

*Nachdruck verboten.*  
*Übersetzungsrecht vorbehalten.*

(Aus dem Zoologischen Institut Gießen und der Biologischen Anstalt Helgoland.)

**Das Verhalten abgeschnittener Pseudopodien und  
der Einfluß von Licht und Temperatur auf die  
Pseudopodienbewegung bei der Foraminifere  
*Rhumblerinella bacillifera* SCHMIDT.**

Von

**Karl-Heinz Küthe.**

(Hierzu 16 Textfiguren.)

---

**Inhaltsübersicht.**

	Seite
I. Einleitung . . . . .	248
II. Das Verhalten abgeschnittener Pseudopodien bei <i>Rhumblerinella</i> . . . . .	251
1. Die bisher in der Literatur vorliegenden Beobachtungen . . . . .	251
2. Eigene Beobachtungen . . . . .	256
3. Beschreibung einzelner Versuche . . . . .	258
4. Zusammenfassung . . . . .	268
5. Kurze Zusammenfassung der bisher bekannt gewordenen Ergebnisse an Rhizopoden . . . . .	269
III. Der Einfluß verschiedener Temperaturen auf die Bewegung von <i>Rhumblerinella</i> . . . . .	270
1. Einzelne Versuche . . . . .	270
2. Zusammenfassung . . . . .	277
IV. Der Einfluß sichtbaren monochromatischen Lichtes auf die Bewegung von <i>Rhumblerinella</i> . . . . .	281
1. Beleuchtung des ganzen Tieres . . . . .	281
2. Teilweise Beleuchtung des Tieres . . . . .	286
3. Zusammenfassung . . . . .	291
V. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse . . . . .	292
VI. Literaturverzeichnis . . . . .	293

## 1. Einleitung.

Die folgenden Versuche, die ich auf Anregung von Herrn Prof. Dr. W. I. SCHMIDT ausführte, betreffen das Verhalten abgeschnittener Pseudopodien und den Einfluß der Temperatur und des Lichtes auf die Pseudopodienbewegung. Sie wurden an der staatlichen biologischen Anstalt auf Helgoland im Sommer 1929 ausgeführt (wozu mir die Hessische Regierung ihren Arbeitsplatz freundlicherweise überließ), nachdem ich mich mit den Untersuchungsverfahren im Zoologischen Institut Gießen vertraut gemacht hatte. Die benutzte Apparatur (Mikroskop, Bogenlampe, Monochromator, Zeichenapparat u. dgl.) wurde mir vom Zoologischen Institut Gießen zur Verfügung gestellt. Ferner überließen freundlicherweise die Optischen Werke E. Leitz, Wetzlar, einen heiz- und kühlbaren Objektisch nach EISENBERG. Ich möchte es nicht unterlassen, auch an dieser Stelle besonders Herrn Prof. Dr. W. I. SCHMIDT für seine Anleitung und die Bereitstellung der Instrumente wie auch der Firma LEITZ für ihr Entgegenkommen meinen besten Dank auszudrücken, ohne die staatliche biologische Anstalt auf Helgoland zu vergessen, die sich bemühte, meine Untersuchungen möglichst zu erleichtern.

Die zu meinen Untersuchungen benutzten Tiere finden sich auf Hydroiden, die in der Rinne (SW) bei Helgoland aus einer Tiefe von etwa 45 m gedredht werden. Sie wurden erstmalig von W. I. SCHMIDT (1929, p. 362—367) aus den Seewasserbecken des Gießener Zoologischen Institutes als *Rhumblerinella bacillifera* beschrieben. Über die systematische Stellung dieser monothalamen Form wolle man dort vergleichen. Nach meinen neueren Beobachtungen scheint es, als ob das Tier auch röhrenartig gestreckte Form annehmen kann. In den Gießener Seewasserbecken fanden sich nämlich rundliche und röhrenartige Formen, doch nicht zu gleicher Zeit, vor. Wurde in die Becken frisches Material aus Helgoland gebracht, so trat zunächst nur die runde Form auf (die ich in Helgoland allein beobachtete, s. u.), nach einiger Zeit auch die röhrenförmige. Die längliche Form besitzt eine, im fixierten Zustande sehr deutlich wahrnehmbare, zarte Hülle aus organischer Substanz, die nicht doppelbrechend ist. Das Protoplasma enthält dieselben hantelförmigen Kalkkörper, wie sie SCHMIDT (1929) für die rundliche Form beschrieben hat; die Pseudopodien gehen von den beiden Enden der Röhre aus. In einem Falle wurde eine röhrenartige Form durchgeschnitten, ihre beiden Teile kugelten sich

ab und boten dann mit den neuentsandten Pseudopodien das typische Bild der von W. I. SCHMIDT beschriebenen *Rhumblerinella bacillifera*. Hier müssen noch genauere Untersuchungen entscheiden, ob nicht die röhrenartige Form nur unter dem Einfluß der Aquariumbedingungen entsteht.

In Helgoland wurden frisch gedredschte Hydroiden in ein Becken gesetzt, worauf sich nach einigen Tagen an den Glasscheiben des Aquariums Foraminiferen zeigten. Weitaus am häufigsten war eine *Miliolina*; *Rhumblerinella* zeigte sich hier und da, ebenso einzelne Stücke anderer Arten. Als bestgeeignet zu meinen Untersuchungen erwies sich *Rhumblerinella* wegen ihres reichen Pseudopodiennetzes; *Miliolina* kam nicht in Betracht, da der größte Teil der auf einen Objektträger gebrachten Tiere nicht genügend Pseudopodien aus sandte.

Zur Untersuchung kamen die Tiere auf einen Objektträger, dem Deckglasstreifen mit hartem Canadabalsam in einem Viereck aufgeschmolzen wurden, so daß beim Auflegen des Deckglases eine geschlossene Kammer entstand. Diese wurde mit einem Tier besetzt, dann kam der Objektträger in eine feuchte Kammer. Durchschnittlich nach etwa 15 Minuten hatte das Tier neue Pseudopodien ausgestreckt und konnte zum Experimentieren verwandt werden. Es wurden meistens sechs Objektträger mit je ein bis zwei Tieren zu gleicher Zeit in die feuchte Kammer gebracht, da in der Regel mindestens die Hälfte der Versuchstiere überhaupt keine neuen Pseudopodien entsandte; besonders an sehr warmen Tagen blieb Rhizopodienbildung aus.

