

Mitteilungen.

(I.) E. Jahn: Lebensdauer und Alterserscheinungen eines Plasmodiums.

(Myxomycetenstudien Nr. 10.)

(Mit 1 Abb. im Text.)

I.

Die alte Frage nach den Ursachen des Todes, nach den vergänglichen und den ewigen Bestandteilen des Protoplasmas, ist in den letzten Jahren wieder nach verschiedenen Seiten hin Gegenstand der wissenschaftlichen Erörterung gewesen. Man kann fünf Hauptquellen anführen, die, von weit auseinanderliegenden Beobachtungen oder Betrachtungen ausgehend, zur Aufstellung ähnlicher Fragen den Anlaß gegeben haben. Es ist einmal die allgemeine, besonders den Menschen angehende Erscheinung des Alterns und der Alterskrankheiten, dann in der Botanik die angebliche Beobachtung des Absterbens rein vegetativ vermehrter Pflanzen, wie mancher Obstsorten, der Wasserpest, der Pyramidenpappel, in der Protistologie der Gedankenaustausch über die WEISMANNsche Lehre von der Unsterblichkeit der Einzelligen und den Tod als Anpassungserscheinung, in der Pflanzenphysiologie der Streit, der sich im Anschluß an die KLEBSsche These von der Abhängigkeit des Entwicklungsganges, auch der Fortpflanzung, von äußeren Bedingungen entsponnen hat, endlich in der experimentellen Zoologie der Nachweis, daß zur Entwicklungserregung eines Eies selbst bei Wirbeltieren nicht die Befruchtung notwendig ist, sondern unter Umständen ein anderer Reiz hinreicht.

Eine Übereinstimmung der Ansichten ist auf diesen Gebieten in keiner Weise erreicht. Immerhin kann wenigstens bei Metazoen und Metaphyten die Tatsache des Alterns ebensowenig wie die Verjüngung durch die Eizelle geleugnet werden. Als Grund der Alterserscheinungen wird hier ziemlich übereinstimmend (vgl. KORSCHOLT 1917) die Abnutzung bestimmter Gewebe oder Zellen angegeben. Aber schon bei höheren Pflanzen, die durch Pfropfreiser, Ableger, Knollen beständig verjüngt werden, finden wir Zweifel am Auftreten eines senilen Verfalls. Daß derartige Pflanzen

schließlich absterben, wird von den einen behauptet, von den anderen lebhaft bestritten (vgl. MÖBIUS 1897). Noch zweifelhafter wird alles bei Protophyten und Protozoen. Wenn KLEBS sagt, daß alle Fortpflanzungserscheinungen unter der Herrschaft äußerer Bedingungen stehen, so führt dies zu der Folgerung, daß ein einfacher Organismus, etwa das Mycelium eines Schimmelpilzes, bei stets gleichbleibenden Bedingungen gleichmäßig weiter wachsen muß. In der Tat hat KLEBS es auch ausgesprochen, daß er an eine funktionelle Abnutzung der Zellen nicht glaube (1900, S. 108). Aber gerade bei den Protisten, bei Infusorien, scheinen Regulationen zur Verhinderung einer schädlichen Wirkung der Abnutzung vorhanden zu sein. Wenn wenigstens bei *Paramaccium* unter möglichst gleichmäßigen Kulturbedingungen von Zeit zu Zeit eine Depression eintritt, die mit einer Umordnung des ganzen Kernapparats verbunden ist, so kann man diesen Vorgang am einfachsten als eine Anpassung an die schädlichen Folgen einer Abnutzung auffassen.

Das Verhalten eines Plasmodiums hat für all diese Fragen ein besonderes Interesse. Man hat gesagt, daß bei Metazoen und Metaphyten das Altern um so eher eintreten müsse, je größer die Differenzierung der Gewebe sei. Es müssen sich Störungen im Organismus geltend machen, weil die Gewebe in verschiedener Weise in Anspruch genommen, also auch verschieden verbraucht werden. Im Plasmodium haben wir dagegen einen verhältnismäßig großen Vegetationskörper, der vielkernig ist, aber keine Gewebe besitzt. Histologisch ist es ein Organismus ohne Organe. Ebenso interessant ist es, wenn man seine Stellung unter den Protisten betrachtet. Die meisten Plasmodien besitzen ein Eintrocknungsvermögen; davon unabhängig ist gewöhnlich die Sporenbildung, die durch eine Reduktionsteilung eingeleitet wird, also mit sexuellen Vorgängen im Zusammenhang steht. Während bei *Paramaccium*, das kein Eintrocknungsvermögen besitzt, alle Regulationsvorgänge mit der Konjugation zusammenzuhängen scheinen, lassen sich hier die Verjüngung durch Eintrocknung (Sklerotien, Macrocysten) und die durch Sporen getrennt untersuchen.

KLEBS hat im Verlauf seiner Arbeiten über die Abhängigkeit der Sporenbildung von äußeren Bedingungen auch mit Plasmodien Versuche gemacht (1900, S. 19, 39, 75). Er hat *Didymium difforme* und später auch *Didymium effusum* über ein Jahr in Agarkulturen durch Übertragung auf immer neuen Nährboden fortwachsend erhalten, ohne daß die sonst in wenigen Tagen fruchtenden Plasmodien zur Sporenbildung schritten. Daraus schließt er, daß die Entziehung der Nahrung der Reiz ist, der die Fruchtbildung auslöst.

II.

