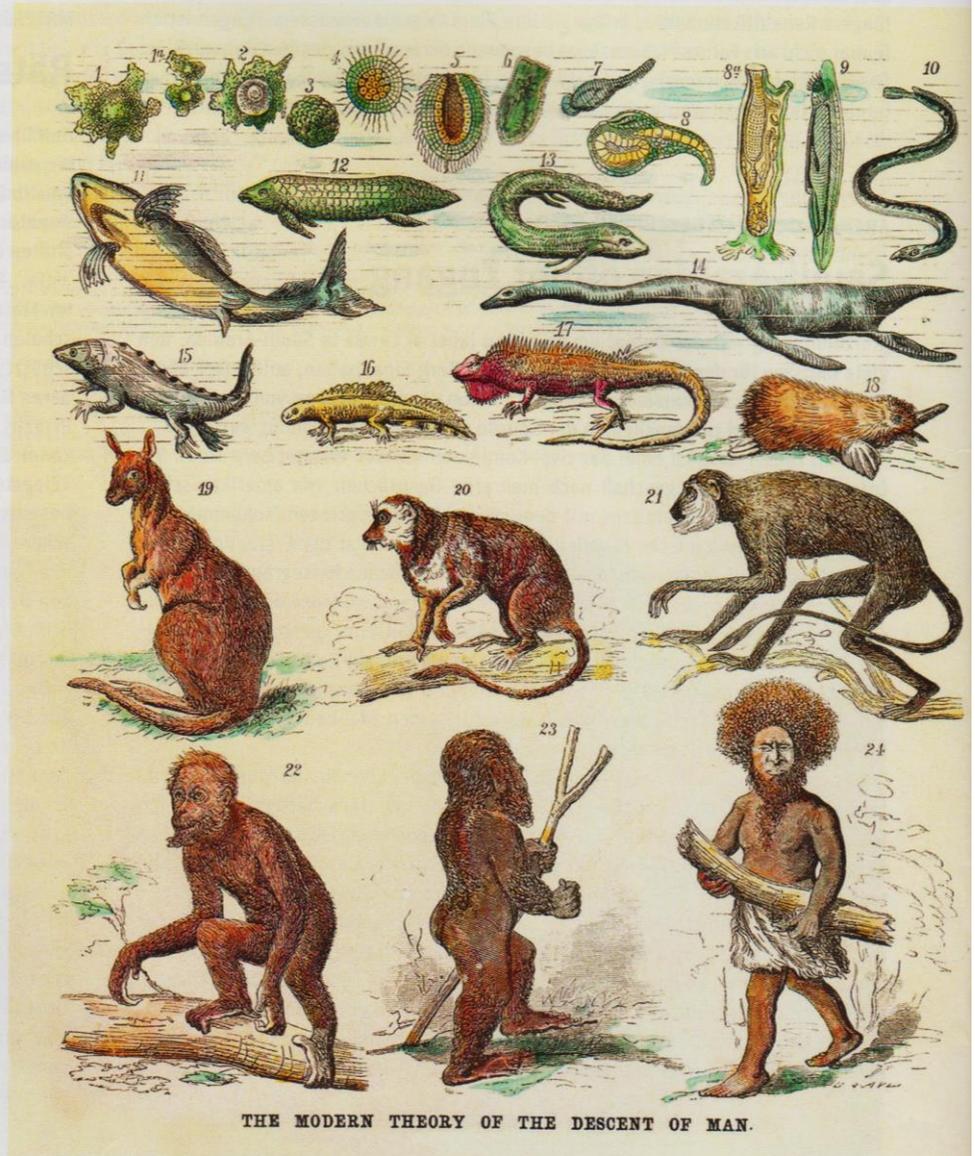


MEHR SEIN ALS SCHLEIM

Amöben galten als Urformen des Lebens und gelten noch immer als Vorläufer komplexerer Lebewesen. Aber: Amöben sind die leistungsfähigsten Zellen überhaupt und äusserst komplex.

