Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Aus dem Institut für Allg. Zoologie und Vergleichende Anatomie der kgl. ung. Franz-Josef-Universität Szeged. Direktor: Prof. J. v. Gelei.

Beiträge zur Physiologie von *Kahlia simplex.*

Von

J. v. Horváth (Szeged, Ungarn).

(Hierzu 11 Textfiguren.)

Einleitung.

Die Gattung *Kahlia* habe ich im Jahre 1931 entdeckt und im Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg studiert. Im Jahre 1934 habe ich über eine neue *Kahlia*-Art Mitteilung gemacht, welche ebenso wie die erste im Blumengarten des Universitätsgebäudes von Szeged (Szukováthi-Platz) zu finden ist; diese letztere Art nannte ich *Kahlia simplex* und berichtete über ihre Morphologie ausführlich in Acta Biol. 1934. Über ihr Leben gebe ich meine Beobachtungen und Untersuchungen in folgendem.

Untersuchungsmethode.

Bei meinen Untersuchungen habe ich sowohl Lebenduntersuchungen, als Fixieruntersuchungen angewendet. Die im Leben geschehene Untersuchung habe ich im kleinen Maße, auf Grund der dazugehörigen Ergebnisse nach Weyer und Hartmann, aber größtenteils nach meinem eigenen Bedenken durchgeführt.

Von *Kahlia simplex* habe ich schon soviel mitgeteilt, daß ich sie aus der Erde mit Kalbblut und Gelatine züchtete. Von Dezember des Jahres 1932 an betrieb ich meine Zuchtuntersuchungen. Bei der schon oberwähnten Methode mit Gelatine und Kalbblut war es sehr auffallend, daß die Erscheinung der Kahlien periodisch — nach

dem Zeitpunkte der Zuchteinstellung gerechnet — verschieden war. Im Winter, in einer aus der gefrorenen Erde (unter dem Schnee) hergestellten Zucht, erschienen nur am 4. Tage lebendige Tiere an der Oberfläche des Zuchtwassers, aber an regnerischen Frühlingstagen schon nach 18—24 Stunden. Im Sommer (Juli, August) ist dieser Zeitpunkt wieder auf den 3., sogar 4. Tag verschoben worden. Im September des Jahres 1933 kamen die Kahlien aus der Erde nach einem sonnigen Regen, schon in der 6. Stunde hervor. Aus allen diesen Erscheinungen ließ sich folgern, daß ich es mit Protozoen — im Erdboden, bzw. an der Oberfläche des Erdbodens — zu tun habe. Zur Entscheidung habe ich folgende Methode verwendet: ich ließ eine Gießkanne machen; der Durchmesser der Gießlöcher war 1 mm, die Distanz voneinander war 1,5 cm, wodurch das Wasser nur sehr dünn zerstäubt rinnen konnte. Den Stiel der Gießkanne habe ich, mit Hilfe einer Gummiröhre mit einer Wasserleitung verbunden. Aus dem Garten brachte ich ca. 2 kg Erde; diese Erde legte ich in eine Holzlade von 30 × 30 cm Fläche, am Grund mit einer $^1/_2$ cm breiten Spalte. Das Maß der Spalte und die Dicke der Erde war deshalb wichtig, damit das überflüssige Wasser nach dem Gießen leichter ausrinnen konnte. Nachher legte ich die Gießrose über die Lade und ließ die Erde mit Hilfe der Wasserleitung 12 Stunden lang langsam begießen. Dies mußte langsam geschehen, damit die Bakterienflora sich vermehren konnte, der Boden aber nicht soviel Wasser bekäme, daß sich die Tiere excystieren konnten. Vorerst wollte ich ihre natürliche Nahrung besorgen. Nach 12 Stunden stellte ich die Gießrose auf gewöhnliches Spritzen ein. Ca. 6 Stunden darauf bevölkerte sich die Wasserhülle, welche die Erdschollen umgab, mit mannigfaltigen Ciliaten (*Nassula*-Arten, Chilodonellen, Colpoden, kleineren Oxytrichen). In der 9. Stunde — gerechnet vom Bespritzen — ist auch *Kahlia* erschienen. Das Erscheinen dieser Tiere habe ich folgendermaßen kontrolliert: ich ließ eine hohle Pipette machen, welche ich mit Brunnenwasser füllte; deren Inhalt goß ich auf den Fleck, woher ich die Protozoen bekommen wollte. An der Stelle des Ausgießens entstand eine kleine Pfütze, welche ich schnell wieder aufsaugen ließ. Das Aufsaugen riß die sich in den Spalten der Erdschollen befindenden Tiere auch mit.

Es hat sich also herausgestellt, daß *Kahlia simplex* ein Erdlebewesen ist, aber aus dem obenerwähnten ließ sich folgern, daß sie nur bei stärkerem Regen aus der Cyste hervorkommt. Um das zu entscheiden, bin ich folgendermaßen verfahren: ich stellte die Deckplatte auf die Mitte der Objektplatte; die vom Regen verschieden

aufgeweichten Erdschollen streute ich um die Objektplatte, dann ließ ich mit steriler Pipette Leitungswasser aufsaugen und begoß den Rand der Deckplatte. Im Moment ist das Wasser unter die Deckplatte geronnen und hat auch die sich an den Erdschollen befindenden Lebewesen mitgerissen. So ist die Frage entschieden, daß unser Tier nur bei größerem Regen in der Wasserhülle der Erdschollen vorkommt. Deshalb gelingt unsere obenerwähnte Zucht nur im Frühling und Herbst; denn im Winter wird sie durch das Eis, im Sommer durch die Trockenheit verhindert. Gelegentlich der Lebenduntersuchung sind das Schicksal des teilenden Tieres betreffend viele Fragen aufgetaucht: wie oft sich die von einem *Kahlia*-Individuum ausgehenden Nachkommen in 24 Stunden teilen? Also wie fruchtbar die *Kahlia*-Art sei? Ob die Nachkommen eines Individuums zeitliche Teilungsferne haben? Wenn ja, wie groß ist dieselbe? Es ist eine Sonderfrage, gehört aber doch hierher: die Frage des Konjugierens. Alle diese Fragen sind meistens technische Fragen.