Die Tiere waren fast alle so gut wie kreisrund, ihr Durchmesser betrug durchschnittlich 0,3 mm, er schwankte zwischen 0,1—0,4 mm. Einzelne über das Maß von 0,4 mm hinausgehende Exemplare waren für meine Untersuchungen nicht brauchbar, da sie beim Auflegen des Deckglases zerdrückt wurden; Erhöhung der Kammer hätte nur noch ein Beobachten mit schwächeren Objektiven zugelassen, die aber nicht ausreichten, um genauere Untersuchungen an den Pseudopodien durchzuführen. Abweichungen von der runden Gestalt kamen sehr wenig vor, waren vielleicht nur durch das Ein- und Auspipettieren oder durch den Druck des Deckglases bedingt.

Das längste unter dem Deckglas beobachtete Pseudopod maß 2,5 mm; im Aquarium habe ich einzelne von mindestens 5 mm beobachtet. Die normale Geschwindigkeit der Körnchenströmung bei Zimmertemperatur (20° C) schwankt zwischen 0,3—0,4 mm in der

Minute<sup>1)</sup>. Die Pseudopodien können ziemlich gleichmäßig um das ganze Tier verteilt sein; es werden jedoch in dem größeren Teil der Fälle einzelne Körperstellen für das Aussenden von Rhizopodien bevorzugt. So schien es öfters, als ob von einer einzigen Stelle aus mehrere Büschel in verschiedenen Richtungen ausgesandt würden. Die Anordnung der Pseudopodien zu einzelnen Gruppen war beim Wandern des Tieres die Regel. Die größten Geschwindigkeiten wurden erreicht, wenn nur in der Wanderrichtung des Tieres ein Büschel lag, und außer einigen Pseudopodien, die nach rückwärts gerichtet waren, keine mehr sonst vorhanden waren. Die Geschwindigkeiten des Wanderns siehe in den Tabellen S. 278 und 282. Das Mittel sämtlicher Beobachtungen beträgt 0,079 mm in der Minute (0,018 bis 0,227 als Grenzwerte). Läßt man die Extreme unter 0,03 und über 0,1 weg, so erhält man als Mittel 0,063 mm/Min.

Die Pseudopodien können eine beträchtliche Zugkraft gegenüber fremden Gegenständen ausüben (siehe Versuch vom 28. Sept. 1929 2<sup>49</sup> unter 5<sup>28</sup>—5<sup>58</sup>, S. 289 und Versuch vom 24. Sept. 1929 3<sup>00</sup>, S. 285), ebenso sind sie imstande, einem Drucke Widerstand entgegenzusetzen.

Im Aquarium war das Tier fast immer mit einem Kranz von Ballast umgeben, der die mehrfache Größe des Tieres betragen kann. Er besteht in der Hauptsache aus lebenden Diatomeen (*Navicula*); manchmal fanden sich auch kleine Foraminiferen dabei (ob lebend oder tot, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden). Dieser Ballast wurde auf dem Objektträger, sobald die Lebensbedingungen sich verschlechterten, allmählich zurückgelassen. Die Höchstgeschwindigkeiten beim Wandern der Tiere wurde von solchen erreicht, die keinen Ballast mehr hatten.

Weitere Beobachtungen an *Rhumblerinella bacillifera* stimmen mit den von W. I. SCHMIDT (1929, p. 362—393) beschriebenen überein.

Die Abbildungen wurden während der Beobachtungen mit Bleistift hergestellt und nachträglich den Anforderungen der Reproduktion entsprechend ausgeführt. Bis auf die mit „Skizze“ bezeichneten Figuren wurden die Umrisse mit Hilfe eines Zeichenapparates festgelegt; bei ersteren ist daher die Vergrößerungsangabe nur eine ungefähre.

---

<sup>1)</sup> VERWORN (1892, p. 60) teilt ohne nähere Angaben als mittlere Geschwindigkeit der Körnchenströmung 0,3—1,2 mm/Min. mit.

## II. Das Verhalten abgeschnittener Pseudopodien bei *Rhumblerinella*.

### 1. Die bisher in der Literatur vorliegenden Beobachtungen.

Die ersten Angaben über das Verhalten abgeschnittener Pseudopodien von Foraminiferen hat M. VERWORN (1892, p. 62—71, 1896, p. 1244 ff. und 1915, p. 444 ff.) gemacht. Ausführliche Untersuchungen bei Thekamöben (*Diffugia*) wurden ebenfalls von VERWORN, 1888 und 1890, und neuerdings von WM. KEPNER und B. D. REYNOLDS (1923, p. 22—37) unternommen. Auch bei anderen Rhizopoden hat man Untersuchungen über das Verhalten abgeschnittener kernloser Teile ausgeführt, so bei *Amoeba* von HOFER, 1889, (nach VERWORN, 1892) und bei Radiolarien von VERWORN (1892, p. 25—56). Als Versuchstiere dienten VERWORN *Thalassicolla pelagica*, *zancelea*, *nucleata* und *Astrolithium cruciatum*. Übereinstimmend stellte er fest, daß kernlose Teilstücke dieser Tiere bald nach dem Abschneiden das Aussehen unverletzter Tiere annehmen. Bei *Thalassicolla* beginnt nach 7—14 Stunden eine sichtbare Degeneration, bei dem wesentlich kleineren *Astrolithium* bereits nach 3—5 Stunden. Nach Fertigstellung meiner Arbeit erschien die Veröffentlichung von OKADA, 1930, die ich noch kurz berücksichtigen möchte. Er untersuchte *Actinosphaerium eichhornii* (Heliozoe), *Pelomyxa* (Amöbine) und *Diffugia acuminata* und *pyriformis* (Thekamöbe). Bei *Actinosphaerium* und *Pelomyxa* führte er Untersuchungen aus sowohl über das Verschmelzen ganzer Individuen miteinander wie über die Wiedervereinigung zwischen einem abgeschnittenen Teilstück und einem Individuum. Bei *Diffugia* stellte er nur die letztgenannten Experimente an. Über die Veränderungen abgeschnittener Axopodien von *Actinosphaerium* stellt er folgendes fest: (p. 53) „Trennt man Axopodien ab, so wird nach und nach die ganze Struktur der Axopodien umgebildet in eine runde körnige Plasmamasse und sogar die Achsenfäden werden weiter in indifferenziertes Protoplasma verwandelt...“ HOWLAND (p. 282) beobachtete, wie sich neue Pseudopodien an diesem runden Protoplasmaklumpchen bildeten und wie diese durch Eigenbewegung zu anderen Axopodien gelangten, die dem Hauptkörper angehörten. Wenn sie jedoch „nach Ablauf von 40 oder 50 Minuten noch nicht wieder aufgenommen waren, nahmen sie wieder Kugelgestalt an, wurden wieder ruhig und begannen hyalin zu werden“. Zugrunde gegangenes Protoplasma wird im allgemeinen von gesunden Axopodien nicht mehr aufgenommen. „Die protoplasmatische Vereinigung