Alexander vom Stein

Jena, 1874. Am Eichenholzschreibtisch seines Arbeitszimmers in der «Grossherzoglich und Herzoglich Sächsischen Gesamtuniversität zu Jena» sitzt Professor Dr. Ernst Heinrich Philipp August Haeckel vor einem leeren, weissen Zeichenbogen. Begeistert von der Abstammungstheorie Darwins, den er in England persönlich kennengelernt hatte, arbeitet er an einem eigenen Werk, in dem er die Abstammung des Menschen aus dem Tierreich erklären möchte. Wo soll er seinen Stammbaum beginnen lassen? Was sind die «Grenzgänger» zwischen Pflanze und Tier – Lebewesen also, die mindestens ein Kennzeichen der Tiere tragen (wofür man zum Beispiel die selbstständige Fortbewegung hielt), aber ansonsten so primitiv sind, dass sie keinerlei komplexe Strukturen erkennen lassen? Der Professor glaubt, mit den Amöben die richtigen Kandidaten gefunden zu haben. Schon mit einem einfachen Mikroskop kann er beobachten, wie diese kleinen Schleimtropfen langsam durchs Bild wabern, dabei auf verschiedene Reize reagieren und beständig ihre Form ändern – weshalb man sie auch «Wechseltierchen» nennt. Aus dieser einfachen Ausgangsform muss sich «höheres» Leben entwickelt haben ...



Amöben werden bis heute im Reich der «Protista» (= Erstlinge) zur Gruppe der «Protozoa» (= Urtierchen) gerechnet und als Vorläufer vielzelliger Lebewesen angesehen. Die Vorstellung, man habe es hier mit primitiven Organismen zu tun, gehört allerdings auf die Müllhalde der Wissenschaft. Man darf sogar mit Fug und Recht das Gegenteil behaupten: Es sind die leistungsfähigsten Zellen überhaupt! Während sich in unserem Körper 210 verschiedene Zelltypen die Arbeit aufteilen müssen, da jede einzelne nur ein paar wenige Funktionen erfüllt, leistet eine Protisten-Zelle alles allein. Keine unserer Körperzellen kann ihre Funktion ausserhalb des Körpers ausüben oder dort auch nur längere Zeit auf sich gestellt überleben. Bei einem Vergleich auf zellulärer Ebene, der sich bei Einzellern ja anbietet, entpuppt sich der Wandelzwerger als Wunderwerk.

Von dem britischen Mathematiker Bertrand Russell stammt der Ausspruch: «Ein Prozess, der von der Amöbe zum Menschen geführt hat, schien den Philosophen augenscheinlichen Fortschritt zu bedeuten – aber ob die Amöbe dieser Auffassung zustimmen würde, ist nicht bekannt.» Abgesehen von der Frage, ob dieser Prozess überhaupt stattgefunden hat, bleibt bei genauerem Hinsehen die Frage, inwiefern eine Amöbe überhaupt «Fortschritte machen» sollte, ebenso offen, da sie hervorragend an ihre Lebensumstände angepasst ist. Tauchen wir ein in den Mikrokosmos und begleiten wir *Physarum polyce-*

phalum, ein «Wechselwesen» par excellence, das man einfach lieb gewinnen muss.

Er begegnet uns als versprengter Einzelkämpfer: eine 20–50 Mikrometer lange Amöbe im Wassertropfen unter dem Mikroskop. Auf den ersten Blick sieht man einen flachen Klecks, der ständig in Bewegung ist, wobei grosse und kleine, helle und dunkle Bläschen und Körnchen in seinem Inneren hin und her wimmeln. Eine genauere Beobachtung dieser Vorgänge zeigt, dass er über die Glasoberfläche des Objektträgers fließt. Auf der Seite, wo es vorwärtsgeht, tauchen kleine Beulen auf, die körnige Suppe strömt hinein, sie schwellen an wie ein Luftballon, der aufgeblasen wird, und dehnen sich dabei immer weiter nach vorne aus. Gleichzeitig tauchen am anderen Ende Runzeln und Falten auf, während sich das «Hinterteil» ablöst und nachgezogen wird.