Zur Lösung der obenerwähnten Fragen war es die wichtigste Aufgabe, die reine Zucht eines einzigen Individuums festzustellen. Zu diesem Zwecke verwendete ich zweierlei Zuchtmethoden; die eine Methode war die — in meiner vorigen Arbeit mitgeteilte — durch Untersuchung festgesetzte Knopsche physiologische Lösung (s. J. v. Horváth, 1934); in diesem Falle habe ich zur Nahrung Proteus X-Bacterium benützt. Aus der Proteus X-Agar erzeugten Grundzucht entnahm ich für das zur Zucht abgesonderte Individuum. Diese Untersuchung, welche ich im Leitzschen Mikroaquarium verrichtete, gab mir kein sicheres Ergebnis, aus zweierlei Gründen: damit die abgesonderten Tiere nicht abmagern und in der Teilung nicht gestört werden, mußte ich die Bakteriennahrung ausgiebiger machen. Das Übermaß der Bakterien aber änderte bedeutend die chemischen Verhältnisse des Wassers: also, ich konnte keine übereinstimmenden Ergebnisse bekommen. Dazu kam noch, daß die Dosis der Bakterien infolge ihrer Unbemessenheit bei parallelen Untersuchungen nicht von gleichem Maße sein konnte. Aus dem Gesichtspunkte der Zusammengleichung eigneten sich die von Weyer empfohlenen Grünalgen auch nicht (Weyer, 1930), laut eben denselben Gründen, wie wir es beim Falle des Bakterien gesehen haben.

Zur Ausschaltung der erwähnten Schwierigkeiten und Nachteile suchte ich eine ganz neue Zuchtmethode: aus der — schon obenerwähnten — Zucht mit Kalbblut — als in der Zucht die Teilung wegen der optimalen Verhältnisse die größte war — habe ich von der Oberfläche 200 ccm pipettiert, und kochte diese Menge mit Hilfe

eines Wasserbades in einer geschlossenen Glasröhre. Eine wichtige Einzelheit meines Verfahrens war auch, daß ich die Glasröhre nur dann in das Wasserbad legte, als dasselbe schon 100 C° erreichte; hierdurch sind nämlich die aus der Zucht genommenen Bakterien und Protozoen — welche in dem Fluidum waren — nicht durchgekocht, nur koaguliert worden. So verfertigte ich die formierte Nahrung, die Bakterienbrühe, zugleich aber einen Nahrungsgrund. Diese „Bakterienkonserve" verfault 5—6 Tage nicht, auf Eis kann sie noch länger gehalten werden. Aus der Grundlösung, welche in einem auf 65—70 C° erhitzten Thermostaten war, nahm ich nach Bedarf mit über der Flamme sterilisierter Pipette, wodurch die Möglichkeit einer bakteriellen Infektion fast ausgeschlossen wurde. Ich sorgte auch dafür, daß das zur Zucht ausgewählte Individuum an seinem Körper keine Bakterien in die Nahrungslösung einschleppt. Das ausgewählte Individuum brachte ich nach 5—6maligem Wechsel der Nahrungslösung in die endgültige Zucht, wo ich es, nach kurzem Teilungsabschnitt, immer wieder in neue Lösung legte. (Bezugnehmend auf die Fixieruntersuchung siehe die Arbeit des Verfassers von 1934.)

Der Lebensraum von *Kahlia simplex*.

Kahlia simplex, wie ich das schon bei der Untersuchungsmethode erwähnte, ist ein Protozoon des Humus und lebt ausschließlich an der Oberfläche des Bodens. Daß unser Tier wirklich in den oberflächlichen Schichten bzw. Erdschollen lebt und in der Tiefe zugrunde geht, gelang mir folgendermaßen zu beweisen: ich nahm von der Oberfläche des Bodens ungefähr $^1/_2$ kg Erde, in welcher lebensfähige Cysten in großer Menge vorkamen, wie das die Probezucht mit Kalbblut zeigte. Diese Erde legte ich in ein Glasgeschirr von 15 cm Diameter. Dann nahm ich vom gleichen Fleck, aber aus einer Tiefe von ca. 50 cm ungefähr 1,5 kg Erde und schichtete diese auf die Oberfläche der anderen Erde. Ich hielt sie so 5 Monate lang; inzwischen begoß ich sie regelmäßig mit Leitungswasser. Nach 5 Monaten spaltete ich das Glasgefäß an der Grenze der zwei Erdschichten und hob es zusammen mit der Erde der oberen Schicht ab. Aus der Erde, welche am Grunde des Gefäßes blieb — welche vorher im Garten an der Oberfläche war —, bemühte ich mich umsonst, eine Zucht mit der obenerwähnten Methode herzustellen; die in die Tiefe der Erde gekommenen Cysten sind also zugrunde gegangen.

Wenn infolge von größerem Regen sich der Lebensraum der *Kahlia* auch gestaltet, so hat das zum Vorschein gekommene, excystierte Tier, ein ganz anderes Leben in dem die Erdschollen umgebenden

Wasser als in der Zimmerzucht. Die in der Zucht von unten nach oben strömenden Zersetzungsprodukte und die damit verbundene sukzessive Abnahme des Oxygens zwingen die Tiere auf die Oberfläche, wo sich die von derselben Ursache hinaufgetriebenen Bakterienhäutchen bilden und dem Tier hier ausreichend Nahrung sowie Oxygen geboten wird. Aber nicht so an der Oberfläche des Bodens. Die sich an der Oberfläche des Bodens bildende Wasserhülle — gemessen zu ihrem Rauminhalt — berührt sich auf großer Fläche mit Luft, bekommt also Oxygen in genügendem Maße. Außerdem hat es sich von *Kahlia simplex* erwiesen, daß sie nicht übermäßig oxygenliebend ist. Das stellt sich auch dadurch heraus, daß, wenn wir z. B. eine Zucht mit Gelatine mit Leitungswasser begießen (nach Pringsheim hergestellt), die Tiere am Grunde des Gefäßes bleiben und nur später, gejagt vom stärkeren Zerfall der Gelatine, an die Oberfläche kommen. Wir haben aber auch andere Beweise: eine gewisse Zucht mit Gelatine halten wir durch mehrere Tage auf 32—34° C; dann mindern wir sukzessive die Temperatur der Zucht bis auf die Zimmertemperatur herab. Wenn wir aus der großen Zucht etwas in eine Embryum-Schale geben und durch die Pipette hineinblasend, Oxygen in die Nahrungslösung mischen, stellen die Tiere ihre Bewegung fast ein, und fallen ein wenig aufgebläht auf den Grund des Geschirrs herab, obwohl sie sich noch in der zur Zimmertemperatur herabgeminderten Grundzucht lebhaft bewegen. Was geschah also hier? Die Erklärung ist einfach: mit der Hebung der Temperatur ändern sich die Salzwirkung übermäßig, mit der Hebung der Temperatur der Grundzucht trieben wir eine große Menge Oxygen heraus, aber die Tiere vertrugen das vortrefflich; als wir aber die Zucht umgemischt hatten, gelangten die Tiere zu größerer Menge Oxygen und bekamen Oxygenvergiftung.

