

Studien über die Anpassungsfähigkeit einiger Infusorien an concentrirte Lösungen¹⁾.

Von

Atsushi Yasuda, Rigakushi,

Professor der Naturgeschichte an der zweiten Hochschule zu Sendai.

Hierzu Tafel X-XII.

Einleitung.

In der Natur finden wir Thiere und Pflanzen stets den obwaltenden Bedingungen angepasst. Diese Anpassung an die Umgebung ist in der That erst im Verlaufe langer Generationen hervorgebracht worden. Wenn dann aber die Lebensbedingungen sich ändern, wie werden diese Organismen dadurch beeinflusst? Unsere bisherigen Erfahrungen lehren uns, dass den Organismen im Allgemeinen die Fähigkeit innewohnt, sich diesen veränderten Verhältnissen genau anzupassen und so dauernd leben zu können, nur unter der Bedingung, dass die Veränderung nicht plötzlich stattfindet, oder, wenn sie rasch vor sich geht, sie doch verhältnissmässig unbedeutend ist.

¹⁾ Die vorläufige Mittheilung dieser Arbeit erschien in The Botanical Magazine. Tokyo 1897. Vol. XI, No. 121. pp. 19-24. und Annotationes Zoologicae Japonenses. 1897. Vol. I, Part I et II. pp. 23-29.

Bekanntlich giebt es in der Pflanzenwelt die Wasserformen der amphibischen Gewächse, wie *Polygonum amphibium* und *Ranunculus aquatilis*, die sich in ihrer morphologischen und anatomischen Beschaffenheit ganz anders als ihre Landformen verhalten. Auch sind die Hydrophyten in Bezug auf Gestalt und Struktur einer grossen Metamorphose unterworfen, die sie zum Leben im Wasser befähigt. Aehnliche Thatsachen finden wir auch in der Thierwelt. Hierher gehören z. B. unter den Amphibien die Anuren, deren aus den Eiern ausschlüpfende Larven durch Kiemen athmen, aber im erwachsenen Zustande durch Lungen, während die Thiere, welche zu den Perennibranchiaten gehören, fortdauernd Kiemen besitzen, weil sie lebenslang im Wasser wohnen und niemals ein oberirdisches Leben führen, so dass sie sich jenem Medium völlig accommodirt haben.

Es dürfte daher von Interesse sein, wenn wir die Beschaffenheit der in der Natur gefundenen Medien verändern, künstliche Nährmedien anfertigen und die Anpassungsfähigkeit gewisser für diesen Zweck ausgewählter Organismen an diese künstlichen Medien studiren. Es liegen bereits Untersuchungen mancher Forscher über derartige Kulturversuche bei niederen Organismen vor. Im nächsten Abschnitt fasse ich die Resultate der wichtigsten einschlägigen Arbeiten zusammen.

Vorausschicken will ich noch, dass ich die Anpassung der Infusorien an solche künstlichen Medien studirt habe, die aus heterogenen Lösungen von höheren Concentrationen bestanden. Folgendes sind die Fragen, die ich zu beantworten versucht habe:— 1) Welche Grade der Concentrationen der Aussenmedien können die Infusorien ertragen? 2) Welche relative Widerstandsfähigkeit haben sie im Vergleich mit Algen und Pilzen? 3) Welche

Veränderungen ihrer äusseren und inneren Gestalt werden dadurch hervorgebracht, und wie wird ihr Bewegungs- und Vermehrungsvermögen durch diese heterogenen Medien beeinflusst? In Folgendem werde ich der Reihe nach die diesbezügliche Litteratur, die Methodik meiner Versuche, die Beschreibung der Experimente und endlich die Zusammenfassung der Resultate mittheilen.

Die vorliegende Arbeit wurde grossentheils im botanischen Institut der kaiserlichen Universität zu Tokyo unter freundlicher Anregung des Herrn Prof. Dr. M. Miyoshi ausgeführt, welchem ich für seine liebenswürdige Rathschläge meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Herrn Prof. Dr. J. Matsumura sage ich auch an dieser Stelle für das Interesse, welches er meiner Arbeit entgegengebracht hat, meinen besten Dank.

Litteratur.

Ueber die Accommodation niederer Pflanzen giebt es ziemlich viele Versuche; so beobachtete Stahl¹⁾, dass *Aethalium septicum* sich allmählich an Traubenzuckerlösungen anpasste und der Einwirkung einer 2%igen Lösung widerstand. Richter²⁾ experimentirte mit Cyanophyceen und fand, dass *Rivularia* 3% ige, *Gloeocapsa* 6% ige, *Anabaena* 6% ige und *Oscillaria* 10% ige Kochsalzlösung ertragen konnten. Auch gelang es ihm, Diatomaceen in einer 7%igen Kochsalzlösung ein Jahr und in einer 10%igen einen Monat lang leben zu lassen. Er zog ausserdem

¹⁾ E. Stahl. Zur Biologie der Myxomyceten. Bot. Ztg. 1884. Nr. 11. p. 166.

²⁾ A. Richter. Ueber die Anpassung der Süsswasseralgeln an Kochsalzlösungen. Flora. 1892. pp. 18-56.

verschiedene andere Algen in den Bereich seiner Untersuchungen, darunter *Zygnema*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Cosmarium*, *Chlorella*, *Tetraspora*, *Chaetophora*, *Vaucheria*, *Oedogonium*, *Chara* u. s. w.; eine gewisse Anzahl von ihnen vermochte sogar in 13%iger Lösung zu existiren. Ferner theilte Klebs¹⁾ mit, dass einige in den Lösungen organischer Verbindungen kultivierte Süßwasser-algen anfänglich eine Plasmolyse zeigten, die aber nach einigen Stunden vollständig ausgeglichen war, worauf sie ohne Schaden in den neuen Medien fortlebten. Nach demselben Autor gedieh *Zygnema* in einer 10 bis 20%igen Glycerinlösung eine Woche lang. Auch 10-50%ige Rohrzuckerlösungen vermochten dieselbe Alge im Leben halten, aber mit verschiedenen Wirkungen je nach der Concentration: 10%ige Lösung veranlasste lebhaftere Kerntheilung, 20-25%ige Längenwachsthum, 30%ige Zellhautbildung und 40%ige Assimilation und Stärkebildung, während in 50%iger Lösung die Alge nur wenige Tage lebte.

Unter den Meeresalgen nahm Janse²⁾ eine ähnliche Erscheinung bei *Chaetomorpha* wahr, und zwar hervorgebracht durch Kalisaltpeter- und Kochsalzlösungen. Er fand nämlich, dass, wenn man diese Alge in eine solche Lösung legt, in Folge ihrer Anpassung an dieselbe nach kurzer Zeit ihre Widerstandsfähigkeit bedeutend gesteigert wird. Oltmanns³⁾ machte Experimente über den Einfluss der Concentrationsänderung des Meerwassers auf *Fucus*, der bei niedriger Concentration sich dem neuen Medium gänzlich accommodirte. Eschenhagen⁴⁾ kulti-

¹⁾ G. Klebs. Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Berichte der deutsch. bot. Gesellsch. 1887. Bd. V, Heft 5. p. 181.

²⁾ J. M. Janse. Plasmolytische Versuche an Algen. Bot. Centralbl. 1887. Bd. XXXII. p. 21.

³⁾ F. Oltmanns. Ueber die Bedeutung der Concentrationsänderung des Meerwassers für das Leben der Algen. Sitzb. d. Königl. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1891. p. 193.

⁴⁾ F. Eschenhagen. Ueber den Einfluss von Lösungen verschiedener Concentration auf das Wachsthum von Schimmelpilzen. Stolp. 1889.

virte *Aspergillus niger*, *Penicillium glaucum* und *Botrytis cinerea* in verschiedentlich concentrirten Lösungen von Traubenzucker, Glycerin, Natronsalpeter, Kalisalpeter, Chlornatrium und Chlorkalium, und wies sowohl die Grenzpunkte ihrer Accommodation als auch ihr Wachstumsverhältniss zu diesen Substraten nach. Bachmann¹⁾ bewies durch zahlreiche Experimente, dass *Thamnidium elegans* durch veränderte äussere Bedingungen gezwungen werden kann, diese oder jene Art von Sporangiolen zu bilden oder die Bildung derselben gänzlich zu unterdrücken. Ray²⁾ säte die Sporen von *Sterigmatocystis alba* in Medien, welche aus Zucker, Stärke, Möhren, Kartoffeln, Gelatine und mineralischen Salzen bestanden, und erhielt verschiedene aus diesen Sporen entwickelte Pilzformen.

Auch für das Thierreich fehlt es an diesbezüglichen Untersuchungen nicht. Als Beispiele seien folgende angeführt:— Schmankewitsch³⁾ beobachtete, dass *Branchipus stagnalis*, der immer in Süßwasser gefunden wird, sich, wenn man ihn in versüßtem Meerwasser züchtet, der Form von *Artemia Milhauseinii*, einer das Brackwasser bewohnenden Art, nähert, und, wenn man das Brackwasser so lange concentrirt, bis dasselbe den Salzgehalt des Meerwassers erreicht hat, sich in *Artemia salina*, eine Meerwasser-Art, verwandelt. Herbst⁴⁾ züchtete die Larven einiger Seeigel in verschiedenen Lösungen von Lithium-,

¹⁾ J. Bachmann. Einfluss der äusseren Bedingungen auf die Sporenbildung von *Thamnidium elegans* Link. Bot. Ztg. 1895. Abt. I. p. 128.