Die hier mitgeteilten Erfahrungen beziehen sich sämtlich auf das Plasmodium von *Badhamia utricularis* Berk. Es ist vor den Didymien, die KLEBS benutzte, durch ein weit größeres vegetatives Wachstumsvermögen ausgezeichnet, und läßt sich sehr leicht mit Pilzen, auf denen es auch in der Freiheit lebt, ernähren. An trockner Zimmerluft bildet es sehr schnell Sklerotien, im Hungerzustand in einem kühlen Raum geht es nach einigen Tagen zur Sporenbildung über.

Den Anlaß, mich mit der Lebensdauer dieses Plasmodiums zu beschäftigen, gaben mir einige Beobachtungen, die ich vom Jahre 1907 an wiederholt machte. Ich hatte am 4. 11. 1906 bei einem Ausflug nach Buckow bei Berlin am Wege ein Plasmodium kriechend auf Pilzen gefunden und mitgenommen, um es für die Untersuchung der Kernteilungen zu benutzen. Es erwies sich als gesund und wachstumsfähig, so daß man es in wenigen Wochen zu riesiger Größe heranziehen konnte. Mir fiel aber auf, daß nach Ablauf von etwa einem Monat trotz guter Fütterung das Wachstum abnahm, und diese Beobachtung konnte ich auch in den folgenden Jahren wiederholen, wenn ich aus eingetrockneten Proben, die zur Zeit des üppigen Wachstums abgenommen waren, das Plasmodium wieder heranzog. Im Jahre 1911 machte ich den Versuch, das Plasmodium einmal möglichst lange bei sorgfältiger Fütterung am Leben zu erhalten. Ich hatte es am 27. 10. 1911 erweckt. Es zeigte zunächst das gewöhnliche gute Wachstum, dann nahm die Kraft langsam ab. Am 10. 1. 1912 sah ich, daß es nicht mehr recht gesund war; am 12. 1. war es unter eigentümlicher Höckerbildung zugrunde gegangen. Ich hatte einen Teil getrennt in einer besonderen Schale gehalten. Er begann aber fast zur selben Zeit die Nahrung abzuweisen und starb zwei Tage später. Die Lebensdauer des ersten Plasmodiums hatte also 77 Tage betragen.

Im nächsten Winter zog ich nun absichtlich mehrere Proben, die von verschiedenen Teilzuchten entnommen waren, unabhängig heran, und suchte sie möglichst lange lebend zu erhalten. Die Lebensdauer erstreckte sich vom

18. 10. 1912. bis zum 3. 1. 1913 : 77 Tage,

18. 10. 1912 „ „ 28. 12. 1912 : 71 „

9. 11. 1912 „ „ 24. 1. 1913 : 76 „

Der Tod erfolgte stets in ähnlicher Weise wie oben beschrieben. Die Dauer des Lebens betrug also 10—11 Wochen. Das üppige Wachstum dauerte bei dem dritten hier angeführten Plasmodium vom 9. 11. 1912 bis etwa zum 19. 12. Dann war eine deutliche Abnahme der Kraft zu merken.

Zunächst war nun die Frage zu beantworten, ob es sich hier um eine individuelle Eigenschaft dieses Plasmodiums Buckow (es sei P. I genannt) handelt, oder um eine allgemeine Eigenschaft der Art. Ich hatte mir zu diesem Zweck schon in den Jahren zuvor alle Plasmodien von *Badhamia*, die ich im Freien fand, mitgenommen und sie weitergezogen, oder wenigstens von ihnen Proben eingetrocknet lassen. Derartige im Herbst im Walde aufgenommene Plasmodien sind übrigens von sehr verschiedener Lebenskraft. Manche sind so zart, daß sie im Laboratorium sofort absterben, wenn man ihnen nicht täglich mehrmals frische Nahrung gibt.

Ich stelle hier die Beobachtungen über einige andere Plasmodien zusammen:

P. II aufgenommen in Finkenkrug am 23. 6. 1912. Neu belebt am 15. 10. 1912.

P. III aufgenommen im Brieselang am 13. 10. 1912 und lebend weitergezogen.

P. IV aufgenommen in Röntgental am 17. 11. 1912 und lebend weitergezogen.

Alle drei wachsen den ganzen Winter über kräftig weiter und werden am 12. 3. 1913 eingetrocknet, weil ich sie einer Reise wegen nicht weiter pflegen kann; das erste hat 145 Tage, das zweite 150 Tage, das dritte 115 Tage gelebt. Alle drei waren bei der Eintrocknung noch durchaus gesund. Die Periode des üppigen Wachstums schien allerdings bei allen vorüber zu sein; sicher hätten sie aber noch lange fortgelebt. Also war die Lebensdauer von 70–80 Tagen eine individuelle Eigenschaft von P. I.

III.

Nach den bisherigen Erfahrungen stand es für mich fest, daß bei gleichmäßiger Ernährung doch mit der Zeit eine Abnahme der Lebenskraft eintritt. Es handelte sich jetzt darum, ein Plasmodium so lange wie möglich lebend zu erhalten und vielleicht den natürlichen Tod an Erschöpfung zu beobachten.