Die wenig Oxygen bedürfende *Kahlia* aber bleibt in der Wasserhülle des scheinbar oxygenreichen Bodens dennoch am Leben, weil im humusreichen Boden ständige Oxygenbindung entsteht, eben durch die diesen Boden kennzeichnende Fäulnis. Außerdem findet sie ihre Nahrung nicht an der Oberfläche des Wassers, wie wir im Falle der Zucht merken können, sondern an der Oberfläche des Erdbodens, also dort wo die Oxygenbindung fortwährend besteht.

Nahrung und Ernährung der *Kahlia simplex*.

Unser Tier ernährt sich von den an der Bodenoberfläche lebenden Bakterien, Amöben, kleineren Ciliaten; aber wenn ich es einseitig mit grünen Algen ernährte, aß es auch diese; diese Zucht war aber

individuenarm, zum Zeichen, daß sie diese Nahrung nur aus Not verzehren. Auf im Wasser geweichten Brot, Erdapfel, Ei, Fleischbrühe, züchtete ich verschiedene Bakterien. In der reinen Zucht gezüchtete Kahlien ernährte ich gesondert mit diesen Bakterien und jede erwies sich als fortpflanzungsfähig.

Obwohl mir keine nitrifizierenden und denitrifizierenden Bakterien zur Verfügung standen, die *Kahlia* aber sich mit zahlreichen anderen Bakterien ernähren kann, ist es anzunehmen, daß sie nicht wählerisch ist. Von Schaden kann also keine Rede sein, vielmehr wenn wir den Verfall der beim Bodenumdrehen in die Tiefe gekommene Individuen betrachten, ist die *Kahlia* geradezu ein Nutzen für die Pflanzenwirtschaft. Die *Kahlia* weidet eigenartig ihre Nahrung, wenn sie darauf angewiesen ist. In der frischen Zucht, wo massenhafte freischwimmende Nahrung zur Verfügung steht, treibt sie dieselbe mit Strudeln zum Munde. Wenn sich aber die Nahrung an irgendeine Oberfläche ansetzt, so in der Kultur, auf dem verdickten und mit Exkretionserzeugnissen zusammengeflochtenen Häutchen, oder in der Natur an der Erdschollenoberfläche, oder in deren kleinen Ritzen verwendet sie ihr Strudelorgan als Besen und kehrt damit ihre Nahrung zusammen. Das ist leicht zu beobachten, wenn das im Mikroaquarium befindliche Tier Proteus X zur Nahrung hat, welcher, wie bekannt, stark klebrige Kolonien bildet. Das Tier bewegt sich minutenlang gar nicht, stutzt nur zuweilen, so daß es mit seiner Unbeweglichkeit vor den Augen des Betrachtenden fast verschwindet, nur das Wirbelorgan kratzt und kehrt fortwährend an der Oberfläche der Bakterienkolonie.

In Bresslauschen Opalblau- oder Cyanochinpräparaten kann man gut beobachten, daß auf der Pellicula von *Kahlia* zahlreiche Bakterien angeklebt sind; die Kahlien einverleiben sich diese auch nach Bedarf. Legen wir eine beträchtliche Zahl von Kahlien in wenig Zuchtwasser, so fressen sie nach einigen Stunden die verfügbare freischwimmende Nahrung auf, und sammeln sich in eigenartigen kleineren Massen, Truppen. Sie schlecken und kehren voneinander die Bakterien ab. Zwischen diesen Truppen und Kreuzpunkten stehen fast ganze Straßen frei und wenn sich irgendwo auf dem Leibe der Tiere die Bakterien verringern, schwimmen sie in diesen kleinen Gassen einer neuen Gruppe zu. Sie trachten in die Mitte der Kreuzpunkte hineinzukommen, um so die Bakterien vom Leibe ihrer Genossen in größerem Maße abkehren zu können. Dies alles beweist, daß *Kahlia* ein stark gefräßiges Tier ist.

Teilung.

Der oben geschilderte Lebensraum von *Kahlia simplex* wäre eine große Gefahr für die Zukunft der Gattung, hätte sie nicht eine so schnelle Teilung. Die Wasserhülle des Erdschollens verdunstet schnell; so lange in dunstreicher Luft die Verdunstung geringer ist, besteht keine Gefahr. An Frühlingstagen, wenn es nach dem Regen zu schnell trocknet, möchte sich das Tier mit Encystieren helfen, aber das gelingt nicht immer, und in solchem Falle gehen viele Tiere zugrunde. Es ist ein Vorteil für die Art, daß sie so geschickt und gefräßig ist, denn so kann sie sich schneller teilen und aus den vielen Individuen geraten in beträchtlichem Maße einige dorthin, wo mehr Wasser vorhanden ist und wenn die Verdunstung stärker ist, haben sie genügend Zeit zum Encystieren.

Die Teilungsschnelligkeit des Tieres beobachtete ich in der bei den Untersuchungsmethoden erwähnten gekochten Bakterienzucht. Ich wählte ein Individuum aus, dessen Nachkommen ich unmittelbar nach der Teilung absonderte und bei gleicher Bedingung weiter züchtete. Es hat sich herausgestellt, daß ein Individuum während 24 Stunden: 4 Generationen, also 16 Nachfolger zustande bringen kann; es ist sogar vorgekommen, daß es in dieser Zeit (24 Stunden) 5 Generationen, also 32 Nachfolger zeugte. Beim ersten Fall können in 2 Tagen 256, beim zweiten Fall aber schon 1024 Einzelwesen erhalten werden. Aber wie wir sehen werden, ist dies nur eine annähernde Zahl, denn außer den zufällig Eingegangenen verursacht auch die Individualität in der mathematischen Rechnung eine Verschiebung. Aber wenn die angeführte Zahl auch nur annähernd ist, kann man sich das riesige Maß der Fruchtbarkeit vorstellen.