²⁾ M. J. Ray. Variations des Champignons inférieurs sous l'influence du milieu. Revue générale de Botanique. 1897. T. IX. pp. 193-259 et pp. 283-304.

³⁾ W. Schmankewitsch. Zur Kenntniss des Einflusses der äusseren Lebensbedingungen auf die Organisation der Thiere. Zeitsch. f. wiss. Zool. 1887. Bd. XXIX. p. 429.

⁴⁾ C. Herbst. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwicklung der Thiere. I. Theil. Zeitsch. f. wiss. Zool. 1892. Bd. XV. p. 446.

Natrium- und Kaliumsalzen, und fand, dass die Wirkungsstärke auf die Entwicklungsstufen derselben in einer Reihe der Salze von demselben Radical ihrem Molekulargewicht umgekehrt proportional ist, d. h. ihre Wirkungsstärke nimmt um so stärker ab, je mehr ihre Molekulargewichte zunehmen. Nach ihm wurde in einem Falle die Gastrulation der Seeigel bedeutend verzögert, in einem anderen Falle wurde die Pluteusorganisation entweder mit der runden und gedrunghenen Gestalt ohne Fortsätze oder sogar ohne eine Spur des Kalkgerüsts gewonnen. Cohn¹⁾ bemerkte, dass eine plötzliche Concentrationsänderung des Aussenmediums der Infusorien eine schädliche oder tödtliche Einwirkung ausübt. Fabre-Domergue²⁾ beobachtete auch das Verhältniss der Ernährung in den Körpern einiger Infusorien, und gelangte zu folgendem Schluss: „Dans des conditions parfaites de nutrition prise dans l'acception la plus large du mot il se produit des aliments de réserve qui disparaissent quand des conditions deviennent défavorables à la vie.“ Weiter studirte Bokorny³⁾ die Veränderungen der Bewegung, der Gestalt und der Grösse der Vacuolen von *Paramecium* unter dem Einfluss gewisser Basen, wie Coffein, Ammoniak und Kali, deren 1 promill. oder noch dünnere Lösung im Allgemeinen die Bewegung verlangsamt, die Gestalt abrundet und sowohl Vergrößerung der Vacuolen als auch das Auftreten von neuen verursacht.

¹⁾ F. Cohn. Entwicklungsgeschichte der microscopischen Algen und Pilze. Nova Acta Akad. Caes. Leopold. 1851. Bd. XXIV, Th. 1. p. 132.

²⁾ M. Fabre-Domergue. Recherches anatomiques et physiologiques sur les infusoires ciliés. Ann. d. Sc. nat. Zool. 1888. Sér. VII, T. 5. p. 135.

³⁾ Th. Bokorny. Einige vergleichende Versuche über das Verhalten von Pflanzen und niederen Thieren gegen basische Stoffe. Pflüger's Archiv. 1895. pp. 557-562.

Bokorny gab auch in einer anderen Schrift (Vergleichende Studien über die Giftwirkung verschiedener chemischer Substanzen bei Algen und Infusorien. Pflüger's Archiv. 1896. pp. 262-306.) eine genaue Untersuchung über die Giftwirkung von Basen und Säuren unorganischer Natur, Salzen, Oxydations-Giften, Phosphor, organischen Säuren, Alkoholen, Alkaloiden u. a. m. auf das Leben der Infusorien und anderer Organismen.

Endlich müssen noch die Resultate der Untersuchungen von Davenport und Neal¹⁾ Erwähnung finden; sie züchteten *Stentor* 2 Tage lang in einer 0,00005% Sublimat enthaltenden Kulturlösung; die Thiere liessen sich sehr wohl acclimatisiren und erwiesen sich gegen eine 0,001%ige sonst tödtliche Sublimatlösung ca. vier Mal länger widerstandsfähig als diejenigen, die im Wasser kultivirt worden waren.

Ueberblickt man die Ergebnisse dieser Untersuchungen, so ersieht man, dass sowohl den niederen Thieren als auch den niederen Pflanzen die Fähigkeit innewohnt, sich geänderten Aussenmedien leicht anzupassen. Da aber diese Fähigkeit bei verschiedenartigen Organismen verschieden stark ausgeprägt ist und unter Umständen mannigfaltig auftritt, so muss jeder specielle Fall genau erforscht werden. Meine vorliegenden Studien sollen in dieser Hinsicht einen kleinen Beitrag bringen.

Methodisches.

Als Versuchsmaterial wählte ich solche Infusorien aus, die in Gräben und Teichen stets gefunden werden können. Da aber die in der freien Natur vorkommenden Infusorien nie in reiner Kolonie vorhanden sind, so liess ich sie in einem Gefässe sich massenhaft entwickeln und unter Vorsichtsmassregeln eine längere Zeit fortleben.

Genau nach den Angaben von Miyoshi²⁾ kultivirte ich die Infusorien in einem mit *Spirogyra* gefüllten Gefässe. Sobald

¹⁾ C. B. Davenport and H. V. Neal. On the Acclimatization of Organisms to Poisonous Chemical Substances. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. 1895. Bd. II, Heft 4. p. 581.

²⁾ M. Miyoshi. Physiologische Studien über Ciliaten. The Botanical Magazine. Tokyo 1896. Vol. X, No. 112. p. 43.

die grüne Masse der Alge sich allmählich zu verfärben begann und die ursprünglich klare Flüssigkeit immer mehr getrübt wurde, bemerkte ich die Entwicklung verschiedener Arten von Infusorien, die sich oft mit einer erstaunlichen Schnelligkeit vermehrten und sich auffallenderweise in bald fadenförmigen, bald netzartigen Kolonien gruppirt. Die microscopische Untersuchung ergab, dass diese Kolonien nur aus wenigen Arten bestanden, die im Kampfe ums Dasein den Rest überwunden hatten. Aus dieser Mischkultur isolirte ich einzelne Arten, indem ich mittelst einer Pipette eine kleine Menge der Kolonie zusammen mit Wasser herausholte und in ein ebenfalls mit Brunnenwasser und der Alge gefülltes Gefäss versetzte. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur zeigten diese Kulturen ca. in einer Woche üppige Entwicklung; nach vier oder fünf Wochen aber nahm die Vermehrung ab, und endlich nach sechs Wochen konnte nur noch eine ausserordentlich kleine Anzahl in der Flüssigkeit gefunden werden. Um eine und dieselbe Art immer in üppiger Kultur zu halten, legte ich deshalb alle drei Wochen neue Kulturen an und trug dafür Sorge, dass sie nicht etwa durch Bacterien inficirt wurden.

Nachdem ich die gewünschten Arten auf solche Weise in Kultur hatte, wurden die Experimente auf zweierlei Weise ausgeführt: einerseits prüfte ich die Anpassungsfähigkeit der Infusorien in dem Zustande, wie sie in der Natur vorkommen, d. h. in ihrem Zusammenleben mit Bacterien; andererseits wandte ich zu demselben Zwecke die Reinkultur jedes Infusors an, also frei von Bacterien.

Der grösste Theil meiner Experimente wurde mit unreinen Kulturen ausgeführt; in einigen Fällen wiederholte ich die Experimente an Reinkulturen, um zu wissen, ob die Gegenwart

der Bacterien etwa das Ergebniss der Experimente modificirt hätte. Die Resultate stimmten aber bei beiden Kulturen vollkommen überein, wie wir nachher sehen werden.

Als äussere Medien verwendete ich Lösungen von Rohrzucker, Traubenzucker, Milchzucker, Glycerin, Kalisalpeter, Natronsalpeter, Chlorkalium, Chlornatrium und Chlorammonium in verschiedenen Concentrationen. Diese Stoffe waren chemisch rein und wurden vor dem Gebrauch vollständig getrocknet. Folgende Infusorien wurden bei meinen Studien ausschliesslich verwendet: *Euglena viridis*, *Chilomonas paramaecium*, *Mallomonas Plosslii*, *Colpidium colpoda* und *Paramaecium caudatum*. Alle Kulturen, sowohl unreine als reine, wurden bei Zimmertemperaturen von 25°–30° C gehalten und in den Wintermonaten in einen Thermostat von etwa 30° C gestellt.

Für unreine Kulturen benutzte ich eine grosse Anzahl der 5 cm hohen und 3 cm weiten cylindrischen Glasgefässe, deren jedes 30 ccm der Versuchslösung und etwa 1 Gramm *Spirogyra*-Fäden enthielt. Da die Infusorien im Brunnenwasser weit besser gedeihen als in destillirtem Wasser, so wendete ich bei der Zubereitung der flüssigen Versuchsmedien das letztere als auflösendes Mittel für verschiedene Substanzen an, wobei die Menge der darin gelöst vorhandenen Stoffe mit Ausnahme von Kochsalz¹⁾ so unbedeutend war, dass ich sie ohne grosse Ungenauigkeit ausser Acht lassen konnte. Bei vielen Kulturen, die gleichzeitig gemacht wurden, nahm ich keinen Anstand, eine Kontrollkultur, in welcher nur Brunnenwasser und *Spirogyra*-Fäden angewendet wurden, anzufertigen und zum Vergleiche dienen zu lassen.

In Bezug auf die Reinkultur der Protozoen im Allgemeinen

¹⁾ Die chemische Analyse des Brunnenwassers zeigte, dass es 0,095% Kochsalz enthielt.

haben viele Forscher¹⁾ in neuerer Zeit versucht, sie entweder auf festen Substraten oder in flüssigen Medien zu züchten. Bei der Isolirung der Infusorien befolgte ich genau die Methode von Ogata²⁾ mit positivem Resultat. Ich liess mir nach seiner Vorschrift feine Glascapillarröhren anfertigen, deren Durchmesser je nach der Grösse des Versuchsobjects variirten. So war z. B. bei *Chilomonas paramaecium*, dessen Körper 25-30 μ Länge und 10-12 μ Breite hat, das Capillarrohr etwa 0.1 mm in innerem Durchmesser und 10 cm in Länge, während es bei *Calpidium colpoda*, dessen Körper 60-70 μ lang und 25-30 μ breit ist, einen inneren Durchmesser von 0,15 mm und eine Länge von 10 cm hatte.