Es ist mir bisher nicht gelungen, diese Absicht wirklich durchzuführen. Ich kann von keinem der Plasmodien, die ich in Pflege hatte, und deren Lebenskraft ich nicht absichtlich vermindert hatte, behaupten, daß sie tatsächlich an Marasmus senilis zugrunde gegangen wären. Sie sind alle vorher, meist infolge irgend eines Versehens bei der Haltung oder Fütterung gestorben. Überhaupt wird es nicht möglich sein, jeden äußeren Anlaß zum Tode auszuschließen. Mir ist es schon aus äußeren Gründen, da ich die Plasmodien in meiner Wohnung halten muß und keinen Thermostaten

zur Verfügung habe, unmöglich, sie unter gleichmäßigen Bedingungen zu halten. Aber selbst wenn Temperatur und Feuchtigkeit immer dieselben blieben, würde schon der Wechsel der Nahrung, die Darbietung neuer Pilzstückchen, auf die sie hinaufkriechen müssen, eine Unterbrechung des bisherigen Gleichgewichts der Bedingungen bewirken können. Ältere Plasmodien, die sehr träge sind, kriechen bisweilen gar nicht auf die neue Nahrung, sondern statt dessen auf das Papier und geraten dadurch, ohne daß man es hindern kann, in den gefährlichen Hungerzustand. Dadurch wird in ihnen, wie schon KLEBS gezeigt hat, der Reiz zur Sporenbildung, d. h. zur Reduktionsteilung der Kerne ausgelöst. Dann sind sie unfähig, weitere Nahrung aufzunehmen, färben sich dunkel und bilden entweder Fruchtkörper oder sterben ab. Mit abnehmender Lebenskraft nimmt diese Gefahr zu, und man wird nie sagen können, ob ein altersschwaches Plasmodium aus inneren Gründen oder einem äußeren Anlaß gestorben ist, ebensowenig wie man bei einem hochbetagten Menschen, der an Altersschwäche stirbt, mit Sicherheit angeben kann, ob nicht eine leichte Erkältung die Todesursache war, die das Herz stillstehen ließ.

Ich gebe zunächst einen kurzen Bericht über die Schicksale des Plasmodiums P. VII, das ich am längsten lebend erhalten habe. Es war am 7. 11. 1915 im Bredower Forst bei Berlin lebend aufgenommen worden. Es erwies sich sofort als sehr kräftig. Als es genügend herangewachsen war, ließ ich es zunächst eintrocknen. Am 13. 4. 1916 wurden verschiedene Proben dieser Sklerotien neu zum Leben erweckt, auf vier Glasschalen verteilt und mit gekochten Pilzstücken, mit *Polyporus versicolor* und *Polyporus betulinus*, gefüttert. Ich konnte während des Krieges auf die Pflege nicht immer die Sorgfalt verwenden, die notwendig war, und verdanke die lange Erhaltung der Plasmodien nur der Vorsicht, daß ich sie so lange wie möglich in 4 Schalen gleichzeitig hielt. So starb der Teil in der einen Schale am 23. 8., am 30. 10. ging der Inhalt einer zweiten Schale ein. Die Schalen wurden jetzt und ebenso später mit Stücken von den gesundgebliebenen Teilen neu besetzt. Am 4. 11. ging wieder ein Teil ein, ebenso starb am 24. 12. wieder eine Schale aus; dasselbe wiederholte sich am 20. 2. 1917 und 4. 3. 1917. Am 28. 5. 1917 gab ich dem Plasmodium der einen Schale Scheiben eines nicht gekochten frischen Fruchtkörpers von *Polyporus squamosus*. Er kroch sogleich hinauf und schien sie gut zu verdauen. Aber 3 Tage darauf sah ich, daß es sich nicht wohl befand und durch die ungewohnte Nahrung vergiftet war. Am 3. 6. war es tot; glücklicherweise hatten die anderen Schalen das ge-

wöhnliche Futter erhalten. Im Juli 1917 war ich einige Wochen verreist und mußte die Pflege fremden Händen anvertrauen. Als ich zurückkehrte, war der Inhalt von 3 Schalen abgestorben, in der vierten war noch ein kleines Plasmodium von der Größe eines Markstückes am Leben. Es wuchs langsam wieder heran, so daß ich nach einigen Monaten wieder 3 Schalen in Pflege hatte. Am 7. 12. 1917 stirbt wieder der Inhalt einer Schale aus, am 17. 2. 1918 bilden sich in einer Schale Sporangien mit völlig normalen Sporen, dasselbe wiederholt sich in einer andern Schale am 2. 4. 1918. Anfang Mai gab ich den Plasmodien in den beiden Schalen, die ich wegen des langsamen Wachstums nur noch zur Verfügung hatte, gekochte Stücke des Maischwamms (*Tricholoma Georgii*). Das Plasmodium hatte 1916 gekochte Hutpilze, selbst *Amanita mappa*, gern angenommen und bis auf schleimige Reste verdaut. Nach einigen Tagen sah ich, daß die Plasmamassen, die in beiden Schalen auf den Pilzen saßen, nicht gesund aussahen. Ich legte sogleich andere Nahrung darauf, um sie wieder herunter zu locken. Es war aber zu spät. Am 16. 5. 1918 war in beiden Schalen der Tod eingetreten.

P. VII hat also vom 13. 4. 1916 bis zum 16. 5. 1918 gelebt, zwei Jahre und einen Monat. Auch hier war die auffälligste Erscheinung während des Lebens die Abnahme des Wachstums. Ich habe mich viel bemüht, für diese Abnahme irgend ein durch Zahlen ausdrückbares Maß zu finden und darauf viele Zeit verwandt. Eine Zeitlang hoffte ich die Kriechgeschwindigkeit als einen solchen Maßstab verwenden zu können. Zweifellos nimmt mit dem Alter die Schnelligkeit der Bewegung ab. Ein kräftiges Plasmodium schiebt seine Front in einer Minute um 90 bis 100 μ vor. Aber die Bewegung ist so wechselnd, von der Breite der Front, der Natur des Substrates, von der Stimmung des Plasmas abhängig, daß man keine vergleichbaren Zahlen bekommt.