kann sowohl an der Spitze und an der Seite als auch an der Basis eines ausgestreckten Axopodiums beginnen“. (p. 78) Die Teilstücke „werden in dem lebenden Körper aufgenommen, ohne daß irgendwelche Umwandlungserscheinungen, wie etwa Vakuolen, gebildet würden“. (p. 79) „Auf jeden Fall ersetzen die wiederaufgenommenen Teile, ob sie nun den Axopodien oder der Marksicht angehören, nicht direkt den fehlenden Teil des Zellkörpers, sondern sie werden gewissermaßen nur als indifferentes Rohmaterial wieder aufgenommen. Bei dem Verlauf wenigstens nähert sich daher der Vorgang eher einer Fütterung als einer wahren Transplantation.“ (p. 80) „Verpflanzt man ein Bruchstück von *Actinosphaerium*, das ganz klein ist, aber alle wesentlichen Bestandteile enthält, auf ein anderes“, so bleibt es in der Rindenschicht des aufnehmenden Tieres „anscheinend funktionsfähig zurück“ und sinkt nicht wie die Teilstücke weiter in das Innere hinein.

(p. 63) „Nach der Methode der „Enthäutung“ ist die Wiedervereinigung der Teilstücke von *Pelomyxa* nicht mehr schwierig. Sie vereinigen sich leicht längs der Berührungsfläche, wobei ihnen die Ströme, die schon erwähnt wurden (siehe p. 58), und die von einem Stück zum anderen über die Grenzfläche hinweg hinüberfließen, helfen. So mischen sich die Inhalte miteinander. Der Vorgang ist gut beobachtet worden.“

(p. 55) „Abgetrennte Pseudopodien von *Diffugia*, die man in die Mitte einer Anzahl von Tieren bringt, und deren Abstände von der Öffnung der einzelnen Schalen ungefähr gleich groß sind, kriechen immer mit der größten Sicherheit zu der Öffnung ihrer eigenen Schale hin. So bei *Diffugia acuminata* und *Diffugia pyramiformis*. (p. 91) „Bei *Diffugia* findet eine Verschmelzung abgeschnittener Pseudopodien nur statt, wenn diese von demselben Tier, aber nicht, wenn sie von einem anderen stammen. Das Bruchstück des Pseudopodiums restituiert direkt den fehlenden Teil und kann auch an eine andere Stelle des Körpers transplantiert werden; es behält dort seine Funktion bei. Das transplantierte Stück eines Pseudopods hat die Fähigkeit, die Bildung von Pseudopodien an jeder Stelle des Zellkörpers anzuregen, sogar an dem Hinterende (vgl. p. 81—86).“

Bereits VERWORN (1888 und 1890) hatte festgestellt, daß abgeschnittene Pseudopodien von *Diffugia* eine Zeitlang unter Pseudopodienbildung weiterlebten und auch herumkrochen (nach 1892, p. 18, 23). Ausführliche Beobachtungen an *Diffugia* führten jedoch erst KEPNER und REYNOLDS, 1923, an verschiedenen *Diffugia*-Arten aus, auf denen auch die Beobachtungen von OKADA fußen. KEPNER

und REYNOLDS fanden zu ihren Versuchen als bestgeeignet *Diffugia acuminata*, *corona*, *pyriformis*, *spiralis* und *vulgaris*. Diese wie auch die anderen Autoren benutzten zum Abschneiden von Pseudopodien meistens feine Glasnadeln. Die zum Vergleich mit vorliegender Arbeit wichtigsten Ergebnisse aus den Versuchen von KEPNER und REYNOLDS (1923) sollen hier wiedergegeben werden:

Betrug die Entfernung zwischen Zellkörper und Bruchstück nicht mehr als 0,5 mm, so fand normalerweise eine Verschmelzung statt; dabei war es gleichgültig, ob das Muttertier ruhig liegen blieb oder ob es verschoben wurde, selbst, wenn die Mündung in entgegengesetzter Richtung zum Bruchstück zu liegen gekommen war. Die Richtung, die das Tier beim Hinwandern auf das Bruchstück nahm, war unabhängig von dem Wege, auf dem es geschoben worden war. Bei größerer Entfernung als 0,5 mm kamen negative Ergebnisse vor. Die größte Entfernung, bei der noch eine Verschmelzung stattfand, betrug 1,5 mm, wobei der Zufall eine Rolle gespielt haben mag (p. 24—26). Auch war bei den Bruchstücken selbst eine aktive Bewegung in Richtung des Zellkörpers zu beobachten, was angeblich in mehreren Fällen unbedingt sichergestellt wurde (p. 30, 31). Jedoch konnte eine Verschmelzung von zwei Bruchstücken miteinander nicht festgestellt werden (p. 32). Die Frage, ob die Verschmelzung eine Art Nahrungsaufnahme darstellt, wird verneint. Niemals konnten Nahrungsvakuolen oder andere Anzeichen einer Verdauung gesehen werden, sondern das Bruchstück floß in das Pseudopod hinein, als ob es eine Abzweigung desselben wäre. Auch tritt eine Verschmelzung nur mit lebenden Bruchstücken ein; wird ein totes von einem Pseudopod umflossen, so wird es nach einiger Zeit wieder freigegeben (p. 27/28). Auffällig ist, daß die Verschmelzung niemals an der Spitze oder an der Basis eines Pseudopods stattfand, sondern stets in einer längeren mittleren Zone (p. 29).