Sobald das Capillarrohr nach dem Eintauchen in eine sterilisirte Nährlösung mit der letzteren grossentheils gefüllt war, brachte ich das nämliche Ende desselben in die Mischkulturflüssigkeit von Bakterien und Infusorien und liess das Rohr sich mit der Flüssigkeit völlig füllen. Untersucht man ein solches Capillarrohr unter einem Microscope, so findet man an der Capillarrohrmündung eine grosse Anzahl von Infusorien in Bewegung. Einige streben sich ins Innere zurückzuziehen, bald aber kommen sie nach der Mündung zurück. Wegen der starken Aërotaxis und schwachen Chemotaxis der Organismen³⁾ gelingt

¹⁾ Während Beijerinck (Kulturversuche mit Amöben auf festen Substraten. Centralbl. f. Bak. u. Parasit. 1896. Bd. XIX, No. 8), Celli (Die Kultur der Amöben auf festen Substraten. Centralbl. f. Bak. u. Parasit. 1896. Bd. XIX, No. 14/15.), Scharfing (Reinkulturen von Protozoen auf festen Nährboden. Centralbl. f. Bak. u. Parasit. 1896. Bd. XIX, No. 14/15.), Gorini (Die Kultur der Amöben auf festen Substraten. Centralbl. f. Bak. u. Parasit. 1896. Bd. XIX, No. 20), Tischutkin (Ueber Agar-Agarkulturen einiger Algen und Amöben. Centralbl. f. Bak., Parasit. u. Infekt. 1897. Bd. III, No. 7/8.) und andere Forscher Amöben auf festen Substraten künstlich züchten konnten, ist es Ogata (Ueber die Reinkultur gewisser Protozoen-Infusorien. Centralbl. f. Bak. u. Parasit. 1893. Bd. XIV, No. 6.) auch gelungen, *Polytoma uvella* in flüssigen Medien rein zu kultiviren.

²⁾ M. Ogata. *loc. cit.* p. 168.

³⁾ M. Miyoshi. *loc. cit.* p. 48.

es nicht immer, die Infusorien auf diese Weise hervorzulocken, und ihrer habhaft zu werden. Nur wenn sie zufällig in die sterilisirte Flüssigkeit tief eindringen, kann man unter dem Microscope das Capillarrohr an der betreffenden Stelle abbrechen und dann das Ende des Rohrs zuschmelzen. Sodann impft man den infusoriumhaltigen Capillarrohrinhalt, indem man das Rohr mit einem sterilisirten Pincet abbricht und den Inhalt in ein mit sterilisirter Nährlösung gefülltes Reagensglas hineinbläst.

Bei meinen Versuchen impfte ich wenigstens zwei Individuen in ein und dasselbe Reagensglas, um erstens den Effect der Inoculation zu sichern, und zweitens mit der Hoffnung, dass sie, wenn alle beide in dem neuen Medium unversehrt fortlebten, durch Copulation sich vermehren könnten. Bei der Zimmertemperatur von 20° C blieb die geimpfte Nährflüssigkeit nach zwei oder drei Tagen vollkommen klar, und erst nach ungefähr zehn Tagen erschienen Hunderte von Individuen, die nahe der Oberfläche der Flüssigkeit als sehr kleine weisse Pünktchen hin und her schwammen. Die Zahl dieser weissen Pünktchen nahm hernach allmählich zu, und dieselben waren nicht allein am oberen Theil des Reagensglases, sondern auch am mittleren und unteren Theil desselben zerstreut sichtbar. Eine solche Erscheinung bedeutet, dass die Reinkultur gut ausgefallen ist, und dass man in jener Nährlösung nichts anders als die isolirte Art der Infusorien findet. Wenn aber die Nährlösung während der Impfung von Bacterien inficirt wird, so tritt immer eine starke Trübung zu Tage, und man bekommt in diesem Falle selbstverständlich keine Reinkultur der Infusorien.

Die auf diese Weise hergestellte Reinkultur gedieh 4-5 Wochen lang, vorausgesetzt dass die Nährstoffe in der Kulturflüssigkeit nicht völlig erschöpft waren. Durch erneuerte Wieder-

impfung konnte ich die Organismen in reinem, gutem Kulturzustande eine lange Zeit erhalten.

Die Nährlösung, die ich für die Reinkultur gebrauchte, stellte ich nach der Vorschrift von Ogata an, und zwar war ihre Zusammensetzung folgende :

Fleischextract	1 g
Rohrzucker	20 „
Concentrirt gekochte Lösung von <i>Porphyra vulgaris</i> .	250 ccm
Destillirtes Wasser	729 „

Beschreibung der Versuche.

Wie gesagt, stellte ich die Experimente hauptsächlich mit unreinen Kulturen an, in der Absicht, den Einfluss, welchen die äusseren Bedingungen auf die Infusorien in ihrem natürlichen Vorkommen ausüben, festzustellen. Dabei versäumte ich aber nicht, Kontrollversuche mit reinen Kulturen zu machen und die beiden Resultate zu vergleichen.

Bei allen Versuchen mit unreinen und reinen Kulturen liess ich die Beschaffenheit des Mediums sich plötzlich ändern und prüfte die Anpassungsfähigkeit unserer Organismen an das neue Medium. Hatte ich unreine Kulturen, so verglich ich gewöhnlich im Verlauf von 1-7 Tagen, zuweilen aber erst nach einem Monat, die Wirkungen der verschiedenen Mediumsconcentrationen auf das Reproductionsvermögen und die Gestaltänderungen der Versuchsorganismen. Speciell bei den Versuchen mit Rohrzucker war es nöthig, eine Reinkultur anzuwenden, weil bei unreiner Kultur der Rohrzucker durch vorhandene Bacterien oder Pilze nach und nach invertirt und schliesslich gespalten wurde. Um

zu erkennen, nach wie vielen Tagen der Rohrzucker zum Traubenzucker invertirt wird, prüfte ich mit der Fehling'schen Lösung und fand, dass in meinen Versuchen nach etwa 4 Tagen eine kleine Inversion stattgefunden hatte. Meine unreinen Rohrzuckerkulturen waren daher binnen der ersten drei Tage doch noch brauchbar.

Dass diese Inversion ausser durch Bacterien und Pilze auch unter Mitwirkung der Infusorien stattfände, ist schon von vorn herein unwahrscheinlich. Um dies aber experimentell zu constatiren, stellte ich einige Versuche mit Rohrzuckerreinkulturen¹⁾ an, und gelangte beim Prüfen der fraglichen Flüssigkeit wie erwartet zu negativem Resultat. Die Kontrollkultur mit *Aspergillus glaucus* zeigte eine starke Inversion.

Bei allen Kulturen mit verschiedenen Stoffen machte ich immer Kontrollkulturen, und bei den kritischen Versuchen, wie z. B. der Bestimmung der Concentrationsgrenze einer Flüssigkeit, in welcher die Organismen sich mehr oder minder anpassend leben können, wurden dieselbe Kulturen einige Male wiederholt.

Ich gehe nun zur Beschreibung der einzelnen Versuche bei jeder Art meiner Versuchsorganismen über.

(a) *Euglena viridis* Ehrbg.²⁾

Dieser Organismus hatte in der Kontrollkultur folgende

¹⁾ Da der Rohrzucker bekanntlich bei langem Kochen zum Theil in Trauben- und Fruchtzucker verwandelt wird, so kann bei den Rohrzuckerreinkulturen die gebräuchliche Sterilisirung durch Hitze nicht ohne Vorsichtsmassregeln angewendet werden. Ich sterilisirte deshalb den Rohrzucker mit absolutem Alkohol und brachte ihn dann in die vorher sterilisirte Nährlösung ein.

²⁾ Figuren in Friedrich Ritter v. Stein, Der Organismus der Infusionsthiere. Leipzig 1878. Abt. III, Heft I. Taf. XX, W. Saville Kent, A Manual of the Infusoria. 1880-81. Vol. I. Pl. XX. und O. Bütschli, H. G. Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreiches. 1883-87. Bd. I. Protozoa, Abt. II. Taf. XLVII.

Merkmale : Gestalt gewöhnlich spindelförmig, Hinterende schärfer zugespitzt, aber wegen der Metabolie sich mannigfaltig verändernd. Aus dem Schlunde entspringt eine lange Geissel. Chromatophoren zahlreich vorhanden, klein, scheibenförmig und rein grün gefärbt. Eine contractile Vacuole nahe dem Vorderende gelegen. Dicht bei demselben Ende befindet sich auch ein rother Augenfleck.