AMÖBEN HANDELN SINNHAF UND ZIELGERICHTET

Ein Studium seiner Bewegungsmuster lässt erkennen, dass er seine Umgebung systematisch erkundet, Futter sucht und Licht meidet. Die Membran, die ihn umhüllt, ist nämlich nicht einfach nur ein «Schleimbeutel», sondern ein richtiges Multifunktionswerkzeug, dicht besetzt mit verschiedensten Rezeptoren. Einige reagieren auf chemische Signale, dienen damit als Zunge und Nase, weisen den Weg zur Nahrung und warnen vor Gefahr. Andere sprechen auf mechanische Reize an

und ermöglichen so die Wahrnehmung von Druck, Berührung, Strömung und Temperatur, während wieder andere auf Licht reagieren. Jeder Rezeptor schickt seine Erkenntnisse in Form von Botenstoffen in die Zelle. Da deren Konzentration abnimmt, je weiter sie sich ausbreiten, wird klar, aus welcher Ecke sie kommen. So tragen sie zusätzlich eine räumliche Information. Zusammengenommen repräsentiert das bunte Gemisch der Botenstoffe alle Aspekte der Aussenwelt, die für eine Amöbe von Bedeutung sind. Auf dieser Grundlage entscheidet sie in einem permanenten «molekulardemokratischen» Abstimmungsprozess über die weitere Richtung.

Aber die Membran dient neben der Fortbewegung und Wahrnehmung auch als Verdauungssystem. Wenn der wandernde Flutsch auf ein Objekt trifft, das er für verwertbar hält, formt er blitzschnell einen «Mund» an der Kontaktstelle und umfließt es ringsum mit seinen Pseudopodien (so nennt man die Beulen und Ausbuchtungen im Fachjargon). Sobald diese sich wieder berühren, verschmelzen sie miteinander und – schwupps! – schwimmt die Beute, vielleicht ein Bakterium oder eine kleine Alge, in einem Membranbläschen verpackt im Innern der Amöbe. Auf diese Weise hat sich ein kleiner «Magen» gebildet, in den nun verschiedene Enzyme eingeschleust werden, um den Inhalt aufzulösen und die Nährstoffe abzutransportieren. Bei unbekannter Nahrung wird schon mal etwas länger

herumexperimentiert, bis klar ist, wie ihr am besten beizukommen ist. Der Enzym-Mix, der sich als Erfolgsrezept erwiesen hat, wird anschliessend auf Vorrat produziert, denn ein Häppchen kommt selten allein.

Sollte irrtümlicherweise einmal etwas ganz und gar Unverdauliches zu Gast gekommen sein, ist das nicht weiter schlimm – das Bläschen wandert einfach wieder an die Innenwand, verschmilzt damit und entlässt so den Inhalt wieder nach draussen. Das Gleiche passiert auch mit den Überbleibseln der bekömmlichen Nahrung, sodass die Membran als Ausscheidungsorgan fungiert. Mit diesem letzten Schritt im Ernährungsprozess, den man in der Biologie als «Phagozytose» bezeichnet, wird das Mund-Magen-Darm-After-Bläschen einfach wieder zum Bestandteil der Aussenhülle. Natürlich leistet der faltige Hautsack noch viele weitere Dienste. Bestimmte Stoffe werden bedarfsweise in die Zelle hinein- oder aus ihr hinaustransportiert, nach manchen Biomolekülen wird gezielt geangelt, und auch der Gasaustausch, der für die Atmung notwendig ist, erfolgt durch die Membran.

“

Die Vorstellung, man habe es hier mit primitiven Organismen zu tun, gehört allerdings auf die Müllhalde der Wissenschaft.

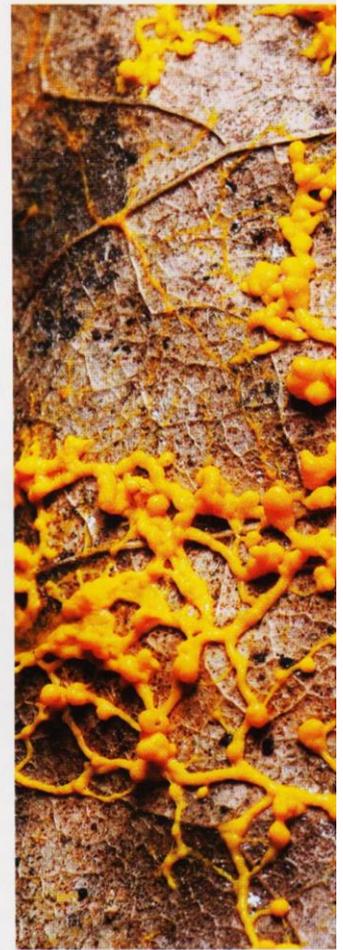
Mit dem Einfang-Trick könnte unser kleiner Freund übrigens auch trinken, indem er sich einfach einen Tropfen Flüssigkeit ohne Beute einverleibt. Aber das ist so gut wie nie nötig. Er hat vielmehr das umgekehrte Problem: Da er im Süsswasser lebt, aber im Innern sehr «salzig» ist, sickert ständig Wasser von aussen durch alle Ritzen und Po-

