist.

Viel einfacher ist das Anwenden des chemisch genau definierten Mineralmediums KNOP's, welchem eine bestimmte Anzahl genau bestimmter Bakterien hinzuzufügen sind, wie es MICHELSON und viele

andere gemacht haben. Schließlich bin ich auf Grund der Eingangsversuche RAUTMAN'S, OEHLEB'S, MEISSNER'S, PETERS, HARGIT'S, FRAY'S und meiner eigenen geneigt, anzunehmen, daß das Leitungswasser mit einer quantitativ und qualitativ bestimmten Suspension reiner Bakterienkulturen das beste Experimentalmedium ist, das sich am leichtesten definieren und analysieren läßt. Selbstverständlich löst die Wahl des Mediums allein nicht alle Schwierigkeiten, da die Beobachtung der Kontrollmedien ohne Infusorien und mit Infusorien eine ganze Reihe Differenzen aufweist, die von dem tätigen Charakter des Einflusses der Infusorienkultur auf das Medium, in dem sie sich entwickelt hat, herrühren. Aber auch diese Schwierigkeiten lassen sich in der individuellen Zucht von einzelnen Infusorien, oder in beständig aufgefrischten Zuchten bedeutend reduzieren, wenn sie nicht nur hinsichtlich der vorhandenen Infusorienanzahl kontrolliert werden. Und erst eine Untersuchung der Lebensgrenzen in derartigen Medien, die sich kontrollieren lassen, würde es gestatten, übereinstimmende und einheitliche Ergebnisse in allen methodischen Untersuchungen zu erreichen.

Ich glaube, daß sich alle bisherigen Ergebnisse, welche das Problem der p_H -Konzentrationen in Kulturen, den Einfluß dieser Konzentrationen auf die Entwicklung der Infusorien, die Wirkung der Salze, Alkalien, der organischen und mineralen Säuren, kurz alle Experimente, welche die Erkenntnis der Lebenserscheinungen der lebendigen Zelle in ad hoc geschaffenen, bekannten und künstlichen Bedingungen erzielen, umfassen, vereinheitlichen würden und dadurch, daß sie vergleichsfähig sein würden, müßten sie tatsächlich gestatten, weitgehende richtige Folgerungen in solchem Maße zu ziehen, wie wir es heutzutage nach einer Übersicht des ganzen Stoffes in diesem Gebiete nicht tun können.

Als Resultat der Arbeiten in den letzten 30 Jahren haben wir Hunderte von Dissertationen, welche der Untersuchung des Einflusses der chemischen Substanz auf die Infusorien gewidmet sind. Die einzelnen Tatsachen wurden mit unbestrittener Sicherheit beleuchtet und erklärt, aber ihre große Anzahl läßt sich in keinen konkreten Rahmen fassen.

Betrachten wir flüchtig die konkreten Ergebnisse. Gewisse Salze wie z. B.: LiCl, KSCN, KJ, Mn/NO₃/₂ und viele andere beschleunigen die Teilungsrate schon wenn sie dem Medium beständig zugeführt werden, schon wenn sie stimulatив im Verlauf einer beschränkten oft ganz kurzen Zeit wirken. Andere Substanzen, wie z. B.: Propylalkohol, oder Isopropylalkohol in 2 bis 3 proz. Auflösungen

narkotisieren die Infusorien, indem sie die Bewegung der Wimpern lähmen, bringen sie das Individuum für eine gewisse Zeit zum Stillstand, sie beeinflussen aber dadurch weder die Teilungsrate noch die Pulsation der pulsierenden Vakuolen.

Anders wirken schwache Konzentrationen der Essigsäure, sie steigern die Plasmaviskosität für eine gewisse Zeit, und dann kehrt das Plasma, nachdem die Individuen in ein normales Medium übertragen worden sind, zum gewöhnlichen Zustand zurück ohne irgendwelchen Schaden für das Infusor. Coffein, Alisarinblau, Zucker wirken neben einer Reihe Ionen in bestimmten Auflösungen auf die Pulsation, Größe und das Aussehen der pulsierenden Vakuolen, wobei sie scheinbar die anderen Lebenserscheinungen nicht stören.