Um nun zu den Foraminiferen selbst überzugehen, so sei zunächst eine Schilderung VERWORN'S über das Verhalten abgeschnittener Protoplasamassen gegeben. 1892, p. 65 schreibt er: „Schneidet man einem *Orbitolites complanatus* mit reicher Pseudopodienbildung die Pseudopodienmasse durch einen scharfen Schnitt unter möglichster Vermeidung von Zerrung ab, so tritt infolge des Durchschneidungsreizes auf sämtlichen Pseudopodien, von der Schnittstelle beginnend, zentripetale, d. h. nach der Schnittstelle gerichtete Protoplasmaströmung ein, die aber nur sehr langsam in distaler Richtung um sich greift, so daß die Enden der Pseudopodien meist erst 10 Minuten

nach der Durchschneidung anfangen sich zurückzuziehen, während sie bis dahin ungestört weiterströmen. Durch den Zufluß des Protoplasmas nach der Schnittstelle, die ja als Anziehungspunkt wirkt, da hier die dicksten Pseudopodienstränge sind, tritt hier eine oder einige wenige größere und solidere Ansammlungen von Protoplasma ein, aus denen meist kaum 2 Minuten nach der Abschneidung bereits neue Pseudopodien, den alten entgegengesetzt, hervortreten, um sich zu einem großen Netzwerk wie beim unverletzten *Orbitolites* zu entwickeln, während die Einschmelzung der alten auf der gegenüberliegenden Seite langsam vorschreitet.“ (p. 63) „Nach ca. 15—30 Minuten stellt die abgeschnittene Masse ein feinverzweigtes, von einem zentralen, soliden Protoplasma Klumpen ausstrahlendes Netzwerk von dickeren und dünneren, langen Pseudopodiensträngen dar, das genau dem Pseudopodiennetz eines unverletzten *Orbitolites* entspricht. Dieser völlig normale Zustand dauert je nach der Größe der Stücke  $\frac{1}{2}$ —3 Stunden. Nach dieser Zeit beginnen sich die ersten Degenerationserscheinungen bemerkbar zu machen. Die zentripetale Richtung der Protoplasmaströmung wird auf manchen Pseudopodien überwiegend, daher tritt nach und nach eine Verkürzung und bedeutende Verdickung der Hauptstränge ein, während andere Pseudopodien sich zur selben Zeit weiter strecken. Verschiedentlich werden sogar noch ganz neue, normale Pseudopodien vom Körper ausgestreckt. Im ganzen aber gewinnt der Prozeß der Pseudopodien-einziehung immer mehr die Oberhand.“ (p. 64) „Schließlich nach ca. 5—7 Stunden bildet die Zentralmasse einen rundlichen Klumpen ohne Pseudopodien, um den eine Anzahl von kleineren und größeren Protoplasma kugeln umher zerstreut liegen.“

Über das Verhalten der Pseudopodien eines Tieres zu solchen degenerierten Protoplasma massen berichtet VERWORN, 1892, p. 66: „Sobald die Berührung eines Pseudopodiums mit einer Kugel eingetreten war, haftete die Pseudopodienspitze an der Oberfläche der Kugel. Kurze Zeit darauf begann die Kugel an der Berührungsstelle sich hervorzubuchten und Substanz auf das Pseudopodium überfließen zu lassen. Das von der Kugel auf das Pseudopodium übertretende Protoplasma mit seinen Körnchen strömte darauf ziemlich schnell dem Körper zu und wurde in denselben aufgenommen. Dadurch, daß nach und nach mehr Pseudopodien mit der Kugelmasse in Berührung traten, und sich dieser Vorgang jedesmal in derselben Weise abspielte, veränderte allmählich die Kugel ganz ihre Gestalt, zog sich in die Länge, flachte sich ab und ließ ihr Protoplasma in dicken Strömen auf den Pseudopodien in zentraler



Richtung entlang gleiten“. (p. 67) „Indem immer mehr Masse von der Kugel auf die Pseudopodien übertrat und hier in zentripetaler Richtung nach dem Körper strömte, bildeten sich lange dicke Protoplasmastränge, die ihre Masse allmählich dem Körper zusandten. So verwandelte sich die ursprüngliche Protoplasmakugel in einen langen, breiten, verzweigten Strom, dessen Protoplasma und Körnchen hier langsamer, dort schneller dem Körper zufließen. Schließlich war die ganze Kugelmasse aufgenommen, und die Pseudopodien hatten sich damit ebenfalls an der betreffenden Stelle des Körpers ganz zurückgezogen. Bei allen Kugeln traten früher oder später je nach der Zeit der Berührung und Größe der Berührungsstelle mit den Pseudopodien dieselben Erscheinungen ein.“ „Niemals wurden Pseudopodien durch die Kugelmasse hindurch weiter ausgestreckt. Kam ein Pseudopodium, das schon weiter als bis zur Kugelmasse ausgestreckt war, in seitliche Berührung mit derselben, so daß es sie nur tangential streifte, so kam die Strömungsrichtung noch deutlicher zum Ausdruck, denn das von der Kugel auf das Pseudopodium übertretende Protoplasma floß auf diesem ausnahmslos in zentripetaler Richtung. Niemals floß auch nur der geringste Teil von der Berührungsstelle in distaler Richtung nach der Spitze des Pseudopodiums hin.“