In der beistehenden Kurve habe ich eine etwas rohe Methode angewandt. Die Plasmodien wurden in Petrischalen von etwa 15 cm Durchmesser gehalten. Wenn die Schale von ihnen mehr als zur Hälfte erfüllt war, so daß sie nicht mehr genügend freie Bewegung hatten, nahm ich die Plasmamassen heraus und ließ nur ein Stück von der Größe etwa eines Zweimarkstücks zurück. Der Rest wurde getrocknet und, mit dem Datum versehen, aufbewahrt. Je nach dem Alter des Plasmodiums wurde die Räumung der Schale in immer größeren Zwischenräumen notwendig, anfangs nach 4, 5 oder 6 Tagen, dann nach einer Woche, schließlich nach mehreren Wochen. Die punktierte Kurve, die in Abb. 1

eingetragen ist, gibt eine Darstellung dieses Wachstums. Ich habe die Zahl der Sklerotien, die ich in jedem Monat durch die Leerung je einer Schale erhielt, als Ordinate eingetragen (die Bezeichnung der Ordinaten steht am linken Rande), als Abscisse die 25 Monate der Lebensdauer. Wie man sieht, war das Wachstum in den ersten 4 Monaten so kräftig, daß die Schalen sechsmal im Monat, also durchschnittlich alle 5 Tage, geleert werden mußten. Noch im November 1916 war die Abnahme der Kraft im Verhältnis gering; dann aber trat ein jäher Abfall ein. Nach einem Jahre

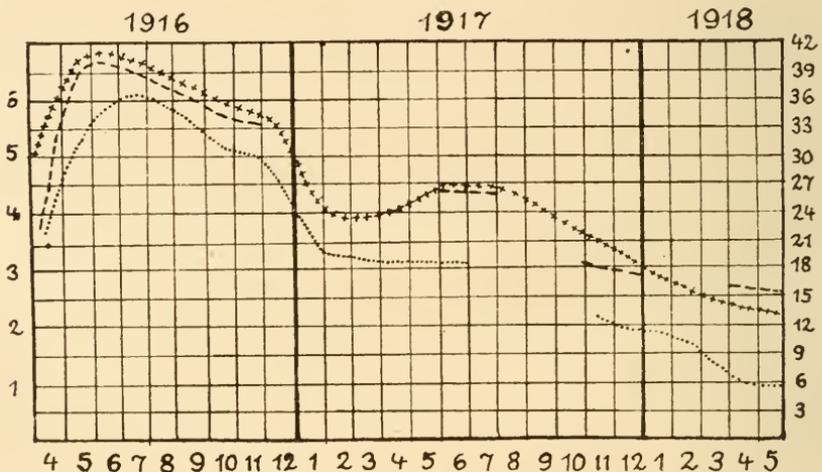


Abb. 1.

ist das Wachstum auf die Hälfte gesunken; in den ersten Monaten des Jahres 1917 senkt die Kurve sich aber langsam. Im Juli mußte wegen der oben erwähnten falschen Behandlung die Gewinnung der Sklerotien so lange ausgesetzt werden, bis ich wieder die Schalen angefüllt hatte. In den letzten Monaten waren 4 Wochen nötig, um eine Schale durch das wachsende Plasmodium zu füllen; nach der letzten Probe, die ich im Mai 1918 eine Woche vor dem Tode erhalten habe, kann man die Zeit schon auf 5-6 Wochen schätzen.

Die Kurve hat nur einen bedingten Wert: sie genügt aber für Veränderungen des Wachstums innerhalb größerer Zeiträume. Bei den Plasmodien, die ich zurzeit beobachte, habe ich bessere Methoden angewandt.

IV.

Die Abnahme des Wachstums ist nicht die einzige Alterserscheinung. Außerdem läßt sich noch eine andere nachweisen, die weit interessanter ist. Sie erregte meine Aufmerksamkeit bei dem oben erwähnten kurzlebigen Plasmodium P. I.

Ich hatte von diesem Plasmodium auch während der 70 bis 80 Tage seines Lebens von Zeit zu Zeit Proben zum Trocknen hingelegt. Der Gedanke lag nahe, die kurz vor dem Tode gewonnenen Sklerotien auf ihre Erweckbarkeit und Lebenskraft zu prüfen. Vielleicht war der Einfluß des nahenden Todes auch hier schon bemerkbar, vielleicht aus inneren Gründen schon zu einer Zeit, in der am Kriech- oder Fressvermögen noch nichts wahrzunehmen war. Die Untersuchung bestätigte diese Vermutung. Als ich zum Beispiel die Sklerotien der Serie von P. I, das vom 9. 11. 1912 bis zum 24. 1. 1913 gelebt hatte, im Dezember 1913 wieder feucht legte und zum Leben erweckte, waren die Sklerotien, die nach dem 11. 1. 1913 abgenommen waren, zwar noch erweckbar, die Plasmodien starben aber nach einer Woche ab. Als ich im November 1914 noch einmal prüfte, waren von allen Proben nur noch diejenigen belebbar, die vom 14. bis 17. 12. 1912 gewonnen waren, also zur Zeit des üppigsten Wachstums des Plasmodiums. Alle andern waren nicht mehr ins Leben zurückzurufen. Im Juni 1915 zeigten nur dieselben drei Proben noch schwaches Leben, die Plasmodien starben aber nach wenigen Tagen.