Versuch 1. *Rohrzucker*, $C_{12}H_{22}O_{11}$.—Von einer 1%igen Lösung anfangend liess ich in anderen Kulturen die Concentration um je 1% steigen. Obgleich die Accommodation schwer wurde, als die Concentration zunahm, so lebte das Infusor doch bis zur 15%igen Lösung, welche die Maximalconcentration für den Organismus war. 1%ige, 2%ige und 3%ige Kulturen zeigten keine wesentliche Veränderung am Körper des Organismus. Bei einer 4%igen Lösung aber begannen die Chromatophoren an Grösse zuzunehmen. Von 1% iger Lösung bis zu 7%iger war die spirale Bewegung des Organismus lebhaft, dagegen über 8% wurde sie allmählich langsamer, während die Chromatophoren selbst sich merklich ausdehnten ; als die Concentration des Mediums zunahm, wurde auch die Vermehrung verhindert. Bei 12%iger Lösung konnte das Thier nicht mehr normal gedeihen, bei 13% überlebte eine kleine Anzahl, die jedoch nach einer Woche alle zu Grunde gingen ; bei 14% lebten noch einige Individuen, aber nicht länger als 4 Tage, während sie bei 15% kaum einen Tag lebendig blieben. Da der Organismus metabolisch ist, so konnte keine deutliche Veränderung an seiner äusseren Gestalt beobachtet werden.

Versuch 2. *Traubenzucker*, $C_6H_{12}O_6$.—Unser Organismus konnte 1-11%ige Concentrationen ertragen. Bei 1%- und 2%-Kultur war noch keine merkliche Veränderung wahrzunehmen,

aber schon bei 3%iger Lösung dehnten sich die Chromatophoren ein wenig aus, und bei der Concentration über 3% wurden sie noch etwas grösser. Die Bewegung des Thierkörpers schien bei 1-6%-Kulturen normal zu verlaufen; erst bei 7% wurde sie langsamer mit gleichzeitiger Verminderung der Vermehrungsfähigkeit. Bei einer 9%igen Lösung vermehrten sich die Thiere überhaupt nicht mehr, und nach einer Woche war nur noch eine kleine Anzahl am Leben. Alle Individuen des Infusorium gingen bei einer 10%- Kultur nach einer Woche, und bei einer von 11% schon nach einigen Tagen zu Grunde.

Versuch 3. *Milchzucker*, $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$.—Unter den oben erwähnten Zuckerarten schien unser Infusor sich an Milchzucker am besten anzupassen. Die Maximalconcentration, welcher es widerstehen konnte, war eine 17%ige. Von 4% an aufwärts schienen die Chromatophoren sich zu vergrössern. Bei 1-11%-Kulturen nahm die Multiplication rasch zu, aber über 12% wurde sie etwas vermindert und auch die Bewegung wurde einigermassen träge. Eine 17%ige Lösung erwies sich als die Grenzconcentration für das Versuchsthier.

Versuch 4. *Glycerin*, $C_3H_8O_3$.—Die Versuche lehrten uns, dass sich unser Infusor an Glycerin weit schlechter anpasste als an eine der oben erwähnten drei Zuckerarten, denn das Thier konnte nur 1-6%ige Lösungen ertragen. Bei einer 2%igen Lösung erweiterten sich die Chromatophoren; bei 3%- Kultur lebte eine kleine Anzahl noch am fünften Tage, und bei 6% blieben nur wenige Individuen noch einige Tage am Leben. Die Bewegung wurde bei einer 4%igen Concentration schon vielfach retardirt, und bei 6% hörte sie fast gänzlich auf. Ferner war in der letzteren Lösung eine pathologische Erscheinung wahrzunehmen, indem die Cuticula des Körpers um die

Chromatophoren etwas einschrumpfte, sodass ihr Umriss im optischen Schnitte gesehen zickzackförmig aussah, und die Chromatophoren selbst verschmolzen mehr oder weniger mit einander.

Versuch 5. *Schwefelsaures Magnesium*, $MgSO_4$.—Unter den unorganischen Substanzen erwies sich das schwefelsaure Magnesium als dem Leben des Organismus am besten zusagend. Der Organismus konnte die Concentration von 1-6% vertragen. Die Chromatophoren nahmen in ihrer Grösse fortwährend zu, als die Concentration von 1,5% bis auf ihr Maximum stieg. In einer 3,4%igen Lösung zeigte das Thier eine sehr träge Bewegung, und schon bei 4-6%igen Lösungen ging es beinahe zum Stillstand über. Betrug die Concentration nur 1-2,5 %, so gedieh unser Thier einen Monat lang vollkommen normal, aber von einer 2,6%igen Concentration an aufwärts büsste es seine Vermehrungsfähigkeit ein, und endlich bei 5-6% blieben nur vereinzelte Individuen am Leben.

Versuch 6. *Salpetersaures Kalium*, KNO_3 .—Der Organismus widerstand einer 2,4%igen Concentration. Von 0,8% an fingen die Chromatophoren an sich zu erweitern; über 2% wurde die Bewegung sehr langsam. Im Allgemeinen schien das vorliegende Salz auf die Multiplication des Infusors hemmend zu wirken, da selbst bei verdünnten Lösungen das Thier eine unbedeutende Vermehrung zeigte.

Versuch 7. *Salpetersaures Natrium*, $NaNO_3$.—Dieses Salz verhielt sich fast wie das vorige. Eine 2%ige Lösung war das Maximum, welches unser Thier ertragen konnte. Die Chromatophoren dehnten sich schon von 0,8% an aus. Die Bewegung war bei 2%iger Lösung nach zwei Tagen sehr träge.

Versuch 8. *Chlorkalium*, KCl .—Nächst dem Magnesium-

sulfat erwies sich unter den unorganischen Stoffen das Chlorkalium für die Vermehrung des Organismus am günstigsten. Eine 0,7%ige Lösung verursachte sowohl Zahlvermehrung als auch Volumenerweiterung der Chromatophoren. In 0,2-1%igen Concentrationen gedieh der Organismus noch nach 40 Tagen. Stieg die Concentration auf 2,8%, welches die maximale Grenze für den Organismus war, so hörte die Bewegung fast gänzlich auf, während die Chromatophoren sich theilweise zu grösseren Körnern verschmolzen.

Versuch 9. *Chlornatrium*, NaCl.—0,2-1,8% waren die Concentrationen, bei welchen das Thier am Leben blieb. Die Chromatophoren schienen bei einer 0,8%igen Lösung an Grösse zuzunehmen, und bei einer 1,6%igen Concentration zeigte der Organismus noch eine langsame Bewegung.

Versuch 10. *Chlorammonium*, NH₄Cl.—Dieses Salz wirkte unter allen oben genannten Stoffen am ungünstigsten auf das Leben des Organismus ein, sodass die Anpassungsgrenze hier am niedrigsten war. 0,2-0,6% Kulturen gediehen noch am Ende der dritten Woche, aber über 1% vermehrte sich das Thier nicht mehr, und bei 1,4% lebten kaum noch einige Individuen. Bei 0,6% iger Lösung nahm die Grösse der Chromatophoren zu, und bei 1% verschmolzen sie sich zu wenigen grösseren Körnern. Eine 1,4%ige Lösung verursachte immer die Verschmelzung der Chromatophoren und hob gleichzeitig die Bewegung des Organismus auf.

Ich wiederholte dieselbe Versuche zehnmal mit Reinkulturen und verglich die Resultate mit denjenigen bei den unreinen Kulturen. Die Ergebnisse stimmten in beiden Fällen völlig überein. Weiter beobachtete ich, dass bei den Versuchen mit Reinkulturen die Schnelligkeit der Multiplication für die Lösungen verschiede-

ner Concentrationen eines und desselben Stoffes nicht allzu gleich war, obgleich sie gleichzeitig geimpft worden waren. Im Allgemeinen nahm die Vermehrungsenergie in dem Masse ab, wie die Concentration des Mediums stieg; so war zum Beispiel bei einer Traubenzuckerkultur, im Verlaufe von 2 Wochen nach der Impfung, die Vermehrung eine starke bei 2%, eine mässige bei 4%, eine sehr unbedeutende bei 6%, eine noch spärlichere bei 8% und keine bei 10%. Ferner war die Vermehrung bei derselben Kultur nach 4 Wochen bei 2% eine sehr starke, bei 4% eine starke, bei 6% eine mässige, bei 8% eine unbedeutende und bei 10% eine höchst spärliche Vermehrung zu beobachten, während sich am Ende der sechsten Woche bei 2-4% eine sehr starke, bei 6% eine starke, bei 8% eine mässige und bei 10% eine spärliche Vermehrung zeigte. Auch beim Milchzucker wurden ähnliche Thatsachen constatirt. So gediehen nach 2 Wochen 2-4%-Kulturen ausgezeichnet; 6%-Kultur zeigte eine starke, 8% eine mässige, 10% eine spärliche, 12% eine noch schwächere und 14% gar keine Multiplication mehr. Nach 4 Wochen aber vermehrten sich die Organismen bei 2-6% sehr stark, bei 8% stark, bei 10% mässig, bei 12% spärlich und bei 14% sehr spärlich. Endlich nach 6 Wochen gedieh die Multiplication stark bei 10%, mässig bei 12% und spärlich bei 14%. Auch für schwefelsaures Magnesium, salpetersaures Kalium, Chlornatrium u. s. w. habe ich ähnliche Erscheinungen wahrgenommen.

(b) *Chilomonas paramaecium* Ehrbg.¹⁾

Der Organismus in Kontrollkultur hatte folgende Charakteristika: Körper nicht metabolisch, sondern plastisch. Gestalt

¹⁾ Figuren in Friedrich Ritter v. Stein. *loc. cit.* Taf. XIX, W. Saville Kent. *loc. cit.* Pl. XXIV und O. Bütschli. *loc. cit.* Taf. XLV.

länglich oval, seitlich comprimirt. Vorderende breiter und schief abgestutzt, Hinterende dagegen rundlich zugespitzt. Zwei Geisseln am Vorderende, eine derselben rollte sich, wenn der Organismus im Ruhezustande war. Zahlreiche sphäroidische Amylumkörner dicht unter der Körperoberfläche. Eine contractile Vacuole am Vordertheil des Körpers.