Ergänzend hierzu seien noch einige Beobachtungen von JENSEN (1896 und 1901) angeführt. 1896, p. 186 führt er aus, „daß einander nahegekommene Fäden eines Tieres und eines Teilstückes mitunter den Anschein erweckten, als ob sie sich anzögen“. Beachtenswert ist die Feststellung, daß die (p. 190) Teilstücke eines Tieres von einem anderen Tier derselben Art erst dann eingezogen werden, wenn das Teilstück zumindest angefangen hat zu degenerieren. Die Pseudopodien sollen erst dann in das degenerierende Teilstück eindringen können und es, wie es mit Nahrungskörpern geschieht, zentripetal schaffen, (1901, p. 398) „indem das körnig zerfallende Protoplasma teils in einzelnen Partikeln, teils in größeren Klumpen an seinen Bestimmungsort gebracht wird“. (1896, p. 190) „Niemals jedoch beobachtet man unter den vorliegenden Bedingungen jenes intensive Bestreben des abgetrennten Protoplasmas, sich mit der normalen Pseudopodiensubstanz zu vermischen, das sich zwischen dem ersteren und seinem ursprünglichen Besitzer stets so deutlich bemerkbar macht.“

Nach dem Urteil von VERWORN und JENSEN verhalten sich Teilstücke von *Amphistegina lessonii* genau so wie die von *Orbitolites complanatus*.

## 2. Eigene Beobachtungen.

Im Verlaufe meiner Untersuchungen konnte ich die Beobachtungen VERWORN'S und JENSEN'S zum größten Teil bestätigen, so daß ich bei den Übereinstimmungen nicht auf Einzelheiten einzugehen brauche, wobei zu berücksichtigen ist, daß bei der wesentlich kleineren Menge Protoplasma, die mir zur Verfügung stand (siehe S. 257), alles schwieriger zu beobachten und die einzelnen Zeitabstände kürzer waren. Irgendwelche Angaben, ob zwischen dem Tier und dem abgeschnittenen Protoplasma bei den Foraminiferen ein Aufeinanderzuwandern stattfindet, konnte ich nirgends finden. Im Gegensatz zu den Feststellungen an *Diffugia* (S. 253) und *Actinosphaerium* (S. 251/252) konnte ich bei den 34 ausgeführten Versuchen mit *Rhumblerinella bacillifera* SCHMIDT weder aktives Wandern des Muttertieres noch des Teilstückes aufeinanderzu beobachten; vielmehr waren die Bewegungen unabhängig von der Richtung, in der das Tier bzw. das Teilstück lag; bei letzterem konnte ein aktives Wandern als Ganzes überhaupt nicht festgestellt werden. Fand eine Verschmelzung statt, so war sie mehr oder weniger dem Zufall überlassen, wobei ich niemals eine anziehende Wirkung zwischen den Pseudopodien der beiden Stücke beobachten konnte im Gegensatz zu JENSEN (S. 255). Das Hereinholen abgeschnittenen Protoplasmas geschah manchmal bei demselben Teilstück, teils so, daß es allmählich auf den Pseudopodien zentripetal abfloß, teils, daß es als große Brocken, die manchmal unterwegs in mehrere Stücke zerfielen, abtransportiert wurde (siehe Fig. 1 u. 2). Hierin stehen meine Beobachtungen im Gegensatz zu denen von VERWORN und JENSEN (S. 254/255). Beide Autoren stellten fest, daß Teilstücke desselben Individuums in dessen Pseudopodien selbst in degeneriertem Zustande hineinfließen, indem sie sich mit dem Protoplasma des Tieres vermischten. Nur beim Einziehen von degenerierten Teilstücken eines anderen Individuums soll nach JENSEN (1901, p. 398, siehe S. 255) ein Abtransport teilweise in Brocken stattfinden. Ich dagegen konnte in keinem Falle, selbst nicht bei sofortigem Einholen eigenen abgeschnittenen Protoplasmas, ein vollständiges Einfließen des Teilstückes in die Pseudopodien des eigenen Tieres beobachten; sondern immer wurden Teile des abgeschnittenen Protoplasmas in Brocken weggeschafft, was bei nicht mehr sich bewegendem Protoplasma fast ausschließlich geschah. Diese Klumpen veränderten während des Einziehens auf den Pseudopodien dauernd ihre Form, ohne sich jedoch aufzulösen.

Niemals konnte ich beobachten, daß Pseudopodien des Teilstückes als weitere Leitungsbahn der Rhizopodien = Pseudopodien (DOFLEIN, 1927, I. Teil, p. 81) des Tieres benutzt wurden, sondern alles wurde abtransportiert. Auch wurden Teilstücke, die keine Bewegung mehr zeigten (tot waren?), als Ganzes abtransportiert. Traten mehrere Teilstücke bald nach dem Abschneiden miteinander in Verbindung, so flossen sie meistens zu einem zusammen. Einzelheiten werden bei der Beschreibung der wichtigsten Versuche erläutert.

Die Lebensdauer der Bruchstücke nimmt mit der Größe zu. Sie beträgt im Durchschnitt  $\frac{1}{2}$  Stunde. Als Lebensdauer fasse ich die Zeit auf, in der noch leicht wahrnehmbare Bewegungen im Bruchstück vor sich gehen. Deutliche Körnchenströmung und, damit zusammenhängend, bewegliche Pseudopodien sind durchschnittlich 10—20 Minuten lang zu beobachten. Die Angaben über Größe und Geschwindigkeiten wurden unter Benutzung eines Okularmikrometers und durch Festlegung der Zeit berechnet. Über die Ermittlung der Mittelwerte siehe S. 271/272.