ren in ihn hinein. Er würde aufquellen und platzen, wenn nicht rund um die Uhr seine Pumpe lief, die man als «kontraktile Vakuole» bezeichnet. Ihre rhythmischen Bewegungen kosten ihn viel Energie und sind unter dem Mikroskop gut zu erkennen. Ein unbedarfter Beobachter könnte diese Struktur daher für das «Herz» der Amöbe halten, aber in ihrer Funktion entspricht sie der Niere.

ABLÄUFE UND SYSTEME SIND GENIAL UND HOCHKOMPLEX

Alle beschriebenen Abläufe und Systeme sind genial und hochkomplex, dennoch gehören sie, wie viele andere Zellorganellen, von denen noch gar nicht die Rede war, zur Grundausstattung jeder 08/15-Amöbe, wobei «Amöbe» ein Sammelbegriff ist, der die Lebensweise einer sehr vielgestaltigen Gruppe von Einzellern bezeichnet. Manche von ihnen betreiben Photosynthese und suchen das Licht, während unser Freund die Dunkelheit bevorzugt. Sie können auf Phagozytose verzichten, wobei er verhungern würde. Einige Arten verstecken sich in Schalen, während er, wie die meisten Amöben, nackt unterwegs ist. Andere leben im Meer und brauchen dort im Salzwasser keine kontraktile Vakuole, während er platzen würde, wenn sie einmal kurz ausfiele. Wieder andere sind für Tiere und Menschen Parasiten und Krankheitserreger bis hin zur gehirnfressenden Killeramöbe, während er niemandem etwas zuleide tut. Dass wir ausgerechnet *ihn* nun näher unter die Lupe nehmen, liegt ganz einfach daran, dass er der Einzige ist, den man bisher im Detail untersucht hat. (Gott allein weiss, was für Überraschungen die Welt der Mikroorganismen noch für uns bereithält.)

Wird Physarum polycephalum auf einer feuchten Glas- oder Kunststoffplatte gehalten und mit genügend Nahrung versorgt, so bietet ihm ein «Weiter-so» nach «Plan A» – wie «amöboider Lebensstil» alles, was



er braucht, um glücklich zu sein. Er könnte theoretisch «ewig» so leben, weil er «potenziell unsterblich» ist. Hat er so viel Nahrung aufgenommen, dass er fast auf das Doppelte seiner Ausgangsgrösse angewachsen ist, kopiert er einfach alle lebenswichtigen Strukturen und Informationen, teilt die Vorräte brüderlich auf, schnürt sich in der Mitte ein und teilt sich (wer von den beiden ist denn jetzt «unser Freund»?). Bei gutem Futterangebot dauert das Ganze nur wenige Stunden: 2, 4, 6, 8 ... es werden immer mehr. Sie würden die Welt erobern, wenn es überall feucht genug wäre und dort nicht schon so



Eine Amöbe bei ihrer hocheffizienten Arbeit: der Zersetzung eines Laubblattes.

viele andere Wesen wimmelten, die sich zum Teil von Amöben ernähren.