Versuch 1. *Rohrzucker*.—Mit einer 1%igen Lösung anfangend liess ich die Concentration um je 1% steigen, wie es bei *Euglena viridis* der Fall war. Von 2% an aufwärts dehnten sich die Körnchen fortwährend aus. Ueber 6% nahm der Organismus an Dicke und Breite zu, nicht aber an Länge, und sah so einfach oval aus. Die Vermehrung wurde schon bei 4% verzögert; bei 7% lebten einige Individuen noch eine Woche lang. Die Individuen aus der 7%igen Kultur waren so träge, dass sie an einem bestimmten Platze still lagen und nur eine zitternde Bewegung zeigten; vor ihrem Tode hüpfen sie einige Male rückwärts. Die letztere Erscheinung wurde auch bei den concentrirten Lösungen anderer Stoffe beobachtet.

Versuch 2. *Traubenzucker*.—Der Traubenzucker wirkte stärker als der Rohrzucker. Die höchste Concentration, die der Organismus vertragen konnte, war 6%. Bei 4%-Kultur ging die Vermehrung nicht mehr gut vor sich, und bei 5% blieb nur eine kleine Anzahl der Individuen am Leben. 2%ige Concentration bewirkte, dass die Körnchen sich vergrösserten, und bei 5% wurde die Bewegung sehr langsam. Bei 6% kam der Organismus fast zum Stillstande, und wurde eine Unebenheit des Körperumrisses hervorgerufen.

Versuch 3. *Milchzucker*.—Der Organismus widerstand 1-8%igen Concentrationen. Ueber 3% vergrösserten die Körnchen ihr Volumen, bei 6% wurde die Multiplication verhindert und end-

lich bei 8% lebten nur noch einige Individuen eine Woche lang weiter, mit dem erwähnten Unebenwerden der Körperrumrisse. Merkwürdig war, dass der Körper an Dicke und Breite zunahm, als die Concentration stieg.

Versuch 4. *Glycerin*.—Eine 4%ige Lösung war die Maximalconcentration für die Accommodation des Thieres. Bei 2% erweiterten sich die Körnchen, bei 3% hörte die Vermehrung auf, und bei 4% lebten nur noch einige Individuen, deren Körper unregelmässige Umriss zeigten.

Versuch 5. *Schwefelsaures Magnesium*.—In 1-3%igen Lösungen lebte der Organismus fort. Von 0,8% an aufwärts vergrösserten sich die Körnchen, und in 3%iger Lösung wurden dieselben auffallend gross. Eine 1,4%ige Lösung verhinderte die Multiplication. Bei höheren Concentrationen trat bei einigen Individuen ein unregelmässiges Aussehen zu Tage. Diese Gestaltänderung wurde bei einer 2,5%-Kultur besonders gut beobachtet, indem alle Individuen noch 2 Wochen mit einer ungewöhnlichen Unebenheit ihrer Körpergestalt fortlebten.

Versuch 6. *Salpetersaures Kalium*.—Eine 2%ige Concentration schien die obere Grenze der Anpassung zu sein. Eine 0,8%ige Lösung veranlasste eine Vergrösserung der Amylumkörner, die bei einer 1%igen Lösung nach einer Woche einen sehr grossen Durchmesser zeigten. Die Vermehrung ging nur bei niederen Concentrationen gut vor sich.

Versuch 7. *Salpetersaures Natrium*.—Der Organismus konnte in 0,2-1,2%igen Lösungen leben. Die Volumenzunahme der Körnchen fand von 0,6% an statt. Bei höheren Concentrationen gedieh unser Organismus nicht. Im Uebrigen fast dieselben Erscheinungen wie beim vorhergehenden Versuche.

Versuch 8. *Chlorkalium*.—Eine 0,8%-Kultur am Ende des

dritten Tages nach der Impfung untersucht zeigte sowohl Vergrößerung der Körnchen als auch Abrundung des Körpers. Nach Verlauf einer Woche besaßen einige Individuen in einer 1%igen Lösung eine fast scheibenförmige Gestalt. Ueber 2% konnten sie nicht mehr leben.

Versuch 9. *Chlornatrium*.—Eine 0,4%ige Lösung liess die Körnchen sich erweitern. Bei 0,8-1%-Kulturen dehnte sich ihr Volumen bedeutend aus, indessen der Körper des Organismus sich verkürzte und rundlich wurde. Bei 1%iger Concentration war die äusserste Grenze der Accommodation erreicht.

Versuch 10. *Chlorammonium*.—Der Organismus konnte sich an 0,1-0,6%ige Concentrationen anpassen. Bei einer 0,2%igen Lösung trat schon Körnchenvergrößerung ein, und bei 0,4% zeigten einige Individuen unebene Umrisse, mit gleichzeitiger Abschwächung ihrer Bewegung. Wie bei *Euglena viridis* so auch bei *Chilomonas paramaecium* übte der vorliegende Stoff von allen angewandten Chemikalien die stärkste Einwirkung aus.

(c) *Mallomonas Plosslii* Perty.¹⁾

Der Organismus in der normalen Kultur zeigte folgende Merkmale: Gestalt oval, am Vorderende etwas schmaler. Die ganze Cuticularoberfläche mit langen, biegsamen, borstigen Wimpern bekleidet; am Hinterende mit einer langen Geissel versehen. Anstatt der Amylumkörner war eine Anzahl von Vacuolen vorhanden. Eine contractile Vacuole befand sich nahe dem hinteren Ende. Das Thier schwamm mit lebhafter Bewegung, wobei es oft plötzlich stillstand.

Versuch 1. *Rohrzucker*.—Der Organismus vertrug Anpas-

¹⁾ Figuren in W. S. Kent. *loc. cit.* Pl. XXIV.

sungskonzentrationen von 1-7%. Auch bei höheren Concentrationen nahm die Grösse des Körpers mehr oder minder zu, während die Multiplication und die Lebhaftigkeit der Bewegung allmählich sanken. Ferner wuchs die Zahl und Grösse der Vacuolen mit der Concentrationserhöhung bedeutend an; diese Erscheinung trat schon bei einer 2%-Kultur ein. Erst von 4% an wurde die Multiplication schwächer und bei 7% erlitt die Bewegung eine Retardirung, welche zu der sehr schnellen, normalen Bewegung in grossem Contrast stand.

Versuch 2. *Traubenzucker*.—Eine 6%-Kultur war das Maximum der Anpassung des Organismus. Die Vergrösserung des Körpers und die Zunahme der Vacuolen bei stärkeren Concentrationen waren wie beim Rohrzucker. Eine 2%ige Lösung erweiterte die Vacuolen einigermassen, und von 3% an nahm die Vermehrung des Organismus ab. Die Bewegungshemmung war schon bei 4% zu beobachten, noch stärker bei 5%.

Versuch 3. *Milchzucker*.—Das Infusor ertrug 1-9%ige Lösungen. Das allgemeine Resultat stimmte mit dem bei den anderen Zuckerarten überein; der einzige Unterschied war der, dass der Milchzucker eine schwächere Einwirkung auf den Organismus ausübte als die anderen Zuckerarten. Die Vacuolen fingen erst bei einer 3%igen Lösung an sich zu vermehren, und die Multiplication wurde erst von 7% an etwas verlangsamt.

Versuch 4. *Glycerin*.—Die Grenze der Accommodation war eine 4%ige Lösung. Bei einer 2%- und noch auffallender bei einer 3%-Kultur fand Zunahme der Zahl und Grösse der Vacuolen und Anschwellen des Organismus statt.

Versuch 5. *Schwefelsaures Magnesium*.—Der Organismus vermochte sich 1-3,4%igen Lösungen anzupassen. Eine 0,8%ige Concentration verursachte sowohl Vermehrung als auch

Vergrößerung der Vacuolen, und bei höher concentrirten Lösungen war Verhinderung der Multiplication und Retardation der Bewegung wahrzunehmen.

Versuch 6. *Salpetersaures Kalium*.—Eine 0,7%ige Lösung vergrößerte die Vacuolen etwas. Die Bewegung begann bei 1-1,5%igen Lösungen sehr langsam zu werden. Bei den Kulturen höherer Concentrationen pflegte der Organismus sich nicht zu vermehren, und im Verlaufe einiger Tage ging der grössere Theil der Individuen zu Grunde. Eine 1,5%ige Lösung bildete die Grenze der Anpassung.

Versuch 7. *Salpetersaures Natrium*.—Für diesen Stoff besass der Organismus eine besonders grosse Resistenzkraft. Er vermochte sich sogar einer 2,6%igen Concentration anzupassen, wenn auch mit grosser Schwierigkeit. Die Bewegung war bei 1,5% noch lebhaft.

Versuch 8. *Chlorkalium*.—Bei einer 0,8%-Kultur vergrößerten sich die Vacuolen. Die Grenze der Anpassung des Organismus war bei 1,4%iger Lösung zu beobachten. Mit der Concentrationssteigerung trat Körperabrundung ein.

Versuch 9. *Chlornatrium*.—Die Maximalconcentration war 1,5%. Bei 0,8%-Lösung schien der Körper nach 5 Tagen sich abzurunden. In einer 1%igen Lösung konnte das Thier 3 Wochen lang gedeihen, aber in 1,5% starb es schon am Ende des vierten Tages.