Es wurden 34 Versuche durchgeführt, wobei im ganzen 57 abgetrennte Stücke beobachtet wurden. Unter diesen fand bei 18 wieder eine Verschmelzung mit dem Tiere statt, bei den übrigen 39 trat keine ein. Je näher nun ein Bruchstück bei dem Tiere lag, um so häufiger erfolgte die Wiedervereinigung. Diese Tatsache soll nachfolgende Tabelle zeigen:

Entfernung des abgetrennten Stückes vom Tier	Anzahl der Stücke	davon verschmolzen	nicht verschmolzen	Tier ohne normale Pseudopodien
unbekannt	9	2	7	
bis 0,5 mm	15	10	5	2
„ 1,0 „	17	6	11	2
„ 1,5 „	12	—	12	
über 1,5 „	4	—	4	
Insgesamt	57	18	39	

In mehreren Fällen, bei denen die abgetrennten Stücke über 1,5 mm vom Tier entfernt lagen, wurde der Versuch nicht weiter beobachtet. Die Größe der zusammengezogenen Teilstücke betrug maximal 0,077:0,096 mm in den Durchmessern, der Durchschnitt lag bei einem mittleren Durchmesser von 0,03 mm, der der Tiere selbst bei 0,2—0,4 mm. Die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der die Teilstücke auf den Pseudopodien eingezogen wurden, betrug 0,2 mm pro Minute (von 0,1 bis 0,5 mm/Min.). Der Wert von 0,5 kommt nur bei Beginn des Einziehens vor. Näheres über Strömungs-

geschwindigkeit der Körnchen und über die Wandergeschwindigkeit des Tieres selbst siehe S. 277/279 u. 282.

### 3. Beschreibung einzelner Versuche.

Zum Abschneiden der Pseudopodien dienten Glasnadeln, die über einer 0,2—0,5 cm großen Flamme ausgezogen worden waren. Die Operation wurde mit der freien Hand bei etwa 60facher Vergrößerung ausgeführt, wobei es allerdings öfters vorkam, daß mehr ein Abreißen als ein Abschneiden stattfand, was jedoch für den weiteren Verlauf keine Bedeutung hatte. Verschoß sich das Tier nicht von seinem Platze, so blieben gewöhnlich die nicht abgeschnittenen Rhizopodien erhalten; wurde es jedoch von seinem Platze weggestoßen, was öfters erst durch das Auflegen des Deckglases geschah, so zog es seine Pseudopodien in sehr kurzer Zeit ein, um sie in den meisten Fällen nach einiger Zeit wieder auszustrecken. (Einzelheiten siehe in den beschriebenen Versuchen.)

Von meinen Versuchen möchte ich zuerst solche schildern, bei denen eine Verschmelzung zwischen Bruchstück und Tier eintrat.

Versuch vom 24. August 1929 10<sup>47</sup>.

Nachdem einige Pseudopodien mit der Glasnadel bei 60facher Vergrößerung abgeschnitten sind, wird ein Deckglas aufgelegt und eine 300fache Vergrößerung zur weiteren Beobachtung eingeschaltet (bei allen Versuchen wurde in dieser Form vorgegangen). Das Tier hat sämtliche Pseudopodien eingezogen. 10<sup>50</sup> ist das Protoplasma am basalen Ende der abgeschnittenen Rhizopodien zusammengefließen, wobei die meisten Pseudopodien zu einer Masse verschmolzen sind. Diese entsendet neue Pseudopodien in Richtung des Tieres, an dem ebenfalls neue Rhizopodien erscheinen. Die Pseudopodien des Teilstückes besitzen zentrifugale und -petale Strömung ebenso wie die des Tieres. 10<sup>52</sup> sind die Pseudopodien des Teilstückes mit denen des Tieres in Verbindung getreten. Manche wachsen ungestört durcheinander, bei den meisten aber ist eine Verschmelzung eingetreten. Es beginnt nun ein allmähliches Abfließen des Teilstückes auf den Pseudopodien des Tieres; um 10<sup>55</sup> ist seine Hauptmasse als Ganzes abtransportiert. 10<sup>56</sup> sind die ersten Teilchen des abgeschnittenen Stückes an dem Körper des Tieres angekommen. Um 10<sup>58</sup> ist bereits das Meiste von dem Tier aufgenommen, nur ein Stück der Hauptmasse ist auf halbem Wege liegen geblieben. Auch dieser Rest ist um 11<sup>05</sup> vollkommen unter dem Ballaste, der das Tier umgibt, verschwunden. Drei Stadien seines Einziehens zeigt Textfig. 1 a, b und c, wobei B die Grenze des Ballastes des Tieres, P die Pseudopodien des Tieres und T das Teilstück, das auf 1 b in zwei Teile (T1 + T2) zerrissen ist, bedeutet. Charakteristisch ist, daß sich die Form des Teilstückes fortwährend geändert hat. (Bei einem anderen, ähnlich ablaufenden Versuche wurde beobachtet, wie ein Teilstück zunächst von einem, dann von zwei Pseudopodien eingezogen wurde, wie es Textfig. 2 a und b zeigt.) Noch ein anderes kleines Teilstück liegt in einer Entfernung von 0,462 mm vom Tiere ziemlich an der ursprünglichen Stelle. Rhizopodien des Tieres sind mit ihm in Verbindung. Um 11<sup>09</sup> wird die Verbindung zwischen dem Tier und dem Teilstück

unterbrochen. (Aussehen des Teilstückes (T) siehe Textfig. 3.  $P_1$  und  $P_2$  sind Reste der abgerissenen Pseudopodien des Tieres.) Um 11<sup>11</sup> entsendet das Tier in Richtung des Teilstückes keine Rhizopodien mehr, sondern die Hauptmasse nach entgegengesetzter Seite. Bis 11<sup>30</sup> ist keine wesentliche Änderung eingetreten. Der Versuch wurde abgebrochen.