Offenbar hing also die Abnahme des Wachstums in irgend einer Weise mit einer inneren Zersetzung zusammen, die auch in dem Schwinden des latenten Lebens der Sklerotien ihren Ausdruck fand. Diese Zersetzung zeigte sich nicht nur in den Wochen vor dem Tode, sondern schon in einer sehr frühen Zeit. Im Plasmodium P. I begann sie schon nach etwa 30 Tagen, also in der ersten Hälfte des kurzen Lebens.

Es mußte besonders interessant sein, bei einem langlebigen Plasmodium diesen Zusammenhang zwischen der Dauer des aktiven und des latenten Lebens zu beobachten. Deshalb habe ich die sämtlichen Sklerotien, die ich von P. VII während seines langen Lebens gewonnen habe, auf die Dauer der Keimfähigkeit untersucht, um so ebenfalls eine Kurve zu erhalten. Ich habe sie in dasselbe Koordinatennetz wie die punktierte Kurve als gestrichelte Linie eingetragen. Die Ordinaten bedeuten diesmal je drei Monate der Lebensfähigkeit; die Zahlen stehen am rechten Rande.

Die Dauer des latenten Lebens gibt den Zustand des Plasmodiums zur Zeit der Eintrocknung charakteristischer wieder als

die Wachstumsfähigkeit, leider wird sie aber sehr leicht durch äußere Bedingungen während des Eintrocknens beeinflusst. Das beweisen schon die wechselnden Zahlen der Lebensdauer solcher Sklerotien, die man zu nahe beieinander liegenden Zeiten gewonnen hat. So hatten z. B. die sechs Sklerotien vom Juli 1916 eine Lebensdauer von 38, 37, 38, 36, 38 Monaten; das sechste war schon nach 24 Monaten tot. In der anderen Schale waren es 39, 36, 35, 36, 38, 34 Monate für die Proben, die im Abstand von je 5—6 Tagen von Anfang bis zum Ende des Juli entnommen waren. Kurzlebige Sklerotien erkennt man schon an der dunkeln Färbung. Vielfach sammelt sich das eintrocknende Plasma nicht zu einer einzigen Kruste an, sondern zu verschiedenen kleineren Häufchen. Die entstehenden kleinen Nebensklerotien haben dann oft eine geringere Lebenszeit. Sicher hat auch die Stimmung des Plasmodiums, ein etwaiger Hungerzustand, den man leicht übersehen kann, auf die Beschaffenheit der Sklerotien Einfluß. In der Kurve habe ich für jeden Monat nur die Maximalzeiten der Lebensdauer in Monaten eingetragen.

So hat auch diese Kurve vielerlei Mängel und Lücken. Der zeitweilige ungünstige Gesundheitszustand des Plasmodiums drückt sich in den Lebenszeiten der Sklerotien sehr deutlich aus. Die längste Lebensdauer erreichen mit 40 Monaten die Proben, die ich am 27. 5. 1916 dem Plasmodium entnommen habe, bei weitem die längste Zeit des latenten Lebens, die ich je bei einer Macrocyte beobachtet habe. Von da an sinkt die Zeit von Monat zu Monat, beträgt im Juli 38, im November 33 Monate. Bei den Sklerotien, die in den folgenden Monaten, Dezember 1916 bis Mai 1917, gewonnen waren, erlebte ich eine Überraschung. Als ich sie nach mehr als anderthalb Jahren auf ihre Keimkraft prüfte, waren sie sämtlich schon tot. Erst bei der Probe aus dem Juni 1917 ließ sich wieder die Lebenszeit feststellen, sie betrug 26 Monate, im folgenden Monat fast ebensoviel. In den folgenden Monaten habe ich leider keine Macrocyten erhalten können, weil ich bei der oben beschriebenen schweren Gefährdung des Lebens des Plasmodiums Monate hindurch nur auf seine Erhaltung und Vergrößerung bedacht sein mußte. Die Sklerotien vom November 1917 hatten nur noch 18 Monate Lebensdauer. Auch in den folgenden Monaten brachten Verluste durch Sporenbildung und das langsame Wachstum Lücken, so daß ich keine brauchbaren Sklerotien erhielt. Die Probe vom April 1918 blieb 16 Monate am Leben, die vom Mai, die sehr gesund war, verlor ihre Keimkraft fast in derselben Zeit.

Verbindet man die so erhaltenen Teile der Kurve, so erhält

man ungefähr eine gerade Linie; der Verlust der Keimkraft wäre also der Zeit proportional, eine einfache lineare Funktion des Alters. Leider widersprechen dieser Regel aber die Werte, die zwischen dem Dezember 1916 und Mai 1917 liegen. Die Lebensdauer sinkt hier plötzlich auf einen ganz niedrigen Wert, etwa 18 Monate; später aber erholt sie sich wieder und wächst nun einige Monate, statt geringer zu werden, sogar an. Der nächstliegende Gedanke wäre, hier eine Schädigung durch irgendwelche äußere Einflüsse anzunehmen, und es ist wohl sicher, daß diese auch in zweiter Linie eine Rolle spielen. Aber nur deshalb können sie es, weil das Plasmodium sich jetzt in einer Periode innerer Schwäche befindet, die auf die vorangegangene ungewöhnliche Erhöhung der Lebenskraft folgt und es gegen äußere Wirkungen empfindlicher macht. Auf innere Gründe läßt auch das ganz gleichmäßige Verhalten der Plasmodien in den verschiedenen Schalen schließen, auch die äußerlich durchaus normale und gesunde Beschaffenheit der Sklerotien, ihre helle Farbe und regelmäßige Krustenbildung widerspricht der Annahme primärer, besonders ungünstiger Einwirkungen von außen. Die Depression, unter der das Plasmodium in diesen Monaten stand, äußert sich auch in dem starken Abfall der Wachstumskurve vom Dezember an und in der erhöhten Sterblichkeit, deren Daten ich oben angegeben habe.