Eine Folge der Individualität ist der Umstand, daß sich auch unter gleichen Lebensbedingungen z. B. von einem Elternpaare stammenden Glieder der zweiten oder dritten Generation nicht zu gleicher Zeit teilen; die eine früher, die andere später. Ich bemühte mich, einen rein mechanischen Grund hierzu zu finden und nahm an, daß das hintere Individuum, welches in der Teilung mehr neue Organellen bildet, als das vordere, also einen größeren materiellen Verlust erleidet, sich aus diesem Grunde später teilen würde. Diese Voraussetzung wurde durch mein Untersuchungsergebnis teilweise unterstützt, denn der erste Teil des sich teilenden Tieres regenerierte sich völlig; daß aber das Individuum aus dem hinteren Körperteil doch schwächer ist, wird durch den Umstand bewiesen, daß die aus derselben Teilung entstandenen zwei neuen Individuen, in Leitungs-

wasser, also zum Zuchtwasser gemessen, in ein Wasser von minderer Konzentration versetzt und dort ernährt, verschieden reagierten. Das aus dem ersten Körperteil des Muttertieres stammende Individuum blieb am Leben und teilte sich sogar weiter, der Nachkomme des hinteren Körperteils des Muttertieres ging dagegen zugrunde. Auch die pulsierende Vakuole des letzteren funktioniert immer stärker, als die des ersteren. Der Unterschied der Vakuolenfunktion bezieht sich auch auf die gewöhnliche Zucht. Das aus dem hinteren Körperteil des Muttertiers entstandene neue Individuum geht aber trotz solchem Nachteile seiner Schwesterzelle in der Teilung voran. Diese am Anfang des Lebens mit Nachteil beginnende und Nachteile ersetzende Eigenschaft konnte ich nur mit dem Individuellsein erklären.

Aber es soll eine Untersuchung von meinen drei Untersuchungsreihen vor uns stehen, welche außer dem bisher Erwähnten noch manches anders erklärt.

Ich wählte am 26. Mai 1933 nachmittags 6 Uhr ein Tier, um es in einer schon obenerwähnten gebrühten Zucht gesondert zu züchten. Diese Zucht geschah bei Zimmertemperatur, in einer in Halbdunkel gehaltenen und bedeckten Schale. Nach jeder Teilung sonderte ich die neuen Individuen ab. Die Seiten der Schalen signierte ich der Erleichterung halber mit Diagrammen. Die Diagramme waren: F: Die Generation, der nebenstehende Index bedeutete, von dem Muttertier ausgehend, die Reihenzahl der Enkelgeneration. In Klammern die Bezeichnung, aus welchem Körperteil des Muttertiers das neue Individuum entstand. Z. B. (e): aus dem ersten Körperteil, (h): aus dem hinteren Körperteil; aber bei der zweiten Generation F_2 bezeichnete ich, sowohl die alte als neue Gliederung des Körperteils, z. B. (e)(e); die erste Hälfte des ersten, (e)(h): der hintere Teil des ersten; (h)(e): die erste Hälfte des hinteren; (h)(h): die hintere Hälfte des hinteren Teils. — Im weiteren bezeichnete ich mit den gepaarten römischen Ziffern die hintere Hälfte des unmittelbaren Muttertieres, mit den unpaaren Ziffern aber die erste Hälfte desselben.

27. Mai	nachm.	3	Uhr	52	Min.	F_1	(e)	Teilung
	„	4	„	25	„	F_1	(h)	„
	„	10	„	8	„	F_2	(e)(h)	„
	„	10	„	30	„	F_2	(h)(e)	„
	„	11	„	32	„	F_2	(e)(e)	„
	„	11	„	50	„	F_2	(h)(h)	„

28. Mai	vorm.	6	Uhr	28	Min.	F_3	(e)(h)	I.	Teilung
	„	6	„	42	„	F_3	(h)(e)	I.	„
	„	7	„	18	„	F_3	(h)(e)	II.	„
	„	7	„	50	„	F_3	(e)(h)	II.	„
	„	9	„	43	„	F_3	(e)(e)	II.	„
	„	9	„	56	„	F_3	(h)(h)	I.	„
	„	10	„	—	„	F_3	(e)(e)	I.	„
	„	10	„	50	„	F_3	(e)(e)	I.	„
	„	11	„	2	„	F_3	(h)(e)	I.	„ usw.

Aus diesen hier mitgeteilten Angaben stellt sich heraus, daß die Nachkommen des Tieres — von welchem der Ausgang unserer Zucht geschah — eine ungemein große Streuung haben bezüglich der Zeit der Teilung. Es kommt also daher, daß in einer reinen, mehrtägigen — also von einem einzigen Individuum ausgehenden Zucht — immer teilende Wesen zu finden sind. Im Anfang ist die Abweichung, wie es aus den obigen Angaben ersichtlich, in der Teilungszeit der Geschwister und Geschwisterkinder sehr klein, aber bei den zweiten Geschwisterkindern ist das Abweichen schon sehr stark. Z. B. zwischen F_3 (e)(h) I. und F_3 (h)(h) I. ist der Unterschied 4,5 Stunden.

Aus dieser Untersuchung zeigt sich auch das, daß beim Beginn der Untersuchung, wenn die Teilungsgeschwindigkeit eines Nachkommens aus irgendeinem Körperteil kleiner ist, als die seines Bruders, der Nachteil während der weiteren Teilung vergrößert wird, einerseits durch den erlahmenden, andererseits durch den beschleunigten Takt. Die Beschleunigung übersteigt aber maximal die fünfmalige tägliche Teilung nicht, das Erlahmen dagegen vermindert sich auf eins, in einigen Zweigen tritt sogar völlige Encystierung auf.

Die erwähnte Eigenschaft der guten und schlechten Vermehrung hat einen vorläufig noch unerklärbaren, erblichen Grund. Die Klärung dieser Wirrnis hat viele Hindernisse, das wichtigste darunter ist der Umstand, daß die oben geschilderte Erscheinungsreihe zu den Mendelschen Regeln mit Reduktionsteilung nicht paßt. Daher bleibt es eine offene Frage, wie sich hier die anzunehmende latente Eigenschaft — welche in meinen Untersuchungen die gut oder schlecht vermehrende Eigenschaft charakterisieren könnte — bei den Nachkommen teilt. Das gute oder schlechte Vermehrungsvermögen wurde in meinen Untersuchungen oft nur bei F_{10}, sogar einmal F_{16} klar. Aber wie viele Vorgänger kann F zurück bis in die Konjugation haben? Ich hätte auch von der Konjugation ausgehen sollen, also von der Stelle aus, wo die Eigenschaften zweier

Wesen sich vermischten. Aber hier steckt noch eine Schwierigkeit: die konjugierenden Wesen teilen sich nicht, sondern encystieren sich und es gelang mir nicht, solch eine Doppelcyste ins Leben zu rufen.