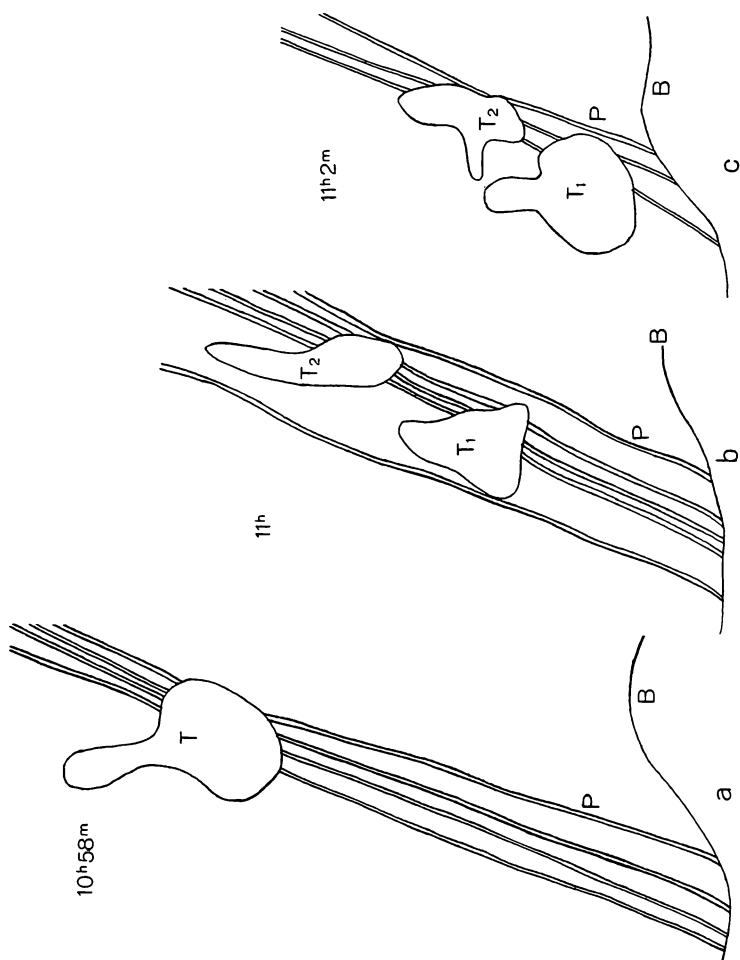


Fig. 1 a, b, c. Vergrößerung 200:1. a Ein Teilstück (T) wird von Pseudopodien (P) eines Tieres eingezogen. b Das Teilstück zerfällt in zwei Teile ( $T_1$  und  $T_2$ ). B = die Grenze des Ballastes, der das Tier umgibt. Beim Einziehen ändert sich dauernd die Gestalt der Teilstücke, wie es diese 3 Figuren deutlich zeigen.

Bei jedem Versuch war das Verhalten des Teilstückes mehr oder weniger immer wieder dasselbe. Sofort nach dem Abschneiden fließt das Protoplasma am basalen Ende des Teilstückes zusammen und entsendet neue Pseudopodien, die stärksten in Richtung der Verlängerung des basalen Endes, die daher nicht mit der Richtung, in der das Tier liegt, zusammenzufallen braucht. Besonders auf-

fallend am oben beschriebenen Versuche ist, daß das kleine Bruchstück um 11<sup>09</sup> nicht eingeholt wird, obgleich Pseudopodien des Tieres mit ihm in Verbindung stehen. Dasselbe konnte ich bei anderen Versuchen noch zweimal beobachten. Wäre das Einholen des Teil-

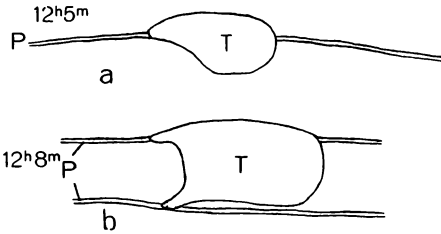


Fig. 2 a und b (Skizze). Vergrößerung (bei a) 170:1, (bei b) 200:1. Beide Skizzen stellen dasselbe Teilstück (T) dar, während es eingezogen wurde. Bei a auf einem Pseudopod des Tieres (P), bei b auf zweien gleitend.

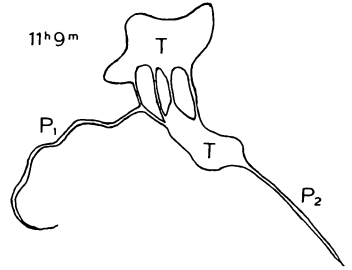


Fig. 3. Vergrößerung 190:1. Ein kleines Teilstück (T), das von Pseudopodien des Tieres erreicht war, die sich jedoch wieder zurückgezogen haben. Reste dieser Pseudopodien sind P1 und P2.

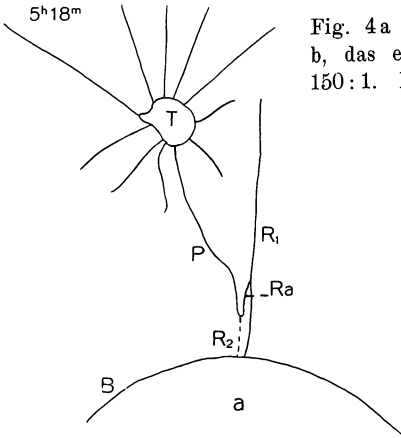


Fig. 4.

und dem des Tieres zu beobachten, bis ein neues Rhizopod (R2) vom Tiere entsandt wurde. Nachdem diese direkte Verbindung mit dem Tier hergestellt war, fand das Einziehen des Teilstückes statt.

stückes einfach ein Abfließen in das Tier, so dürfte das Teilstück nicht in größeren Brocken eingezogen werden, sondern müßte allmählich in die Pseudopodien des Tieres aufgehen. Auch wäre dann ein Liegenbleiben eines Teilstückes, nachdem Rhizopodien des Tieres mit ihm in Verbindung waren, vollkommen unerklärlich. Vielmehr

scheint mir der ganze Vorgang sich nach Art der Nahrungsaufnahme zu vollziehen (vgl. OKADA, 1930, p. 79, S. 252), was der folgende Versuch weiterhin beweisen soll.

Versuch vom 7. September 1929 5<sup>13</sup>.