Die wahre Kurve für die Dauer des latenten Lebens wird wahrscheinlich so verlaufen, daß sie erst mächtig ansteigt, dann erst langsam, plötzlich schnell sinkt und nach einiger Zeit von einer mittleren Höhe an geradlinig absteigt. Ich habe sie in das Koordinatennetz als eine Reihe kleiner Kreuzchen eingetragen.

V.

Es bestehen Bedenken, aus den Beobachtungen nur eines Plasmodiums allgemeine Regeln abzuleiten. Schon die Besonderheiten des kurzlebigen Plasmodiums P. I zeigen, wie gefährlich es ist, hier zu verallgemeinern. Ich muß aber doch auf einige Beziehungen aufmerksam machen, die als Grundsätze der weiteren Untersuchung der Plasmodien wichtig sind. Es handelt sich hier um eines der ältesten und wichtigsten physiologischen Probleme, den Zusammenhang zwischen latentem und aktivem Leben.

Aus der Verlängerung der beiden Kurven, die in das Netz eingezeichnet sind, kann man ungefähr schließen, in welcher Entfernung diese die Abszisse schneiden, wie lange also das Plasmodium noch gelebt haben würde. Der Wert, den man so durch Extrapolation erhält, liegt offenbar zwischen 1 und $1\frac{1}{2}$ Jahren. Der

natürliche Tod des Plasmodiums würde also nach 3—3½ Jahren eingetreten sein.

Nach ungefähr derselben Zeit, 3 Jahren 4 Monaten, sterben aber auch diejenigen Sklerotien ab, die aus einem jungen Plasmodium kurze Zeit nach der Erweckung gewonnen worden sind. Wir kommen also zu einem merkwürdigen Resultat. Im ausgetrockneten und im aktiven Zustand verliert das Plasma in derselben Zeit seine Lebenskraft.

Setzt sich die Dauer des Daseins zum Teil aus aktivem, zum Teil aus latentem Leben zusammen, so erhalten wir folgende Übersicht:

Monate des aktiven Lebens	Maximum der Monate des latenten Lebens	Summe
1	25	26
1½	40	41½
2	39	41
3	38	41
4	37	41
5	35	40
6	34	40
7	33	40
8—13	18—25?	26—38?
14	26	40
15	26	41
19	18	37
24	16	40
25	16	41

Also auch hier dasselbe Ergebnis, daß das Leben in einer bestimmten Zeit erlischt, gleichgültig ob ein Teil aktiv oder ein Teil latent gewesen ist. Eine Abweichung von der Regel ergibt sich nur im Anfang, dann während der Depression vom 8. bis 13. Monat, und schließlich im 19. Monat. Die letzte erklärt sich wohl aus der Beschaffenheit des damals sehr schwachen Plasmodiums.

Diese konstante Summe ergibt sich aber nur unter der Bedingung, daß man erst die Dauer des aktiven und dann die des schlummernden Lebens feststellt. Wenn beide ohne Rücksicht auf ihre Reihenfolge fortdauernd abnehmen, könnte ja die Lebenskraft überhaupt nur kurze Zeit vorhalten. Das Plasma muß über irgend einen Mechanismus verfügen, von Zeit zu Zeit neue Energie anzusammeln. Das geschieht beim Eintrocknen oder bei der Sporenbildung. Aber wir erkennen aus dem hier hervortretenden Gesetz,

Lebensdauer und Alterserscheinungen eines Plasmodiums. (29)

daß durch den Vorgang der Sklerotienbildung die Verjüngung zwar vorbereitet wird, daß aber der trockene Protoplast keine Macht über die neuen Kräfte besitzt. Während seiner Ruhezeit ist er auf die mehr oder minder erschöpften Mittel des Plasmodiums angewiesen, aus dem er entstanden ist.

Gleich nach der Befeuchtung des Sklerotiums beginnt die Reorganisation. Bemerkenswert ist, daß die neue Energie nicht sofort vorhanden ist, sondern eine gewisse Zeit braucht, bei P. VII etwa $1\frac{1}{2}$ Monate, um sich voll zu entfalten. Die ersten Sklerotien, die während dieser Vorbereitungszeit gewonnen sind, zeigen noch eine stark verminderte Lebensdauer. Auf die hohe Anspannung der Energie, die in unserem Falle fast ein halbes Jahr dauert, folgt dann eine Zeit der Erschlaffung, die für das Leben sehr gefährlich ist, schließlich nach Erlangung eines Gleichgewichts eine Periode stetiger und ruhiger Abnahme.