Meine Untersuchung erstreckt sich auch auf die Teilung eines Individuums. Beim Beginn der Teilung unterscheidet sich das Tier von seinen Mitgenossen gar nicht. Es ist ruhig, schreitet und schwimmt. Scheinbar ändert sich auch sein Körper nicht, aber die im Innern des Tieres vorgehende Änderung, scheint bedeutend genug in den fixierten Präparaten: von den zwei Macronuclei teilt sich der rückwärts liegende mit Quereinschnürung entzwei. Ca. 4 bis 5 Minuten darauf schnürt sich auch der vordere Micronucleus ein, während dieser Zeit zieht jedoch der hintere Teil des Ventralmacronucleus caudalwärts (s. Fig. 1). Nach einigen Minuten trennt sich auch der schon früher eingeschnürte, in der Mundgrube liegende Macronucleus. Gleichzeitig beginnt der Teilungsprozeß auf der Pellicula. Die zum Mundwinkel führende Cirrenreihe, caudalwärts schreitend, beginnt zu fallen (s. Fig. 2). Dies Ausfallen tritt wahrscheinlich infolge der Wirkung des Ventralmacronucleus auf; der hintere Teil des Ventralmacronucleus hat sich nämlich nicht nur gegen den caudalen Teil gezogen, sondern vom Moment des Fallens verbleibt er eng beim Ectoplasma der Ventralseite. Es geschieht hier dasselbe, was man in der Tier- oder Pflanzenwelt, bei so vielen höheren Organen und Organismen erfahren kann, daß sich der Kern der Zelle bei den polarisiert wirkenden Zellen in der Nähe der wirkenden Oberfläche befindet. Bei unserem Tiere steigert sich diese wegen der Oberfläche geschehene Kernwanderung im weiteren noch mehr und es schließt sich der Micronucleus dem Macronucleus an. Es scheint, daß mit der Wanderung das Aufsaugen der älteren Organe

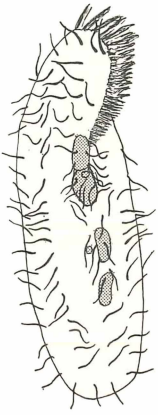

Fig. 1. Der bauchseitige Macronucleus zerteilt sich; zu der Mundecke führende Cirren beginnen aufzusaugen. Gefärbt mit Osmium-Gentianaviolett nach v. Gelei. ca. 240 ×.

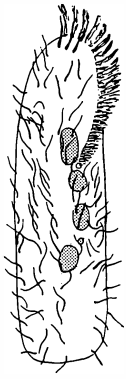

Fig. 2. Beim Mund liegender Macronucleus wird auch geteilt. Das Präparat gefärbt wie das vorige. Vergr. ca. 240 ×.

einhergeht und die Ausbildung der neueren Organe aus der neueren Stellung der beiden Kernteile gefolgert — kann möglicherweise die Wirkung der Kerne sein.

Die zum Mundwinkel führende Cirrenreihe fällt noch kaum bis zum Dreiviertel des Leibes aus und der Micronucleus ist noch vierteilig, wenn neben der bis zur Hälfte ausgefallenen Cirrenreihe der ungeordnete Körnchenhaufen erscheint. Die Form des Körnchenhaufens ist ungefähr in der Richtung der Cirrenreihe gedehnt und bildet den Grund des neuen Strudelorgans (Fig. 3), aber auf dem Gebiete, wo sich diese bilden (wie Fig. 2 zeigt), sind die Cirren noch unverändert, also der Basalkörper der Membranellen ist unabhängig vom Endleib zustande gekommen. Kurz darauf wachsen aus den rechtsseitigen Gliedern des ungeordneten Körnchenhaufens winzige, sehr dünne Cilien heraus. Später schmelzen die ventralseitigen Micronuclei zusammen. Die Stelle der Zusammenschmelzung wird durch einen Querstreifen bezeichnet; die Formen sind gedehnt, oval. — Aus den Gliedern der zur Mundgrube führenden Cirrenreihe sind nur mehr wenig erhalten (Fig. 4); dann schmelzen auch die Mund-Macronuclei zusammen; der Querstreifen — die Stelle der Zusammenschmelzung — bleibt noch hier, aber eben dann beginnt sich caudalwärts eine andere Cirrenreihe aufzusaugen. Kurz darauf beginnt sich der caudale Teil des neuen Wirbelorgans medialwärts einzukrümmen, und die Bildung der neuen Organellen schreitet noch mehr vor (Fig. 5).

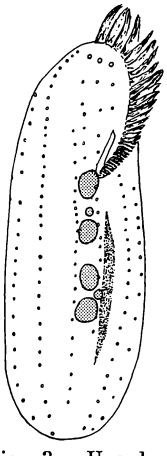

Fig. 3. Unordentliche Ausbildung, der Basalapparat der neuen Membranellen. Das Präparat gefärbt wie das vorige. Vergr. ca. 240 ×.

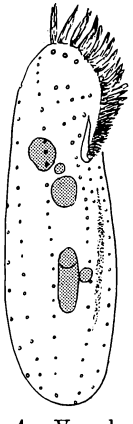

Fig. 4. Verschmelzender bauchseitiger Macronucleus. Fixiert mit subl.-alk. Phosphorwolframs. nach J. v. Horváth, gefärbt mit Malory-J. v. Horváth. Vergr. ca. 240 ×.

Bis zu diesem Zustand bilden sich neue Cirren, bzw. Tastborsten nicht; dann tritt der Kern in ein neues Stadium. Die Micronuclei beginnen sich mitotisch zu teilen und damit gleichzeitig geschieht eine zweibahnige Weiterentwicklung; erstens: die Ausbildung der Membranellen des neuen Wirbelorgans dadurch, daß die Cilien vom

inneren Teile des Leibes marginal, aber auffallender sich in von vorn nach rückwärts ziehende Reihen stellen und zusammenkleben. Zweitens: beginnt die Ausbildung der Cirren und Tastborsten des neuen Individuums. Zuerst beginnen sich die Cirrenreihen des hinteren Wesens auszubilden; dieses Ausbilden setzt sich in der Mitte des Leibes in Gang, wo inzwischen eine neue Cirrenreihe aufgesaugt wurde (Fig. 6).