Versuch 10. *Chlorammonium*.—Für diesen Stoff besass der Organismus die kleinste Anpassungsfähigkeit, ganz wie es bei den anderen Infusorien der Fall war. Eine 0,8%ige Lösung war das Maximum. Die Cuticularoberfläche des lebenden Organismus zeigte in dieser Lösung nach einem Tage einige longitudinale Falten.

(d) *Colpidium colpoda* Ehrbg.¹⁾

Merkmale des Organismus in der normalen Kultur:— Körper mittelgross, nierenförmig. Rückenseite mässig gewölbt; Bauchseite in der Nähe des Mundes etwas eingebuchtet. Vorderende viel schmäler als das abgerundete Hinterende. Cuticularwimpern auf der ganzen Oberfläche des Körpers reichlich vorhanden und an Grösse alle gleich. Mund in mässiger Entfernung vom Vorderende, in einer die Bauchseite querenden Einbuchtung. Eine contractile Vacuole und einige Nahrungsvacuolen vorhanden. Bewegung lebhaft.

Versuch 1. *Rohrzucker*.—Die Konzentrationsdifferenz der Versuchsserie war 1%. 8% wurde als das Maximum erkannt. Schon bei einer 3%igen Lösung begannen die Vacuolen sich etwas zu vermehren und zu vergrössern. Diese Erscheinung wurde mit der Concentrationserhöhung immer mehr merklich. Ueber 4% sah der Körperumriss rundlich aus und die Grösse nahm merkwürdig zu. Multiplicationshemmung schon bei 6%.

Versuch 2. *Traubenzucker*.—Der Organismus lebte in 1-7%igen Lösungen. Vermehrung und Vergrösserung der Vacuolen schon bei 2% und Abrundung des Körpers bei 3%. Bei einer 4,5%-Kultur wurde die Multiplication sehr verzögert, bei 6% lebte am Ende des fünften Tages noch eine kleine Anzahl der Thiere; bei 7% waren nur noch vereinzelt Individuen am Leben, welche schliesslich nach 5 Tagen abstarben.

Versuch 3. *Milchzucker*.—1-10%ige Lösungen wurden getragen. Vacuolenvergrösserung von 3% an aufwärts und Körperabrundung über 4%. Bei einer 7%igen Lösung wurde die Vermehrung verzögert, und bei 10% konnten nur einige Indi-

¹⁾ Figuren in O. Bütschli. *loc. cit.* 1887-89. Abt. III. Taf. LXII.

viduen 10 Tage lang leben. Auch hier fand mit der Concentrationssteigerung Grössenzunahme des Körpers statt.

Versuch 4. *Glycerin*.—Maximalconcentration 5%. Vermehrung und Vergrösserung der Vacuolen bei 2% ; Körperabrundung bei 3%. Bei 5% lebten nur noch vereinzelt Individuen wenige Tage lang.

Versuch 5. *Schwefelsaures Magnesium*.—Anpassungsconcentration : 1-5%. Vacuolenvergrösserung und Körperabrundung begannen bei 2%. Bei schwächeren Concentrationen gedieh der Organismus gut, aber über 3% schlecht.

Versuch 6. *Salpetersaures Kalium*.—Maximalconcentration 2%. Das Thier gedieh bei 0,8%iger Lösung nicht mehr. Zahlzunahme und Vergrösserung der Vacuolen waren wie gewöhnlich.

Versuch 7. *Salpetersaures Natrium*.—Anpassungsconcentration : 0,2-2%. Ueber 0,8% nahm die Vermehrung stufenweise ab. Gestaltänderung u. s. w. waren ähnlich wie in den vorhergehenden Fällen.

Versuch 8. *Chlorkalium*.—Anpassungsconcentration : 0,2-1,6%. Die höheren Concentrationen über 0,8% verursachten Multiplicationshemmung. Körperabrundung von 0,6% an. Vacuolenvergrösserung fand auch bei stärkeren Lösungen statt.

Versuch 9. *Chlornatrium*.—Maximalconcentration 1,5%. Volumenvergrösserung der Vacuolen wie gewöhnlich.

Versuch 10. *Chlorammonium*.—Der Organismus konnte sich nur äusserst verdünnten Lösungen anpassen. Schon bei 0,2% trat Vacuolenvergrösserung ein, bei 0,8% Bewegungshemmung und Unregelmässigwerden der Körperrisse. Bei 1%, der höchsten Concentration, welcher das Thier widerstand, waren einige Individuen nach 2 Tagen noch lebendig.

(e) *Paramecium caudatum* Ehrbg.¹⁾

Merkmale des Organismus in der normalen Kultur : Körper verlängert, spindelförmig, biegsam. Wimpern überall an der Oberfläche des Körpers, dicht und gleichmässig. Trichocysten senkrecht zur Oberfläche in der unter der Cuticula unmittelbar befindlichen Rindenschicht gelegen. Mund nahe der Mitte der Bauchseite. Schlund ziemlich lang. Zwei contractile Vacuolen am vorderen und hinteren Ende, mit strahligen zuführenden Kanälen. Nahrungsvacuolen vorhanden. Bewegung lebhaft. Vermehrung langsam.

Versuch 1. *Rohrzucker*.—Anpassungsconcentration 1-7%. Von 3% an aufwärts bis 7% Zahl- und Durchmesserzunahme der Vacuolen. Ueber 4% Dickwerden des Körpers; bei 7% blieb das Thier noch viele Tage lang lebendig.

Versuch 2. *Traubenzucker*.—Anpassungsconcentration : 1-5%. Vacuolenvergrößerung bei ca. 2%, Körperabrundung bei 3%. Sonst wie beim vorhergehenden Versuch.

Versuch 3. *Milchzucker*.—Maximalconcentration 8%. Vermehrung und Vergrößerung der Vacuolen bei 3% u. s. w. In höheren Concentrationen erreichten die Durchmesser der Vacuolen bedeutend grössere Dimensionen, und der Körper erhielt ein fleischiges Aussehen.

Versuch 4. *Glycerin*.—Anpassungsconcentration 1-3%. In diesem Medium konnte das Versuchsinfusor nicht lange am Leben bleiben. Vacuolenvergrößerung und Körperabrundung wie bei den vorigen Versuchen.

Versuch 5. *Schwefelsaures Magnesium*.—Maximalconcentration 2,4%. Obgleich der Körper bei 0,2% verlängert war, so wurde

¹⁾ Figuren in O. Bütschli. *loc. cit.* 1887-89. Abt. III. Taf. LXIII.

er doch bei 2,4% viel fleischiger, wobei sich auch die Vacuolen vergrößerten.

Versuch 6. *Salpetersaures Kalium*.—Anpassungsconcentration 0,2-1%. Die durch dieses Medium hervorgebrachten Gestaltänderungen waren fast dieselben wie die von *Colpidium colpoda* bei demselben Medium.

Versuch 7. *Salpetersaures Natrium*.—Maximalconcentration 1,2%. Dickenzunahme des Körpers von ca. 0,7% an. In 1,2% iger Lösung lebten nur noch vereinzelt Individuen mit schwacher Bewegung.

Versuch 8. *Chlorkalium*.—Anpassungsconcentration 0,2-1%. In einer 1%-Kultur starb das Thier nach 3 Tagen gänzlich ab.

Versuch 9. *Chlornatrium*.—Anpassungsconcentration 0,2-1%. Hier fand mit Concentrationssteigerung auch Abrundung des Körpers statt.

Versuch 10. *Chlorammonium*.—Maximalconcentration 0,5%. Das Infusor accommodirte sich an dieses Medium am schwersten; in keiner Kultur blieb es lange am Leben.

Allgemeines und Schlussbemerkungen.

Aus den oben angeführten Versuchen ergibt sich, dass mit der Steigerung der Concentration unabhängig von der chemischen Beschaffenheit die Cuticularoberfläche der Infusorienkörper einschrumpft, wenn die Organismen plötzlich in das Medium gebracht werden, weil durch concentrirtere Medien das Wasser aus dem Thierkörper herausgezogen wird. Zugleich wird ihre

Bewegung, die bisher lebhaft gewesen war, immer langsamer, und nach einem kurzdauernden Zittern an einem Platze kommen die Thiere endlich zum Stillstande. Wenn aber die Concentration des Mediums nicht zu stark ist, so können es die Infusorien ohne grossen Schaden ertragen, und die einmal gebildeten longitudinalen Falten der Cuticularoberfläche verschwinden nach einiger Zeit wieder. Sogar bei concentrirteren Lösungen findet man nicht selten einige Individuen, welche mit der contrahirten, unebenen Körperoberfläche noch einige Tage lang fortleben können.

Je höher die Concentrationen der Medien sind, desto schwerer wird selbstverständlich die Anpassung, und wenn sich schliesslich die Maximumgrenze nähert, so stirbt der grössere Theil der Individuen ab. Im Falle gelungener Anpassung an ein gewisses Medium sieht man stets Volumen- sowie Zahlzunahme der Chromatophoren, Amylumkörner und Nahrungsvacuolen. Gleichzeitig nimmt der Körper selbst an Dicke und Breite zu, dagegen an Länge etwas ab, so dass er ein einigermassen abgerundetes Aussehen erhält. Zugleich ist ausserdem Grössenzunahme des ganzen Körpers wahrnehmbar, wie ich dies ausschliesslich mit Zuckerarten bei *Colpidium colpoda*, *Mallomonas Plosslii* und *Chilomonas paramaecium* nachgewiesen habe.