Es wäre vor allem erwünscht, über die Zeit der Depression nähere Aufschlüsse zu erhalten. Bei P. I scheint sie auch vorhanden zu sein. Ich habe die Lebensdauer der Sklerotien geprüft, die ihre Keimungskraft ja auch nur kurze Zeit bewahren durften, wenn tatsächlich das Plasmodium nur die kurze Vegetationszeit besaß, die ich früher beobachtet hatte. Von verschiedenen Macrocysten, die ich prüfte, starben aber die kräftigsten erst nach 27 Monaten ab. Daraufhin habe ich schon 1914 eine ganze Reihe von Sklerotien aus verschiedenen Lebensaltern neu erweckt und die kräftigsten weitergezogen. Ich konnte sie ohne Schwierigkeit drei Monate erhalten und ließ sie dann bei bester Gesundheit eintrocknen. Die Täuschung der kurzen Lebenszeit von P. I war dadurch entstanden, daß die Sklerotien aus einem zu jungen Plasmodium stammten und in der Zeit der Depression zugrunde gingen.

Vor allem wichtig wäre es aber, die Abhängigkeit der Verjüngung vom Lebensalter der Plasmodien festzustellen. Kann ein Plasmodium wieder auf die Höhe der alten Lebensdauer gebracht werden, wenn es schon lange Zeit vegetiert hat? Wie weit kann ein Sklerotium, das fast bis zum Erlöschen der Keimkraft trocken gelegen hat, bei erneuter Befeuchtung die Energie des alten Plasmodiums regenerieren? Das sind Fragen, die möglichst zahlenmäßig untersucht werden müssen. Erst dann können wir eine Erklärung der eigentümlichen Vorgänge versuchen. Die einfachste Vorstellung, die sich aufdrängt, wäre ja die eines Stoffes als Spenders dieser Energie. Er müßte eine Beschaffenheit ähnlich wie das Radium und eine bestimmte Zerfallsperiode haben. Das Plasma wäre im Besitz der Mittel, diesen Stoff durch die Austrocknung

wieder in den Zustand hoher potentieller Energie zurückzusetzen oder ihn neu zu bilden.

Ich habe die Untersuchungen fortgesetzt. Nach dem, was ich bisher übersehen kann, scheint das Verjüngungsvermögen alter Plasmodien und Sklerotien überraschend groß zu sein. Um aber sichere Zahlen zu erhalten, ist die Beobachtung gesunder und langlebiger Plasmodien notwendig. Diese erfordern wieder die geduldige und langweilige Pflege von Jahren. Vielleicht ist es mir vergönnt, wenigstens einige der eben aufgeworfenen Fragen nach einer Reihe von Jahren zu beantworten.

VI.

Der Austrocknung also verdankt das Plasmodium die Verjüngung. Es muß ein Vorgang sein, der tief in die Struktur des Plasmas eingreift.

Genauere Angaben über die Bildung und Erweckung der Sklerotien hat bisher nur ARTHUR LISTER (1888) gegeben. In seiner Monographie (1911, S. 14) stellt er folgende Beobachtungen zusammen: „Das Körnchenplasma zieht sich zu abgerundeten Massen zusammen, die von Hyaloplasma umgeben sind. Die Auswurfstoffe werden abgestoßen, und eine häutige Zystenwand bildet sich um jede Masse, die 10 bis 20 Kerne enthält. Die Zysten packen sich dann zu dicken Klumpen von unregelmäßiger Gestalt zusammen, die zu einer hornigen Konsistenz eintrocknen. Die Veränderungen in den Begrenzungslinien der reifenden Sklerotien erklären sich aber nicht allein aus der Schrumpfung der eintrocknenden Zysten, sondern auch aus amöboiden Bewegungen der Randzysten, die man unter dem Mikroskop häufig untereinander kriechen sieht. Das Sklerotium von *Badhamia utricularis* kann 3 Jahre nach der Eintrocknung durch Befeuchtung mit Wasser wieder belebt werden. Ein frisches Sklerotium geht in wenigen Stunden in den Zustand des strömenden Plasmas über; aber nach mehr als einjähriger Ruhezeit muß es einige Tage feucht gehalten werden, ehe die Stömung beginnt. Dann werden die Zystenwände absorbiert, und die Inhaltkörper verschmelzen. Häufig sind Teile alter Sklerotien nicht mehr erweckungsfähig; sie dienen dann als Nahrung für das neu belebte Plasmodium, in dessen Adern, wie man sehen kann, die Zysten fortgeführt und aufgebrochen werden.“

Man kann sich leicht von der Richtigkeit dieser Angaben überzeugen. Auf zytologische und physiologische Einzelheiten des Vorgangs der Eintrocknung und Erweckung will ich bei späterer Gelegenheit eingehen. Das Wesentliche dieser Zystenbildung

scheint darin zu bestehen, daß die Kerne vor der Eintrocknung über das Plasma gleichmäßig verteilt werden, so daß auf jeden Plasmaklumpen eine ganz bestimmte Zahl von Kernen kommt. Zwischen Kern und Plasma findet offenbar eine Wechselwirkung statt.

Ich halte diese Annahme für um so wahrscheinlicher als auch vor der Sporenbildung, die ja auch zu derselben Verjüngung führt, sich eine ganz ähnliche Klumpenbildung beobachten läßt. Allerdings sind die Vorgänge dort sehr verwickelter Art, weil der Klumpenbildung die Reduktionsteilung der Kerne vorangeht und die Sporenbildung mit der Absonderung der gefärbten und sehr differenzierten Sporenhäute nachfolgt. Bei *Badhamia* sind alle drei Vorgänge so miteinander verknüpft, daß sich das Klumpenstadium nur in besonders günstigen Fällen abhebt. Bei anderen Familien, Liceaceen, Stemoniteen, auch Trichiaceen, ist es aber sehr deutlich. Wenn zu viel Kerne in einen Plasmaklumpen geraten, so werden die überzähligen aufgelöst.