MgCl₂, oder MgSO₄ erschweren die Formierung und Abtrennung der Nahrungsvakuolen vom Cytopharynx. BaCl₂ übt einen Einfluß auf die Veränderung ihrer Größe und Gestalt aus, sie werden spindelförmig und 5 bis 10mal kleiner als normale Vakuolen.

Die Vitalfärbung verringert die Anzahl der sich bildenden Nahrungsvakuolen, während ihre Anzahl steigt, wenn die Infusorien aus stark sauren in alkalische Medien übertragen werden: aber sofern sich bei $p_H=6,0$ eine maximale Vakuolenanzahl bildet, beginnt bei $p_H=8,0$ eine Verminderung ihrer Anzahl. Entsprechend hat man die Exkretionsbildungen der Infusorien in normalen Verhältnissen auch der vital gefärbten Infusorien erforscht und man hat festgestellt, daß der Charakter der Exkretion nicht nur von der Qualität, sondern auch von dem Quantum des angewendeten neutralen Farbstoffes abhängt.

Außer diesen Einzelheiten wurde das Verhalten der Infusorien in Lösungen verschiedener Salze untersucht. Man hat ihre Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit bestimmt. Man hat endgültig festgestellt, daß die Anwesenheit der Ionen K ihre Widerstandsfähigkeit gegen verschiedene schädliche Faktoren verringert, die Anwesenheit der Ionen Ca dagegen dieselbe gehörig steigert. Es stellte sich heraus, daß die Paramecien bei 6,5 Proz. NaCl in der Nährlösung ganz normal leben können, daß sie bei stufenweiser Salzhinzufügung bis 10 Proz. NaCl aushalten, dann erst bei weiterem Steigen des Salzquantums zugrunde gehen, während *Glaucoma* z. B. weiter lebt und sogar 18 Proz. Salz im Medium erträgt. Aus den weiteren Untersuchungen ging hervor, daß die Infusorien derartige Einsalzen des Mediums mit NaBr, KCl und MgCl₂ ertragen, was zu vermuten gestattet, daß der Einfluß des Salzes nicht so sehr von der Anwesenheit dieser oder jener Ionen und Kationen abhängig ist, als vielmehr

von dem osmotischen Druck, der endgültig über das Leben und Sterben des Infusors entscheidet. Freilich löst die Vermutung allein nichts, sie beleuchtet aber die Sache ganz eigenartig, indem sie darauf hinweist, daß die Frage der Wirkung gewisser chemischer Faktoren sich auf dem Wege physischer Einflüsse lösen ließe. Das erleichtert keineswegs, sondern kompliziert diese Aufgabe, ähnlich wie die Ergebnisse der Untersuchungen über den Einfluß der Schwefel-Stickstoff-Salz-Kohlen-Essig- und Ameisensäuren, welche schon in höheren als 5,0 p_H -Konzentrationen positiv auf die Infusorien, die einer Kultur von alkalischem Reagens entnommen sind, wirken. Solche Infusorien werden aber von der Pyrogallussäure in der Konzentration $p_H=5,8$ getötet, wobei eine Plasmolyse hervorgerufen wird, welche sich von vorn nach hinten verbreitet. Diese Untersuchungen CHILD'S und DEVINEY'S, die von der Achsendifferenzierung der Empfindlichkeit sprechen, bilden einen bedeutenden Faktor der Erkenntnis der inneren Struktur des Infusors. Das Absterben der Wimperbewegung von vorn, die Ausscheidung der Trichocysten samt der beginnenden Plasmolyse weisen auf eine weitgehende Differenzierung des vorderen und hinteren Teiles hin, die sowohl von PEEBLES als auch von mir in ihrem ganzen Umfange in Untersuchungen, die sich mit der Regulation und Regeneration befassen, beobachtet worden ist.