Lässt man sein kleines Refugium austrocknen, kann man beobachten, wie er hektische Umbauarbeiten ausführt und dann zu einem kleinen grauen Knopf zusammenschnurrt. Aber keine Angst – ihm ist nichts passiert. Er hat nur das Notfallprogramm «Plan B» aktiviert, indem er sich in eine kleine Panzerkugel eingeschlossen und alle Aktivitäten heruntergefahren hat. In dieser Form, man bezeichnet sie als «Zyste», erträgt er Trockenheit, Hitze und Kälte über lange Zeit. Gibt man nach einigen Jahren wieder

Wasser darauf, dauert es keine halbe Stunde, bis der Panzer aufplatzt, unser kleiner Freund wieder herausfließt und sich zur vollen Größe entfaltet, als sei nichts gewesen. Diese Überlebensstrategie kann er übrigens in verschiedenen Situationen anwenden. Auch wenn er das «Gefühl» hat, dass man ihn vergiften will, oder sich ganz sicher ist, dass es in seinem ganzen Umfeld nichts mehr zu fressen gibt, mauert er sich vorsichtshalber ein und wartet auf bessere Zeiten.

Hält man ihn auf dem Boden eines wassergefüllten Gefäßes, ohne ihm Futter anzubieten, wird er wahr-

scheinlich zu «Plan C» (wie «Chancenoptimierung») übergehen, einem Aktionsprogramm für Auswanderer und Entdecker. Für dieses Vorhaben ist die fließende Fortbewegung, bei der es sehr gemächlich zugeht und man nur auf Oberflächen vorwärtskommt, nicht besonders gut geeignet, weshalb auch hier einige Umbauarbeiten erforderlich sind, um eine «Schwammzelle» aus ihm zu machen. Zunächst wird festgelegt, wo vorn und wo hinten ist. Dann wird am frisch definierten Hinterende ein Aussenbordmotor aus zwei schnurähnlichen Geisseln gebaut. Gleichzeitig versammeln sich

die wichtigsten Rezeptoren am Kopfende und installieren ein Steuerungssystem. Schliesslich löst unser Freund sich vom Boden ab und startet den Motor. Die langen Geisseln treiben ihn auf der Suche nach Nahrung mit synchronisierten Schlägen kreuz und quer durch das Becken. Jetzt sollten wir ihn aber auch schnell füttern – so viel Einsatz und Kreativität müssen belohnt werden!

JAHRZEHNTELANG GLÜCKLICH IM MARMELADENGLAS

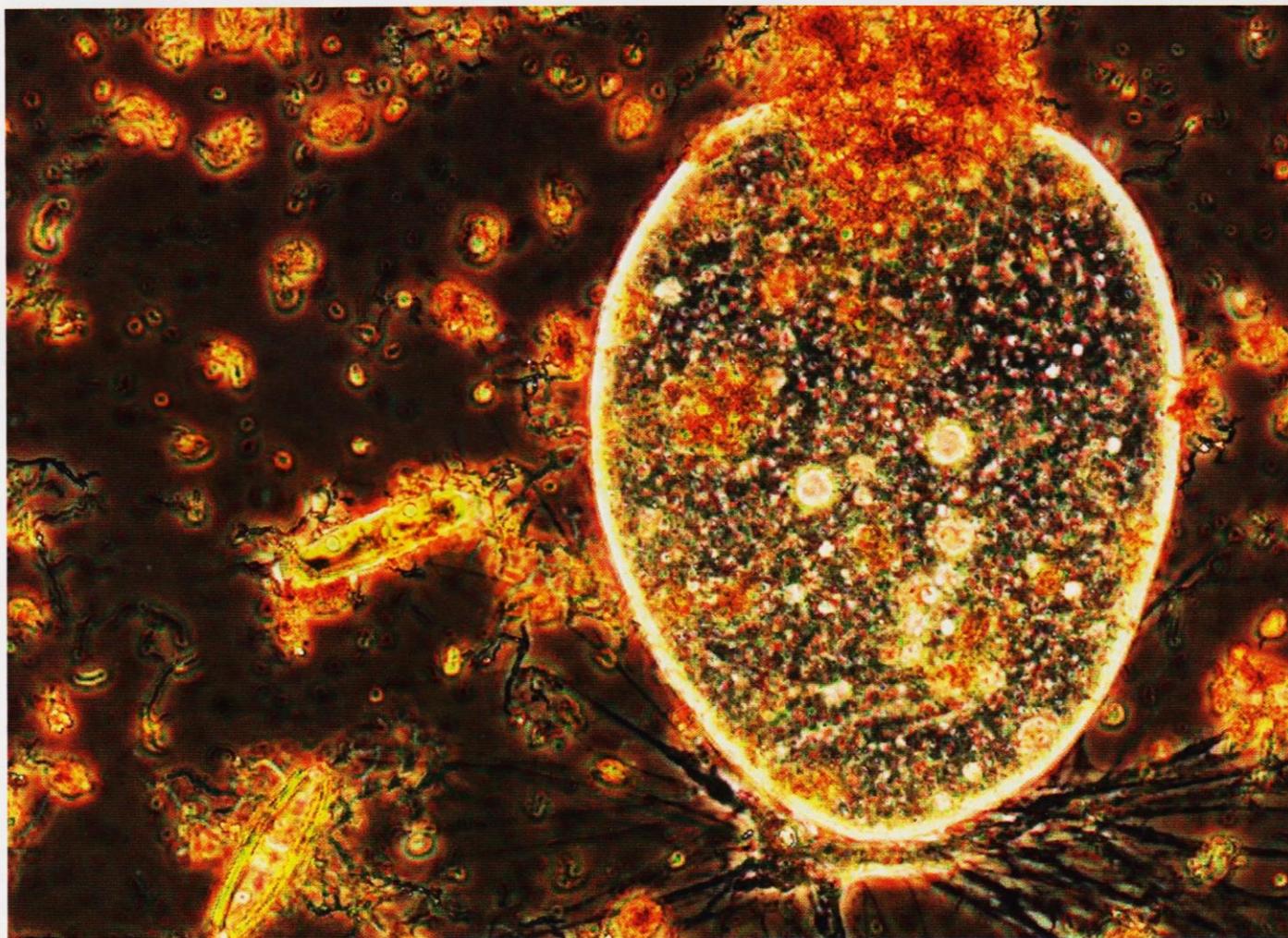
Bei guter Versorgung lässt sich eine quirlige Amöbenschar ohne Weiteres jahrzehntelang in einem Marmela-