Der Gedanke, daß bei beständigem vegetativen Wachstum von Zeit zu Zeit ein Ausgleich zwischen Kern und Plasma durch eine Rekonstruktion der Zelle stattfinden muß, ist namentlich in der zoologischen Literatur öfters geäußert worden; er liegt ja auch der bekannten Lehre von der Kern-Plasmarelation RICHARD HERTWIGS zu grunde. Bisweilen wird auch die Entstehung der Sexualität auf einen derartigen Ausgleich zurückgeführt.

Die Verjüngung des Plasmodiums durch das Sklerotium zeigt aber, daß der Vorgang von allen sexuellen Prozessen ganz unabhängig stattfinden kann. Der Plasmodium hat die Fähigkeit, die mit der Sporenbildung verbundene Verjüngung von dieser loszulösen, und für sich allein eintreten zu lassen.

So liefert das Plasmodium einen einleuchtenden Beweis dafür, daß die Verjüngung ein durchaus selbständiger Vorgang neben der Fortpflanzung und der Befruchtung ist. Die drei Prozesse der Verjüngung, der Fortpflanzung und der Befruchtung sind bei höheren Pflanzen und Tieren zu einem einzigen Akt verbunden. Sie erschienen deshalb der naiven Betrachtung zunächst als notwendig zusammengehörig. Man weiß seit langem, daß Fortpflanzung im Sinne von Vermehrung und Befruchtung nicht miteinander verbunden sein müssen. Aber auch die Verjüngung, die auch bei niederen Formen fast immer entweder mit der Fortpflanzung oder der Befruchtung verkuppelt ist, gehört nicht notwendig zu ihnen. Dem Range nach sind die drei Prozesse sehr verschieden: Die Verjüngung erhält das Leben des Individuums, die Vermehrung

das Leben der Art, die Befruchtung steht wohl mit säkularen Vorgängen in Zusammenhang, deren Bedeutung wir zur Zeit noch nicht übersehen.

Auf die Frage nach dem Zwecke der Verjüngung geben uns die Beobachtungen an Plasmodien nicht die Antwort, die man erwarten sollte. Bei den vielzelligen Tieren und Pflanzen sieht man, wie ich eingangs erwähnte, eine funktionelle Abnutzung mancher Gewebe als unvermeidlich an. Im Plasmodium ist sicher eine gewisse Abnutzung vorhanden, man kann aber im Zweifel darüber sein, ob man sie als funktionell bezeichnen darf. Denn die Zersetzung des rätselhaften Stoffes, von dem das Leben dem Anschein nach abhängt, findet ja im trocknen Zustand des Plasmas genau so wie im lebenden statt. Man könnte also nur dann in einem gewissen Sinne von Abnutzung sprechen, wenn man auch während der Ruhe des Plasmas in den Sklerotien noch eine schwache Lebens-tätigkeit annimmt.

Trotz dieser Verschiedenheiten, die zwischen einem Plasmodium und einem vielzelligen Tier- oder Pflanzenkörper bestehen, muß darauf hingewiesen werden, daß der Ablauf des Lebens Ähnlichkeiten aufweist. Auch hier können wir von einer Jugend, einem mittleren Lebensalter und einem Greisenalter sprechen. Bei meinem langlebigen Plasmodium, das eine Lebensdauer von fast $3\frac{1}{2}$ Jahren hatte, dauert die Jugend, die Zeit der Kraft und des Wachstums, etwa ein halbes Jahr; auf sie folgt eine kritische Zeit der Schwäche und erhöhten Sterblichkeit. Dieselbe Periode findet sich beim Menschen, wo nach Abschluß der Wachstumsperiode gewisse Krankheiten (Tuberkulose, Dementia praecox usw.) überhand nehmen und den Organismus vernichten können. Dann folgt eine Zeit der Erholung und verhältnismäßig langsamer Abnahme der Lebenskraft. Sie dauert etwa zwei Jahre und geht allmählich in das Greisenalter über. Mein Plasmodium starb etwa im Beginn dieser Zeit des langsamen Verfalls.

Die Zeiten des mittleren Lebensalters und des Greisenalters gelangen aber nur bei künstlicher Verlängerung des Lebens im Laboratorium zur Beobachtung. In der Natur verharret das Plasmodium in den feuchten Herbstmonaten wohl höchstens 4—6 Wochen im vegetativen Zustand, es lebt also nur in der Jugendzeit. Irgend ein Wechsel der Witterung bewirkt entweder der Übergang in den Macrocytenzustand oder die Sporenbildung. Mit beiden ist eine neue Verjüngung verbunden. In diesem Sinne ist also dem Plasmodium eine ewige Jugend verliehen.

Literatur.

- ARTHUR LISTER, Notes on the plasmodium of *Badhamia utricularis* and *Brefeldia maxima*. Annals of botany. II. 1888.
- —, A monograph of mycetozoa. II. Edition revised by Gulielma Lister London 1911.
- GEORG KLEBS, Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. III. Allgemeine Betrachtungen. Pringsheims Jahrbücher XXXV. 1900.
- E. KORSCHULT, Lebensdauer, Altern und Tod. Beiträge zur pathol. Anatomie und allgem Pathologie. Bd. 63. Jena 1917.
- M. MÖBIUS, Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse. Jena 1897.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Jahn Eduard

Artikel/Article: [Lebensdauer und Alterserscheinungen eines Plasmodiums 1018-1033](#)