Wenn wir bei Gelegenheit für einen Augenblick zu den oben genannten p_H -Konzentrationen, die eine Lebensgrenze bilden, zurückkehren, also zu 4,83—9,5 und zu den Fällen der Wirkung der chemischen Substanzen, wie z. B. zur Wirkung der Pyrogallussäure, die schon in der p_H -Konzentration 5,8 also in der normal von den Paramecien ertragenen Konzentration, sie unwiderruflich tötet, dann wird es uns klar, wie einseitig die Bestimmung dieser Grenzen durch die bloße p_H -Konzentration ist, da wir so viele Grenzen finden müßten, mit wieviel Substanzen wir zu tun hätten. Wenn wir aber die sehr breite Skala der Anpassungsfähigkeiten des Parameciums in Betracht ziehen, müssen wir auch diesen Faktor berücksichtigen, um eine beständige Fehlerkummulation zu vermeiden.

Aber die Feststellung der Kriterien der Lebensfähigkeit des Parameciums ist auch keineswegs leicht. Meistenteils berücksichtigen wir seine Teilungsfähigkeit, wobei wir eine Teilung innerhalb 24 Stunden annehmen, die optimalen Bedingungen würden über das Erhalten solcher Teilungsverhältnisse entscheiden. Die Teilungsbeschleunigung oder -hemmung, die sehr oft in den Experimentalbedingungen beobachtet wurden, werden als anormal betrachtet, aber welche von diesen Erscheinungen als wirkliches Merkmal eines guten

oder schlechten Zustandes des Infusors zu betrachten ist, läßt sich noch nicht entscheiden. Und doch wirken auf den Charakter der Teilungsrate solche Faktoren, welche wir a priori nur schwierig als positiv oder negativ bezeichnen könnten. Nach CRAMPTON und MEDRAKIEWICZ ist die Teilungsrate der Infusorien von dem Raume abhängig. MEDRAKIEWICZ behauptet kategorisch, daß die Ausnützung des Mediums zwecks einer Weiterbauung des Zellplasmas viel bedeutender in Kulturen von größeren Oberflächen, als in solchen von geringeren sein kann. Der beschränkte Zutritt des Sauerstoffes, die Häufung der Stoffwechselprodukte hemmen in Kulturen von geringen Flüssigkeitsoberflächen die Entwicklung der Infusorien und heben die Ausnützung des Nährmediums gänzlich auf. Aus diesem Grunde treten in den Kapillaren in den Versuchen CRAMPTONS keine Teilungen auf, dagegen stellt KALMUS, der dieselben Versuche wiederholt hat, fest, daß die Teilungsrate immer auftritt, so oft man das Medium der Kapillare von den schädlichen Stoffwechselprodukten befreit, obwohl den Versuchen MICHELSON gemäß die Paramecien gegen den Einfluß dieser Produkte besonders resistent sind. Die Frage bleibt selbstverständlich offen und ließe sich erst nach Feststellung der anderen Faktoren, die unmittelbar die Teilungsfähigkeit der Infusorien regulieren, lösen. Als solch zweifelhaften Faktor betrachtet MITCHELL die Temperatur, die Teilungsabhängigkeit von diesem Faktor wird reguliert nach der Gleichung VANT-HOFF-ARHENIUS' für chemische Reaktionen. Die Erhöhung der Temperatur um jede zehn Grad beschleunigt in gewissen Grenzen die Teilungsrate um einen bestimmten Koeffizienten, die Verringerung der Temperatur hemmt sie entsprechend.

Nach den genauen Untersuchungen HANSENS liegt die optimale Teilungstemperatur zwischen 26° — 30° C. Zwischen 15° — 26° C treten zahlreiche Abweichungen und Teilungsunregelmäßigkeiten ein, zwischen 13° — 8° C läßt sich eine deutliche Verminderung der Teilungsrate wahrnehmen, bei 0° teilen sich die Infusorien sehr selten, aber sie sterben nicht, das Aussterben tritt erst bei niedrigeren Temperaturen bei -2° oder -3° ein. MICHELSON bestätigt es, daß das Teilungsoptimum 26° C entspricht, aber bei dieser Temperatur verkleinern die Paramecien ganz deutlich ihren Umfang von 176—192 auf 158—163 Mikronen. Ob also 26° vom Standpunkte des Lebens aus die entsprechendste Temperatur sei, ist noch fraglich. Wir haben also auch für die Temperatur nur relative Lösungen, wenn es sich um die Teilungsrate und die Lebenskriterien handelt. Die Abhängigkeit der Teilungsrate von den p_{H} -Konzentrationen ist ganz zweifellos. DARBY hat nach einer Reihe von Versuchen festgestellt, daß