denglas halten. Könnten wir unseren kleinen Freund jetzt aber fragen, was ihm zu seinem Glück fehle, würde er wahrscheinlich antworten, dass die anderen ihn furchtbar langweilen. Sie sind ja praktisch ein Teil von ihm, machen die gleichen Erfahrungen und haben die gleichen «Kenntnisse» und Fähigkeiten. Man ist eben genetisch identisch und hat sich absolut nichts «zu erzählen». Ganz anders sieht es allerdings aus, wenn man eine Amöbe von der gleichen Art, aber aus einer anderen Gegend, dazusetzt. Sie wird von jedem Bewohner unseres Glases sofort als Exot erkannt.

Der Erste, der Kontakt zu dem Neu-

ankömmling aufnehmen kann, wird sofort «Plan E» (wie «Eheschliessung») auslösen und mit ihm verschmelzen. Es geht also auch andersherum: Aus zwei mach eins. Das Besondere an dieser Variante ist aber, dass hierbei zwei verschiedene Genome miteinander kombiniert werden. Der Zellkern, von dem noch gar nicht die Rede war, der aber als grosser, dunkler Fleck das Erste ist, was dem Betrachter ins Auge fällt, enthält die DNA, die Erbinformation der Zelle. Bei unserem Freund lag sie bisher als einfacher (haploider) Chromosomensatz vor, aber nach der Verschmelzung rücken die beiden Zellkerne zusammen – und plötzlich

Amöben sind vielgestaltig und machen sich ihre Umgebung auf eine hocheffiziente und geniale Weise zunutze.



ist er diploid. Das ist so etwas wie «Erwachsenwerden» und eröffnet ihm ganz neue Perspektiven.

Es hat fast den Anschein, als ob er sich dessen bewusst wäre, dass er im Doppelpack etwas Besseres ist, denn nun tritt eine bemerkenswerte Veränderung ein. Sobald er zu seiner doppelten Grösse herangewachsen ist, kopiert er wie üblich den Zellkern. Aber nun wird «Plan F» (wie «fulminantes Wachstum») aktiviert. Anstatt sich einzuschnüren und sich zu teilen, spaltet er sich nicht mehr auf, sondern bleibt zusammen und wird zu einem «Plasmodium»: Eine Riesenzelle entsteht. Sie taucht schon bald aus dem Mik-

roskoposmos auf und erscheint zunächst als flache Glibberscheibe, die immer noch sehr mobil ist und ständig weiterwächst. Sollte eine Krise eintreten, gibt es auch hier einen Notfallplan («F-standby»), der im ersten Schritt die Aufteilung in kleinere Einheiten und im zweiten Schritt, bei Verschärfung der Krise, die Bildung kleiner, trockener Sporenkugeln vorsieht. Beide Schritte können kurzfristig wieder rückgängig gemacht werden, sollte sich die Lage entspannen. Dann fliessen die Fragmente einfach wieder zusammen und setzen ihr Wachstum gemeinsam fort. Während er als Amöbe auf einen Wasserfilm angewiesen war und den Was-