Auf dem Rücken, linksseitig und in der Mitte, wo der Kern liegt, beginnt gleichfalls zwischen den Cirren und Tastborsten die Ausbildung des Grundleibes der neuen Tastborsten bzw. Cirren. Aber

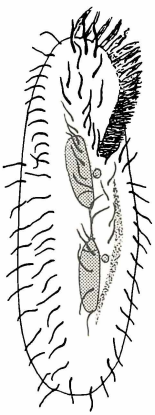

Fig. 5. Die beiden Macronucleusteile verschmelzen sich. Das Präparat fixiert und gefärbt wie das vorige. Vergr. ca. 240 ×.

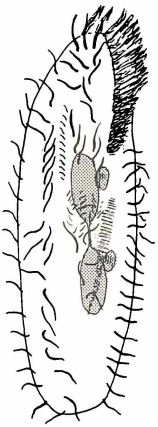

Fig. 6. Die Micronuclei teilen sich mitotisch. Das Präparat fixiert und gefärbt wie das vorige. Vergr. ca. 240 ×.

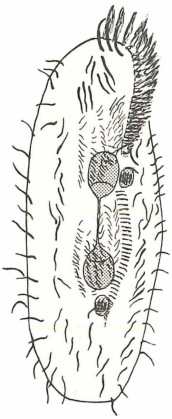

Fig. 7. Die weitere Ausbildung der Cirren. Die Anordnung der Membranellen. Fixiert und gefärbt mit Osm.-Gentiana-Methode nach v. Gelei. Vergr. 240 ×.

die rechtsseitige Cirrenreihe und die nebenanliegenden Grundleibe der stumpfen Tastborstenreihe kommen noch nicht zum Vorschein.

Eine genealogische Spezialität ist es, daß die linksseitige stumpfe Tastborstenreihe und die in der Fortsetzung liegende Cirrenreihe des entwickelten Tieres gleichfalls aus den zwischen den Gliedern der alten Cirrenreihe liegenden Spalten wachsen; noch dazu haben sowohl die Cirren wie die Tastborsten einen einzigen Grundleib und überhaupt sind zu dieser Zeit die Tastborsten und Cirren noch gleichmäßige, schwache biegsame Cilienformen.

Der Kern entwickelt sich noch weiter. Die Macronuclei beginnen sich zu runden, aber die Querstreifen sind noch gut zu sehen. Der

brustseitige Macronucleus zieht bis zur Höhe des Platzes vor dem Munde des Muttertieres hinaus und folgt in seinem Wege dem sich noch immer in Teilung befindenden Micronucleus. Der bauchseitige Micronucleus wandert nach unten, in caudaler Richtung. Zwischen der Hinaufwanderung der brustseitigen Macro- und Micronuclei werden die Cirren vor dem Munde des Muttertiers aufgesaugt und abgestoßen, aber zugleich bilden sich die neuen Cirren auch hier. Die alten Membranellen werden aufgesaugt und auch der Ösophagus, aber vom Munde ausgehend, beginnt alsbald ihre Regeneration. Das Ergebnis der Wanderung des bauchseitigen Micronucleus ist das sukzessive Ausbilden der unteren und zugleich neuen Membranellen (Fig. 7).

Bis zu diesem Stadium pflegt das Tier auf dem Fleck zu bleiben, weil die alten Cirrenreihen in der Mitte der Bauchseite schon weg sind, die neue aber zur Bewegung noch unfähig ist; das alte Strudelorgan steht, wie wir schon oben gesehen haben, noch vor dem Regenerieren. Zufolge dem Bestehenbleiben der Seitencirren ist es noch fähig, zwischen den Erdschollen fortzukommen, was beim Eintrocknen für das Tier ein Vorteil ist: es kann sich in tiefere Gebiete schleppen, wo noch Wasser steckt und die Teilung kann noch vor sich gehen.

Die Teilung des Tieres geht weiter vor sich. Die mitotische Teilung des bauchseitigen Micronucleus wird beendet, dann wird der geteilte Micronucleus aufgesaugt. Die zwei Macronuclei schmelzen zu einer Kugel zusammen und nehmen im Mittelteil des Leibes Platz; daneben hängt noch der verbliebene, sich mitotisch teilende Micronucleus. Zugleich bildet sich die rückenliegende rechte Cirrenreihe aus und auch die neben ihr selbständig stehende stumpfe Tastborstenreihe, sowie die Cirren der Bauchseite, die zum Munde der zwei neuen Wesen führen (Fig. 8).

Die mitotische Teilung des Micronucleus wird beendet: er wird zu zwei Micronuclei und es beginnt die Einschnürung des Macronucleus (Fig. 9). Gleichzeitig vermehren sich die Anlagen der Cirren, aber diejenigen der Tastborsten bleiben in der Einzahl. Die Cirren beginnen stark zu wachsen, das Wachsen der Tastborsten aber bleibt stehen. Die Glieder der ausgebildeten Cirrenreihen beginnen sich voneinander zu entfernen.

Als ein bisher noch unbekannter Fall kann es vielleicht von Interesse sein, daß die rechts- und linksseitigen Cirrenreihen auf die neuen Tiere verteilt werden. Die Nachkommen erhalten diese zur Hälfte, wodurch ihre Zahl immer abnimmt. Das ist schon das Endstadium der Teilung, wenn das Plasma seitlich stark anschwillt, jetzt knüpft nur mehr ein dünnes Häutchen den Micronucleus der zwei

neuen Wesen zusammen (s. Fig. 10). Dann beginnt das Einschnüren. Die aus den Bauchgliedern des Muttertiers entstandenen Wirbelorgane der neuen Wesen biegen sich bei der Brustseite stark ein. Es bilden sich die Mundorgane und der Ösophagus beider Tiere. Inzwischen kommen die neuen Cirren und Tastborsten an ihre Stellen.

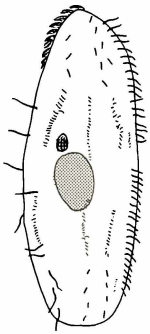

Fig. 8. Von der Dorsalseite her betrachtet. Die Micronuclei sind aufgelöst. Nur ein einziger Micronucleus bleibt zurück, der teilt sich mitotisch. Die Lage der neuen und alten Tastborsten. Sonst wie das vorige.