Als eine allgemeine Regel gilt auch, dass die Vermehrungsfähigkeit bei höherer Concentration stark beeinträchtigt wird. Unsere Versuche mit den Reinkulturen von *Euglena viridis*, *Chilomonas paramaecium* und *Colpidium colpoda* bieten hierfür unzweideutige Beweise dar. Zum Vergleich führe ich einige der bei Schimmelpilzkulturen gewonnenen Erfahrungen an. Eschenhagen¹⁾ constatirte, dass das Wachsthum einiger Schimmelarten

¹⁾ F. Eschenhagen. *loc. cit.* p. 55.

sich durch stärkere Concentrationen des Substrates stark verzögerte; Klebs¹⁾ beobachtete, dass das Auftreten der Konidienträger und die Peritheciembildung von *Eurotium repens*, die Keimung und die Sporangienbildung von *Mucor racemosus* durch die Steigerung der Concentration des Mediums retardirt wurden. Gelegentlich fand ich²⁾ auch, dass *Aspergillus niger*, der in Magnesiumsulfat-Nährlösungen von verschiedener Concentration gezüchtet wurde, nach 4 Tagen verschiedene Grade der Entwicklung zeigte. Der Pilz wuchs in einer 5%-Kultur am besten, minder gut bei 10%, während bei 20% und 30% nur noch eine sehr schwache Entwicklung zu beobachten war. Die weisse Anlage der Konidienfrüchte trat bei 5% und 10% nach 4 Tagen, bei 20% nach 5 Tagen und bei 30% erst nach 6 Tagen ein.

Unter den zehn von mir angewendeten Stoffen—vier organischen und sechs unorganischen Verbindungen—passten unsere Infusorien sich den Zuckerarten am besten an, und wieder unter den Zuckerarten erwies sich der Milchzucker als das beste Anpassungsmedium. Ihm folgt der Rohrzucker in seiner Concentrationshöhe, während der Traubenzucker schon in weit verdünnteren Lösungen auf die Organismen schädlich einwirkt. Glycerin steht als Anpassungsmedium den Zuckerarten sehr nach. Unter den unorganischen Verbindungen, deren Einwirkung stets viel stärker ist als die der organischen Substanzen, ist schwefelsaures Magnesium zur Vermehrung der Infusorien am geeignetsten, während Chlorammonium für ihr Gedeihen das unpassendste

¹⁾ G. Klebs. Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896. pp. 446-535.

²⁾ A. Yasuda. Ueber den Einfluss verschiedener unorganischer Salze auf die Fortpflanzungsorgane von *Aspergillus niger*. The Botanical Magazine. Tokyo 1898. Vol. XII, No. 141. p. 370.

Medium ist, und unter den übrigen Chlorkalium eine mittlere Stellung einnimmt.

Die verschiedenen Infusorien zeigten in Bezug auf ihre Anpassungsfähigkeit grosse Unterschiede, und zwar wohnte unter unseren Infusorien *Euglena viridis* die grösste Widerstandsfähigkeit inne, während *Paramaecium caudatum* die kleinste Resistenz besass. Folgende Tabelle zeigt die Grenze der Concentrationen, bis zu welcher die Infusorien am Leben blieben :

Stoffe		Milchzucker	Rohrzucker	Traubenzucker	Glycerin	Schwefelsaures Magnesium	Salpetersaures Kalium	Salpetersaures Natrium	Chlorkalium	Chlornatrium	Chlorammonium
Formeln		$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_6H_{12}O_6$	$C_3H_5O_3$	$MgSO_4$	KNO_3	$NaNO_3$	KCl	NaCl	NH_4Cl
Concentrationen der mit 0,1 Aeq. KNO_3 isotonischen Lösungen ¹⁾		5,40%	5,13%	2,70%	1,38%	1,80%	1,01%	0,85%	0,75%	0,59%	0,54%
Maximalconcentrationen, welchen sich die Infusorien anpassen können	<i>Euglena viridis</i>	17	15	11	6	6	2,4	2	2,8	1,8	1,4
	<i>Chilomonas paramaecium</i>	8	7	6	4	3	2	1,2	2	1	0,6
	<i>Mallomonas Plosslii</i>	9	7	6	4	3,4	1,5	2,6	1,4	1,5	0,8
	<i>Colpidium colpoda</i>	10	8	7	5	5	2	2	1,6	1,5	1
	<i>Paramaecium caudatum</i>	8	7	5	3	2,4	1	1,2	1	1	0,5

¹⁾ Hugo de Vries. Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. Jahrb. f. wiss. Bot. 1884. Bd. XIV. pp. 536—537.

Wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich ist, muss die Wirkung der angewandten Substanzen auf die Infusorien nicht allein dem Grade ihrer Concentration zugeschrieben werden, dagegen zeigt sich ein annäherndes Verhältniss zu den isotonischen Concentrationen jedes Stoffes. Ich sage ausdrücklich „annähernd,“ weil die wahre Beziehung zwischen beiden durch unsere Versuche noch nicht sicher gestellt ist. Folgende Tabelle dient zum Vergleiche der isotonischen Concentrationen mit den entsprechenden gefundenen Werthen der maximalen Anpassungsconcentrationen¹⁾ :

¹⁾ Die bisherigen Untersuchungen ergaben in Bezug auf den Zusammenhang zwischen isotonischen Concentrationen und Reaktionsgrösse durchaus negative Resultate. Man vergleiche hierüber B. Stange. *loc. cit.* Nr. 22. p. 364, und C. B. Davenport and H. V. Neal. *loc. cit.* p. 579.

Stoffe.			Rohrzucker	Milchzucker	Traubenzucker	Glycerin	Schwefelsaures Magnesium	Salpetersaures Kalium	Salpetersaures Natrium	Chlorkalium	Chlornatrium	Chlorammonium
I	<i>Euglena viridis</i>	Concentrationen der Stoffe, die mit 15% Rohrzucker isotoni- sch sind	15	15,8	7,9	4	5,3	3	2,5	2,2	1,7	1,6
		Gefundene Werthe der maximalen Anpassungsconcentra- tion	15	17	11	6	6	2,4	2	2,8	1,8	1,4
II	<i>Chlamydomonas paramoecium</i>	Concentrationen der Stoffe, die mit 7% Rohrzucker isotoni- sch sind	7	7,4	3,7	1,9	2,5	1,4	1,2	1	0,8	0,7
		Gefundene Werthe der maximalen Anpassungsconcentra- tion	7	8	6	4	3	2	1,2	2	1	0,6
III	<i>Chlamydomonas Ploesii</i>	Concentration der Stoffe, die mit 7% Rohrzucker isotoni- sch sind	7	7,4	3,7	1,9	2,5	1,4	1,2	1	0,8	0,7
		Gefundene Werthe der maximalen Anpassungsconcentra- tion	7	9	6	4	3,4	1,5	2,6	1,4	1,5	0,8
IV	<i>Colpidium colpoda</i>	Concentrationen der Stoffe, die mit 8% Rohrzucker isotoni- sch sind	8	8,4	4,2	2,2	2,8	1,6	1,4	1,2	0,9	0,8
		Gefundene Werthe der maximalen Anpassungsconcentra- tion	8	10	7	5	5	2	2	1,6	1,5	1
V	<i>Paramecium caudatum</i>	Concentrationen der Stoffe, die mit 7% Rohrzucker isotoni- sch sind	7	7,4	3,7	1,9	2,5	1,4	1,2	1	0,8	0,7
		Gefundene Werthe der maximalen Anpassungsconcentra- tion	7	8	5	3	2,4	1	1,2	1	1	0,5

Dieselbe Tabelle zeigt auch zugleich, dass die Anpassungsgrenzen unserer Infusorien an verschiedene Concentrationen im Allgemeinen weit niedriger sind als diejenige der niederen Algen und Schimmelpilze. So kann *Zygnema* nach Klebs¹⁾ 50% Rohr-

¹⁾ G. Klebs. Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Berichte der deutsch bot. Gesellsch. 1887. Bd. V. p. 187.

zucker und 20% Glycerin vertragen. Dass dieselbe Alge sich auch einer 6%igen Chlornatriumlösung anpassen kann, ist von Richter¹⁾ erwiesen worden. Was die Schimmelpilze anbelangt, so zeigen sie ebenfalls eine weitaus grössere Widerstandsfähigkeit gegen starke Concentrationen. Ich gebe hier zum Vergleiche die von Eschenhagen²⁾ erhaltenen Ergebnisse wieder.

	Traubenzucker.	Glycerin.	Salpetersaures Natrium.	Chlornatrium.
<i>Aspergillus niger</i>	53%	43%	21%	17%
<i>Penicillium glaucum</i>	55 „	43 „	21 „	18 „
<i>Botrytis cinerea</i>	51 „	37 „	16 „	12 „

Unsere Infusorien zeigen gegen dieselben Stoffe folgendes Verhalten :

	Traubenzucker.	Glycerin.	Salpetersaures Natrium.	Chlornatrium.
<i>Euglena viridis</i>	11%	6 %	2 %	1,8%
<i>Colpidium colpoda</i>	7 „	5 „	2 „	1,5 „
<i>Mallomonas Plosslii</i>	6 „	4 „	2,6 „	1,5 „
<i>Chilomonas paramaecium</i>	6 „	4 „	1,2 „	1 „
<i>Paramaecium caudatum</i>	5 „	3 „	1,2 „	1 „

Daraus geht hervor, dass die Resistenzkraft unserer Infusorien gegen die angewendeten Stoffe hinter derjenigen der Schimmelpilze weit zurücksteht.

¹⁾ A. Richter. *loc. cit.* p. 24.

²⁾ F. Eschenhagen. *loc. cit.* p. 55.

Zusammenfassung.

(1) Isotonische Lösungen der in Rede stehenden Substanzen üben auf die von mir geprüften Infusorien nur eine „annähernd“ gleichartige Wirkung aus.