die Teilungsrate des Parameciums bei $p_H=7,6$ die höchste ist, aber nach Übertragung der Infusorien in $p_H=6,9$ steigt sie, er behauptet deshalb, daß sogar das Medium der Kulturen CALKIN'S, die in p_H -Konzentrationen 7,6—8,1 gehalten wurden, keine Optimalbedingungen geschaffen habe. Meinerseits möchte ich hinzufügen, daß die p_H -Konzentrationen allein nicht als einziger maßgebender Indikator der Teilungsrate zu betrachten sei. In Zuchten von reinen Bakterienkulturen beobachten wir freilich in p_H -Konzentrationen 7,6—8,1 eine verringerte Teilungsfähigkeit, aber in Heukulturen gerade in denselben Grenzen der p_H -Konzentrationen stoßen wir auf eine optimale Entwicklung und eine maximale Teilungsrate der Infusorien, und ich bin geneigt anzunehmen, daß der Einfluß der p_H -Ionen eher mittelbar sei, er entscheidet nämlich über die Lebensfähigkeit und die Fortpflanzung der Bakterien, die quantitativ als mehr oder weniger reichliche Nahrung auf die Teilungsrate der Infusorien einwirken, was, wie aus meinen Arbeiten und denen meiner Vorgänger hervorgeht, auf die Teilungsrate einen Einfluß hat.

Wir schließen also aus diesen Ausführungen, daß auch die Teilungsrate ein relatives Kriterium der Lebensfähigkeit ist, über die vielmehr die inneren Verhältnisse der Infusorien entscheiden: die Kernplasmarelation, die Tätigkeit der pulsierenden Vakuolen, die Nahrungsaufnahme, die Tätigkeit des Exkretionsapparats, die Reizbarkeit und Schnelligkeit der Bewegungen, aber gerade die Untersuchung dieser Faktoren in normalen Bedingungen ist sehr schwer anzustellen, wir beobachten sie gewöhnlich in so künstlichen Verhältnissen, daß sie eher vom Sterben als vom Leben zeugen. Die Umstände und die Bedingungen des Todes kennen wir am besten und das eben rettet unsere Zuchten. Wir sind deshalb imstande sie am Leben zu erhalten, dank der Ausschließung der Faktoren, die den Tod verursachen.

CHALKLEY stellt ganz allgemein fest, daß die Maxima der Todesfälle sowohl in alkalischen als auch in saueren Medien vorkommen, die Minima in neutralen — ein solches sollte eben das optimale Kulturreagens sein. Dessen ungeachtet ist die Widerstandsfähigkeit des Parameciums sehr groß: in $p_H=8,0$ tritt der Zerfall des Infusors erst bei 40°C ein, aber in $p_H=6,0$ haben wir es bei derselben Temperatur mit einer Koagulation zu tun. Nach Anwärmung des Infusorienmediums in Verlauf von 40—90 Minuten gehen alle anderen Infusorien zugrunde, während die Paramecien leben bleiben. Ihre Anpassungsfähigkeit zur Temperatur steigt je nach ihrer allmählichen Erhöhung. In den Versuchen MICHELSON'S sterben die Paramecien,