Fig. 9. Von der Bauchseite her betrachtet. Nach der mitotischen Teilung die sich teilenden Micronuclei. Der Macronucleus schnürt sich ein. Nach subl.-alk. Phosphorwolframs. (nach v. Horváth) mit Malory-J. v. Horváth gefärbt. Vergr. 240 ×.

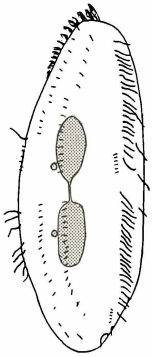

Fig. 10. Die Teilung des Macronucleus. Sonst wie das vorige.

Hier beginnt sich das Tier stark zu bewegen, damit es zur Trennung beihelfe, was in ca. 8 Minuten geschieht. Die ganze Teilung spielt sich in 50—60 Minuten ab.

Konjugation.

Die andere Form der Vermehrung, die geschlechtliche Fortpflanzung, gelang mir in der Natur nicht zu beobachten. Aber auf künstliche Weise gelang es mir, eine Konjugation hervorzurufen, größtenteils mit Gelatinezucht, aber auch erfolgreich mit der beschriebenen reinen Zucht. Mein Verfahren war folgendes: ich hob die Temperatur der in Zimmertemperatur gehaltenen Zucht, im Thermostaten oder an einem erwärmbaren Objekttisch auf 29—34° C. Auf die Wirkung der höheren Temperatur traten massenhaft konjugierende Tiere auf.

In einer Zucht bei höherer Temperatur war die Zahl der sich teilenden Tiere in den ersten 5—8 Stunden häufig genug; ca.

10 Stunden nach der Erhöhung der Temperatur trat die Konjugation auf und damit gleichzeitig verminderte sich die Häufigkeit der Teilung.

Die Quantität der konjugierenden Tiere, vom ersten Auftreten gerechnet, maß ich mit Hilfe einer kalibrierten Pipette in jeder zweiten Stunde. Ich stellte fest, daß sich die Zahl der konjugierenden Tiere bis auf die 24. Stunde hob, von da angefangen aber verminderte, und stufenweise, in der 36. Stunde, vom Ausgehen gerechnet, hörte die Konjugation auf. Es vermehrte sich stark die Zahl der Cysten. Wenn ich die Tiere mit weiterer Temperaturhebung zur Konjugation zu bringen versuchte, war es erfolglos und bei 40° C ist die ganze Zucht encystiert worden.

In einem anderen Fall, als sich bei 34° C nach 36 Stunden die Konjugation einstellte und die Temperatur sich auf die Zimmertemperatur verminderte und diese sich nach 24 Stunden wieder auf 29—34° C hob, begann die Konjugation von neuem. Dies könnte beweisen, daß sich die Tiere nach gewisser Zeit bis zu einer gewissen Grenze auch an die höhere Temperatur gewöhnen können (beim Fall unseres Tieres bis auf 40° C).

Diese künstliche Konjugation ist, obwohl das Verfahren als erfolgreich betrachtet werden kann, nach der Zahl der nicht konjugierenden Tiere gemessen, nicht zahlreich. Es konjugieren höchstens etwa 7 Proz.

Die prozentuelle Gestaltung der Konjugation hat hauptsächlich zwei Gründe. Die eine Ursache ist, daß infolge der Erwärmung, wenn diese zu pausieren beginnt, ein Teil bis zu einer Größe von 300—400 μ wächst. Diese Formen versuchte ich vergebens gesondert konjugieren zu lassen, sie konjugieren weder miteinander, noch mit einem jüngeren Individuum. Die Macronuclei derselben sind stark deformiert, sie sind gealtert. Die andere Ursache ist — wie ich beobachtete —, daß die sich gleichzeitig teilenden Formen untereinander auch nicht konjugieren. Die Geschwister legte ich vergebens zusammen, sie konjugierten nicht miteinander. Mit Geschwisterkindern aber gelang mir die Konjugation einmal, da zwischen ihnen 2,5 Stunden Altersunterschied war; wo aber auch das ältere von den Tieren nur 7 Stunden alt war. Also jung, aber anisogam, waren auch diese, wie sich das in einem anderen Falle der Konjugation von *Kahlia simplex* erwiesen hat.

Die konjugierenden Individuen schmelzen mit der linken Seite vom Stirnende bis zum Mundwinkel zusammen. Die Konjugation dauert ungefähr 3 Stunden, danach scheiden sich die Tiere nicht voneinander, sondern encystieren sich.

Die Encystierung.

Wenn man in die künstliche Zucht die Nahrung nur mager gibt, oder sogar damit aufhört, encystieren sich die Tiere in 6 Stunden. Beim Beginn der Encystierung (nach ca. 4 Stunden) runden sich die Tiere ab und bilden eine stufenweise dickere, homogene Hülle um sich. Während dieser Zeit zehren sie ihre Wirbelorgane, dann die Bauch-, Seiten- und frontale Cirrenreihe auf; unterdessen, infolge des Zusammenziehens der Cystenhülle, entsteht zwischen ihr und der Pellicula des Tieres eine große Leere, welche vom Tiere wahrscheinlich aus seinem eigenen Leibe mit Wasser angefüllt wird. Später verdickt sich stark die Pellicula, als unmittelbare Plasmahülle. Ungefähr in der 5. Stunde von Beginn der Encystierung gerechnet, zerfällt der Macronucleus. Die pulsierende Vakuole entleert sich nur stündlich, dann nach 5 Stunden nur jede $2^1/_2$ Stunden; nach 8 Stunden hört die Funktion der pulsierenden Blase auf. Gleichzeitig damit erscheint in der Mitte der Cysten eine scheinbar massive, homogene Bildung: der Macronucleus. Die zwei Micronuclei bleiben weiter darin (Fig. 11).

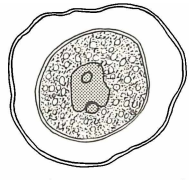

Fig. 11. Eine reife Cyste. Nuclearreaktion nach Feulgen. Vergr. 240 ×.

Wenn ich die Tiere mit Bakterienbrühe fütterte, war die äußere Cystenhülle weit steifer und kleiner als im anderen Fall. Dagegen fand ich in einer mit Strohaufguß gefütterten Zucht sehr große und runzelige äußere Cystenhüllen. (Diese, vom Futter abhängige Gestaltänderung macht also die Bestimmung der Tiere nach Cysten unsicher.)