(2) Die Grenzen der Concentration, welcher sich diese Infusorien unter gewöhnlichen Verhältnissen anpassen können, liegen im Allgemeinen weit niedriger als die der niederen Algen und Schimmelpilze; selbst das widerstandsfähigste darunter, *Euglena viridis*, vermag nur verhältnissmässig schwache Concentrationen zu ertragen.

(3) Wenn die Organismen plötzlich in Lösungen höherer Concentrationen gebracht werden, so treten erst an der Cuticularoberfläche ihrer Körper longitudinale Falten auf, aber während ihre Anpassung an das neue Medium stattfindet, dehnen sich die Falten allmählich aus, bis sie zuletzt gänzlich verschwinden.

(4) Die höhere Concentration des Mediums verlangsamt die Vermehrung der Infusorien.

(5) Durch Steigerung der Concentration des Mediums wird die Bewegung der Organismen vielfach retardirt.

(6) Bei Zuckerlösungen stärkerer Concentration vergrössern sich die Körper der Infusorien bis zu einem gewissen Grade.

(7) Die Vacuolen, Chromatophoren oder Amylumkörner nehmen in dem Masse an Grösse zu, als die Mediumsconcentration steigt.

(8) Je mehr die Concentration des Mediums zunimmt, desto mehr runden sich die Körper der Organismen ab, und die Körperumrisse werden uneben.

(9) Wenn das Maximum für die Accommodation ein nie-

drig es ist, so finden die Veränderungen der Körper der Infusorien schon bei niederen Concentrationen des Mediums statt.

(10) Wenn sich die Concentration des Mediums dem Maximumpunkt nähert, so verschmelzen die in den Körpern der Organismen befindlichen Chromatophoren oder Amylumkörner mehr oder weniger mit einander.

Tokyo, 30. November 1898.

Inhaltsübersicht.

Einleitung	Seite 101.
Litteratur	„ 103.
Methodisches	„ 107.
Beschreibung der Versuche	„ 112.
Allgemeines und Schlussbemerkungen	„ 127.
Zusammenfassung	„ 134.



Erklärung der Figuren.

Sämtliche Figuren wurden nach den lebendigen Thieren in den unreinen Kulturen unmittelbar skizzirt, weil ihre Gestalten bei den getödteten Individuen sich mehr oder weniger veränderten.

TAFEL X.

Fig. 1-46. *Chilomonas paramecium* Ehrbg. Vergr. 420.

Fig. 1.	Individuen aus einer Nährlösung mit 1 % Milchzucker.
„ 2.	„ „ „ „ „ 2 „ „
„ 3.	„ „ „ „ „ 3 „ „
„ 4.	„ „ „ „ „ 4 „ „
„ 5.	„ „ „ „ „ 5 „ „
„ 6.	„ „ „ „ „ 6 „ „
„ 7.	„ „ „ „ „ 7 „ „
„ 8.	„ „ „ „ „ 8 „ „
„ 9.	„ „ „ „ „ 1 % Rohrzucker.
„ 10.	„ „ „ „ „ 2 „ „
„ 11.	„ „ „ „ „ 3 „ „
„ 12.	„ „ „ „ „ 4 „ „
„ 13.	„ „ „ „ „ 5 „ „
„ 14.	„ „ „ „ „ 6 „ „
„ 15.	„ „ „ „ „ 7 „ „
„ 16.	„ „ „ „ „ 1 % Traubenzucker.
„ 17.	„ „ „ „ „ 2 „ „
„ 18.	„ „ „ „ „ 3 „ „
„ 19.	„ „ „ „ „ 4 „ „
„ 20.	„ „ „ „ „ 5 „ „
„ 21.	„ „ „ „ „ 6 „ „
„ 22.	„ „ „ „ „ 1 % Glycerin.
„ 23.	„ „ „ „ „ 2 „ „
„ 24.	„ „ „ „ „ 3 „ „

Fig. 25. Individuen aus einer Nährlösung mit 4 % Glycerin.

„ 26.	„	„	„	„	„	0,5% Schwefelsaures Magnesium.
„ 27.	„	„	„	„	„	1 „ „
„ 28.	„	„	„	„	„	1,5 „ „
„ 29.	„	„	„	„	„	2 „ „
„ 30.	„	„	„	„	„	2,5 „ „
„ 31.	„	„	„	„	„	3 „ „
„ 32.	„	„	„	„	„	0,5% Salpetersaures Kalium.
„ 33.	„	„	„	„	„	1 „ „
„ 34.	„	„	„	„	„	1,5 „ „
„ 35.	„	„	„	„	„	2 „ „
„ 36.	„	„	„	„	„	0,6% Salpetersaures Natrium.
„ 37.	„	„	„	„	„	1,2 „ „
„ 38.	„	„	„	„	„	0,5% Chlorkalium.
„ 39.	„	„	„	„	„	1 „ „
„ 40.	„	„	„	„	„	1,5 „ „
„ 41.	„	„	„	„	„	2 „ „
„ 42.	„	„	„	„	„	0,5% Chlornatrium.
„ 43.	„	„	„	„	„	1 „ „
„ 44.	„	„	„	„	„	0,2% Chlorammonium.
„ 45.	„	„	„	„	„	0,4 „ „
„ 46.	„	„	„	„	„	0,6 „ „

TAFEL XI.

Fig. 1-11. *Euglena viridis* Ehrbg. Vergr. 420.

Fig. 1.	Individuum aus einer Nährlösung mit 1 % Traubenzucker.
„ 2.	„ „ „ „ „ „ 2 „ „
„ 3.	„ „ „ „ „ „ 3 „ „
„ 4.	„ „ „ „ „ „ 4 „ „

Fig. 5. Individuum aus einer Nährlösung mit 5 % Traubenzucker.

„ 6.	„	„	„	„	„	6	„	„
„ 7.	„	„	„	„	„	7	„	„
„ 8.	„	„	„	„	„	8	„	„
„ 9.	„	„	„	„	„	9	„	„
„ 10.	„	„	„	„	„	10	„	„
„ 11.	„	„	„	„	„	11	„	„

Fig. 12-41. *Colpidium colpoda* Ehrbg. Vergr. 420.

Fig. 12. Individuum aus einer Nährlösung mit 1 % Milchzucker.

„ 13.	„	„	„	„	„	2	„	„
„ 14.	„	„	„	„	„	3	„	„
„ 15.	„	„	„	„	„	4	„	„
„ 16.	„	„	„	„	„	5	„	„
„ 17.	„	„	„	„	„	6	„	„
„ 18.	„	„	„	„	„	7	„	„
„ 19.	„	„	„	„	„	8	„	„
„ 20.	„	„	„	„	„	9	„	„
„ 21.	„	„	„	„	„	10	„	„
„ 22.	„	„	„	„	„	1	% Rohrzucker.	
„ 23.	„	„	„	„	„	2	„	„
„ 24.	„	„	„	„	„	3	„	„
„ 25.	„	„	„	„	„	4	„	„
„ 26.	„	„	„	„	„	5	„	„
„ 27.	„	„	„	„	„	6	„	„
„ 28.	„	„	„	„	„	7	„	„
„ 29.	„	„	„	„	„	8	„	„
„ 30.	„	„	„	„	„	1	% Traubenzucker.	
„ 31.	„	„	„	„	„	2	„	„
„ 32.	„	„	„	„	„	3	„	„
„ 33.	„	„	„	„	„	4	„	„
„ 34.	„	„	„	„	„	5	„	„
„ 35.	„	„	„	„	„	6	„	„

Fig. 36. Individuum aus einer Nährlösung mit 7. % Traubenzucker.

„ 37.	„	„	„	„	„	1	% Glycerin.
„ 38.	„	„	„	„	„	2	„
„ 39.	„	„	„	„	„	3	„
„ 40.	„	„	„	„	„	4	„
„ 41.	„	„	„	„	„	5	„

TAFEL XII.

Fig. 1-21. *Mallomonas Plossii* Perty. Vergr. 420.

Fig. 1.	Individuen	aus	einer	Nährlösung	mit	1	% Milchzucker.
„ 2.	„	„	„	„	„	2	„
„ 3.	„	„	„	„	„	3	„
„ 4.	„	„	„	„	„	4	„
„ 5.	„	„	„	„	„	5	„
„ 6.	„	„	„	„	„	6	„
„ 7.	„	„	„	„	„	7	„
„ 8.	„	„	„	„	„	8	„
„ 9.	„	„	„	„	„	9	„
„ 10.	„	„	„	„	„	1	% Rohrzucker.
„ 11.	„	„	„	„	„	2	„
„ 12.	„	„	„	„	„	3	„
„ 13.	„	„	„	„	„	4	„
„ 14.	„	„	„	„	„	5	„
„ 15.	„	„	„	„	„	6	„
„ 16.	„	„	„	„	„	7	„
„ 17.	„	„	„	„	„	1	% Traubenzucker.
„ 18.	„	„	„	„	„	2	„
„ 19.	„	„	„	„	„	3	„
„ 20.	„	„	„	„	„	4	„
„ 21.	„	„	„	„	„	5	„

Fig. 22-28. *Paramecium caudatum* Ehrbg. Verg. 240.

Fig. 22. Individuum aus einer Nährlösung mit 1 % Rohrzucker.

”	23.	”	”	”	”	2	”	”
”	24.	”	”	”	”	3	”	”
”	25.	”	”	”	”	4	”	”
”	26.	”	”	”	”	5	”	”
”	27.	”	”	”	”	6	”	”
”	28.	”	”	”	”	7	”	”