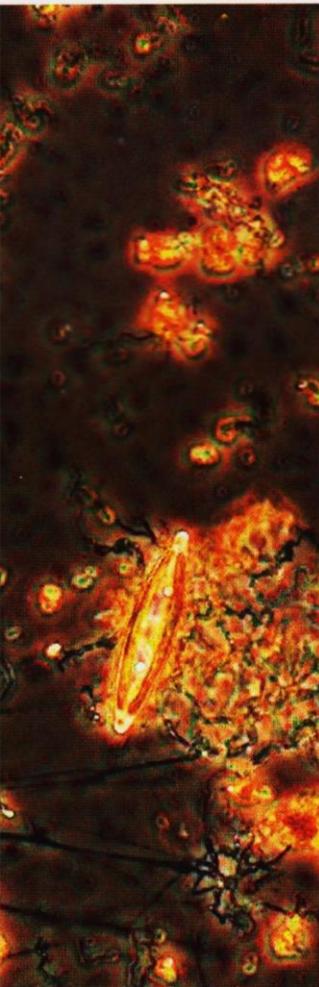
serüberschuss im Innern abpumpen musste, braucht er jetzt nur noch eine mässig feuchte Umgebung und muss darauf achten, nicht auszutrocknen.

Die Verwandlungskunst erreicht ihren Höhepunkt, wenn «Plan G» (wie «Gitterschleimpilz», das ist sein deutscher Name) zum Zug kommt. Wie wir gesehen haben, ist er weder Pilz noch Bakterium, Pflanze oder Tier, sondern eben einer jener zahlreichen Protozoen, die mit der historischen Nomenklatur der guten alten Zeit vorliebnehmen müssen, in der man es noch nicht besser wusste. Heute ordnet man ihn innerhalb der Übergruppe Amoebozoa (Amöbentierchen) der Untergruppe der Myxogastria (o. Myxomyceta, echte Schleimpilze) zu.

In seiner auffälligen «Schleimform» ist er schon lange bekannt: eine grellgelbe, glibberige Masse, die der Volksmund als «Drachendreck» bezeichnet. Ein Schleimpilz, oder Myxomycet, ist ein Wesen wie von einem anderen Stern, eine Pendelexistenz zwischen den grossen Reichen des Lebens und ein Aussenseiter der Systematik. Er fällt aus der Reihe aller sonstigen Kreaturen heraus: Während alle anderen grossen Organismen aus vielen einzelnen Zellen bestehen, ist er nur eine Zelle. Verglichen mit seiner bisherigen Daseinsweise nimmt er nun gigantische Ausmasse an und überzieht häufig ganze Baumstümpfe.

Als eine Arbeitsgruppe führender Myxomyceten-Forscher an der Universität Bonn ihren Chef, den renommierten Zellbiologen Karl-Ernst Wohlfarth-Bottermann, im Jahr 1987 in den Ruhestand verabschiedeten, züchteten sie ihm zu Ehren ein 5,54 Quadratmeter grosses Physarum-Exemplar in Form eines W, wie «Wohlfarth». Mit diesem Spässchen schufen sie, nach Ansicht der Redakteure des Guinness Book of Records, die (flächenmässig) grösste Zelle der Welt. ☺

Lesen Sie in der kommenden Ausgabe von den faszinierenden Fähigkeiten der Amöbe: «Schleimiger Superrechner».



“
Amöben gelten als Vorläufer vielzelliger Lebewesen. Die Frage ist, inwiefern eine Amöbe überhaupt «Fortschritte machen» sollte, da sie perfekt an ihre Lebensumstände angepasst ist.