die sogleich in 33° übertragen werden, erst nach 48 Stunden, in der Temperatur 34° — 37° nach einigen Stunden. In einer stufenweise verringerten Temperatur leben sie sogar in -4° C bis 72 Stunden. Die 0° -Temperatur steigert im allgemeinen ihre Widerstandsfähigkeit, und wie sich aus den Versuchen DEHORN's ergibt, schwächt die Temperatur 20 — 37° sie ab, obwohl diese Grenzen eben die Entwicklungs- und Teilungsoptima des Paramecien enthalten. Im allgemeinen wirkt der Hunger tödlich, aber in der sterilisierten Heu- und KNOP's-Infusion leben die Paramecien 14—20 Tage, übrigens ist die Widerstandsfähigkeit der Infusorien gegen den Hunger sehr bedeutend, und sie lassen sich, wie aus meinen Versuchen hervorgeht, bei gehöriger Zucht in kleinen Nährmengen, die nach mehrtägigen Hungerperioden verabreicht werden, bis 4 oder mehr Monate ohne Depressions-Absterbens- und Teilungserscheinungen erhalten.

Die Widerstandsfähigkeit gegen nachteilige Faktoren steigt je nach dem Einführen dieser Faktoren in das Medium. Die Säuremengen, welche nach einmaligem Hinzufügen die Infusorien töten, hören auf schädlich zu wirken, wenn man sie in kleinen stufenweise zunehmenden und in bestimmten Zeitabschnitten aufeinander folgenden Dosen verabreicht. Sie leben dann auch in Medien, in denen aus irgendwo übertragene, aber nicht angewöhnte Individuen sogleich zugrunde gehen. Bekannt sind die in dieser Hinsicht zahlreichen und gewissenhaften Untersuchungen von JOLLOS und DEHORNS, welche die Paramecien in Strychninauflösungen zu leben gezwungen haben, die sie in normalen Bedingungen in 3—5 Minuten zugrunde richten.

Die Wahl also des Nährmediums, der p_{H} -Konzentrationen und eine entsprechende Temperatur können den Infusorien, in Übereinstimmung mit der Behauptung METALNIKOFF's von der Unsterblichkeit der Zelle beinahe Unsterblichkeitsbedingungen versichern.

Ich habe in diesen flüchtigen Betrachtungen die Fragen der inneren Regulation der Infusorien übergangen, deren sichtbare Bilder die Endomixis und Konjugationsprozesse sind, die sich übrigens experimentell hervorrufen und beseitigen lassen. Ich habe auch den kaum greifbaren allelokatalytischen Faktor ROBERTSON's nicht ergründet, dessen Existenz nach der Auffassung dieser Betrachtungen mit einer Heuinfusion verbunden sein konnte, welche gewisse spezielle Eigenschaften besessen hätte, obwohl wir in dieser Hinsicht sowohl bei ihr als auch in den Arbeiten ihres Anhängers YOCOM's keine speziellen Beweise vorfinden. Wenn man vielmehr die Ergebnisse dieser Forscher mit den Ergebnissen SPECK's und POPOFF's, welche die Wirkung der Stimulationsreize charakterisieren, vergleicht, bemerkt

man irgendeine Übereinstimmung zwischen dem allelokatalytischen Effekt und dem Stimulationsreize, welcher eine Folge der Wirkung gewisser Ionen während einer sehr oft kurzen Frist auf die Infusorien bildet, infolgedessen steigt der Teilungsgrad sehr bedeutend, ähnlich wie es in den Versuchen ROBERTSON'S geschieht. Die Theorie der Stimulationsreize, für sich selbst sehr interessant und für die Infusorien wenig erforscht, könnte nach ihrer Vervollkommnung viele wertvolle Anweisungen, die den chemischen Charakter des Zellplasmas betreffen, geben, da die Rolle der Stimulationsfaktoren sich mit der Rolle der Übergangskatalysatoren vergleichen ließe, die auf den Verlauf der Lebensprozesse in ganz bestimmter Art einwirken. Und tatsächlich handelt es sich um nichts anderes, als um die Erkenntnis dieser Zellprozesse, welche über ihr Leben entscheiden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1933

Band/Volume: [79 1933](#)

Autor(en)/Author(s): Chejfec M.

Artikel/Article: [Die experimentellen Grenzwerte des Lebens von Protozoen. 468-478](#)