Excystierung, ausgenommen die Cysten der konjugierten Formen, konnte ich mit portioniertem Futter erreichen. Ca. 5 Stunden nach Eingeben des Futters geht die Excystierung vor sich. Das erste Zeichen der Excystierung ist der Funktionsbeginn der pulsierenden Blase; darauf verdünnt sich die innere Cystenhülle, welche sich aus der Pellicula bildete und das Protoplasma unmittelbar einhüllt, der zentrale Kern teilt sich und der eine Micronucleus beginnt sich mitotisch zu teilen, worauf die Cirren und Membranellen ausgebildet werden. Später zieht sich der Leib des Tieres in die Länge und saugt, die äußere Cystenhülle ausfüllend, dieselbe auf 5—6 Minuten hindurch, so wie alle nach der Teilung befindlichen Tiere, vergrößert und stärkt es seine Bewegungsorgane, bildet das Mundorgan aus, um sein in Ernährung und Vermehrung so mannigfaltiges Leben wiederholen zu können.

Literaturverzeichnis.

Austin, M. L. (1927): Studies on Uroleptus mobilis. Journ. of exp. Zool. Vol. 49.

Baitschell, G. H. (1924): Experiments on the reproduction of the hypotrichous infusoria. Journ. exp. Zool. Vol. 16.

Belar, K. (1928): Die cytologischen Grundlagen der Vererbung. Handb. d. Vererb. Wiss. Bd. 1.

Calkins, G. N. (1902): III. The six hundred and twentieth generation of Paramecium caudatum. Biol. Bull. Vol. 3.

— (1905): Cycles and rhythms and the problem of immortality in Paramecium. Americ. Nat. Vol. 49.

— (1926): The Biology of Protozoa. London (Philadelphia and New York).

Cull, S. W. (1907): Rejuvenescens as a result of conjugation. Journ. exp. Zool. Vol. 4.

Doflein-Reichenow (1926): Lehrbuch d. Protozoenkunde.

Enriques (1908): Die Konjugation und sexuelle Differenzierung der Infusorien. 2. Abh. Lehrbuch d. Protozoenkunde Bd. 12.

— (1916): Duemila cinquecento generazione in un infusorio, senza conjugazione ne partenogenesi, ne depressioni. Rendiconto della Sessioni della R. Accad. de Sc. dell' Instituto di Bologna.

Entz, G. (1931): Miért pusztulnak ki véglény tenyészeteink? Tihany-Budapest.

Erdmann, R. (1922): Art und Artbildung bei Protozoa. Biol. Zentralbl. Bd. 34.

Erdmann, R. u. L. L. Woodruff (1914): Vollständige Erneuerung des Kernapparates ohne Zellverschmelzung bei reinlinigen Paramecien. Biol. Zentralbl. Bd. 34.

Fermor, X. (1913): Die Bedeutung der Encystierung bei Stylonichia pustulata Ehrbg. Zool. Anz. Bd. 42.

Gelei, J. v. (1927): Eine Osmium-Toluidin-Methode für Protistenforschung. Mikrokosmos 20. Jahrg.

— (1929): Ein neuer Typ der hypotrichen Infusorien aus der Umgebung von Szeged. Arch. f. Protistenk. Bd. 65.

Hartmann, M. (1914): Allgemeine Biologie. Jena.

Hertwig (1903): Über Korrelation von Zell- und Kerngröße und ihre Bedeutung für geschlechtliche Differenzierung und Teilung der Zelle. Biol. Zentralbl. Bd. 23.

— (1914): Über Parthenogenesis der Infusorien und die Depressionszustände der Protozoa. Ibid. Bd. 34.

Horváth, J. v. (1932): Ein neues hypotriches Infusor, Kahlia acrobates nov. gen. nov. sp. Arch. f. Protistenk. Bd. 77.

— (1934): Kahlia simplex nov. sp. alkata, élettani megvilágitásban. Acta. Biol.

Jollos, V. (1916): Die Fortpflanzung der Infusorien und die potentielle Unsterblichkeit der Einzelligen. Acta. Biol. Bd. 36.

Kahl, A. (1930—31—32—35): Protozoa, Ciliata, 1., 2., 3., 4., 5. Teil.

Krause, R. (1927): Enzyklopädie der mikroskopischen Technik. 3. Aufl. Berlin und Wien.

Losina-Losinsky, L. K. (1931): Zur Ernährungsphysiologie der Infusorien: Untersuchungen über die Nahrungswahl und Vermehrung bei Paramecium caudatum. Arch. f. Protistenk. Bd. 74 H. 1.

Popoff, N. (1907): Depression der Protozoenzelle und der Geschlechtszellen der Metazoen. Arch. f. Protistenk. Suppl.-Bd. 1.

Popoff, N. (1909): Experimentelle Zellstudien. III. Über einige Ursachen der physiologischen Depression der Zelle. Arch. f. Zellforsch. Bd. 4.

Prandtl, H. (1906): Die Konjugation von Didinium nasutum O. F. M. Arch. f. Protistenk. Bd. 7.

Romeis, B. (1928): Taschenbuch der mikroskopischen Technik. 12. Aufl.

Spenzer, H. (1924): Studies of pedigree culture of Paramecium calkinsi. Journ. Morph. Vol. 39.

Stranghöner, E. (1932): Teilungsrate und Kernreorganisationsprozeß bei Paramecium multimicronucleatum. Arch. f. Protistenk. Bd. 78 H. 2.

Unger, W. B. (1926): The relation ship of rhythmus to nutrition and excretion in Paramecium. Journ. Exp. Zool. Vol. 43.

Woodruff, L. L. (1905): An experimental Study on the life history of hypotrichous infusoria. Journ. Exp. Zool. Vol. 2.

— (1915): The problem of rejuvenescence in Protozoa. Bioch. Bull. Vol. 4.

— (1914): Rhythms and Endomixis in various races of Paramaecium aurelia. Biol. Bull. Vol. 33.

— (1925): The physiological significance of conjugation and endomixis in the infusoria. Americ. Nat. Vol. 69.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Protistenkunde

Jahr/Year: 1935

Band/Volume: 86_1935

Autor(en)/Author(s): Horvath J.

Artikel/Article: Beiträge zur Physiologie von Kahlia Simplex. 482-499