Ein breites Pseudopod wird abgeschnitten. Nach Auflegen des Deckglases besitzt das Tier auf der zum Teilstück entgegengesetzten Seite noch Rhizopodien. Entfernung des Tieres vom Teilstück beträgt 0,788 mm. Um 5<sup>16</sup> hat sich das Teilstück zusammengezogen und viele neue Pseudopodien ausgebildet. 1—2 Minuten später kommt ein Pseudopod (siehe Textfig. 4a und b, wobei b einen Teil von a zur klareren Übersicht vergrößert darstellt) des Teilstückes (T), das besonders lang vom basalen Ende aus in Richtung des Tieres vordrang, mit einem Rhizopod des Tieres ( $R_1$ ) in Berührung. (Das Bruchstück hatte auch in anderer Richtung lange Pseudopodien ausgesandt.) Das Pseudopod des Bruchstückes floß nun nicht, wie es bei einer gegenseitigen Anziehung zu erwarten wäre, in das des Tieres hinein, sondern versuchte in der ihm eigenen Richtung weiter vorzudringen, wobei sich ein neues Rhizopodium ( $R_a$ ) vom dem des Tieres abspaltete und mit dem des Teilstückes in Verbindung blieb. Plötzlich trat eine neue, diesmal direkte Verbindung ( $R_2$ ) mit dem Tier ein, wie, konnte ich nicht beobachten; doch bis zu diesem Augenblick konnte man eine Berührungsschicht zwischen dem Pseudopod des Teilstückes und dem von dem Rhizopod des Tieres abgespaltenen deutlich unterscheiden (V). Erst nachdem die direkte Verbindung mit dem Tier hergestellt war, begann das Einziehen.

Die ganze Art, wie die Verbindung stattfand, machte unwillkürlich den Eindruck eines Einfangens einer Beute auf mich. Ich konnte nämlich auch ein anderes Mal beobachten, wie sich, genau wie in diesem Falle, ein neues Pseudopod aus einem anderen abspaltete, um eine Beute, die zu entwischen versuchte, festzuhalten. Wie das zu dieser schnellen Neubildung erforderliche Material in so kurzer Zeit herbeigeschafft wird, ist mir nicht klar.

5<sup>30</sup>, also 12 Minuten, nachdem die erste Berührung stattfand, war das Teilstück ganz eingeholt. Auch hier wurde das Teilstück vollkommen eingezogen. Obgleich es sehr schöne Pseudopodien besaß, wurde keines als Fortsetzung von solchen des Tieres verwandt.

Versuch vom 23. September 1929 9<sup>13</sup>.

Mehrere Pseudopodien wurden abgerissen, so daß 9<sup>33</sup> vier Teilstücke vorhanden sind. Die Entfernung vom eigentlichen Tier (ohne Ballast) beträgt bei Teilstück 1 = 0,315, bei 2 = 0,472, bei 3 = 0,472, bei 4 = 0,63 mm (über ihre Lage siehe Textfig. 5). Das Tier, das keine Pseudopodien mehr besitzt, ist stark von Ballast umgeben. In ihm befinden sich drei kleine Foraminiferenschalen anderer Arten. Bis 9<sup>30</sup> hat sich das Protoplasma der Teilstücke noch mehr konzentriert. 3 und 4 stehen durch Pseudopodien miteinander in Verbindung. Kürzeste Entfernung von Pseudopodien des Teilstückes 3 bis zum Ballast des Tieres beträgt 0,12 mm. Um 9<sup>34</sup> ist ein Teil des Teilstückes 1 abtransportiert worden; es läßt sich gerade noch das Verschwinden eines Protoplasmaklumpens im Ballast beobachten, obgleich sonst keine Pseudopodien des Tieres zu sehen sind. Teilstück 2 hat sich etwas verlagert, aber nicht gerade auf das Tier zu.

Es ist einer der seltenen Fälle — im ganzen höchstens sechs beobachtet —, bei denen eine deutliche Verlagerung des Teilstückes vor sich ging. Dies findet statt, indem aus dem basalen Ende des abgeschnittenen Pseudopods, wie normal, neue Rhizopodien entstehen, und indem das sich zusammenziehende Protoplasma nicht, wie gewöhnlich, an dem ursprünglichen Ende des abgeschnittenen Pseudopods liegen bleibt, sondern auf den neuen Rhizopodien sofort oder kurze Zeit später ein Stück nachströmt und so seine Sammelstelle eine Strecke vorverlegt. Auch das Gegenteil wurde beobachtet, daß nämlich die Zusammenballung des Protoplasmas ein Stück vor dem Ende des abgeschnittenen Pseudopods stattfand.

Um 9<sup>53</sup> zeigen die Teilstücke keine deutliche Veränderung mehr; sie liegen alle bis 0,5 mm vom Ballast des Tieres ab: restlicher Teil von Bruchstück 1 ist 0,231 mm, das Bruchstück 2 ist 0,12 mm, das Stück 3 ist 0,231 mm, das Stück 4 ist 0,35 mm entfernt, jeweils gemessen bis zur Hauptmasse der Bruchstücke. Das

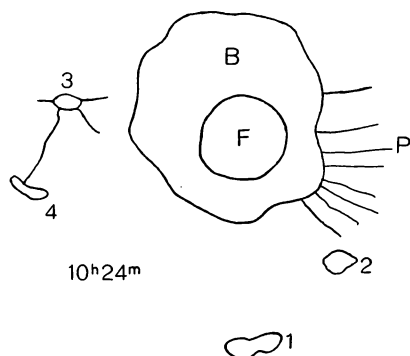


Fig. 5.

(Zustand auf der Figur). 10<sup>35</sup> wird auch der Rest des Teilstückes 1 von den Pseudopodien erreicht und eingeholt. Obgleich die Teilstücke 3 und 4 nicht weiter vom Tier entfernt liegen als Teilstücke 1 und 2, werden sie nicht aufgenommen, sondern das Tier zieht um 11<sup>00</sup> seine Pseudopodien allmählich ganz ein, nachdem einige bis in die Nähe der beiden Teilstücke vorgedrungen waren.

Tier entsendet Pseudopodien in Richtung der Teilstücke 1 und 2, allerdings in etwas höherer Ebene. Um 9<sup>57</sup> hat sich ein Rhizopod über das Teilstück 2 geschoben, ist aber gleich wieder eingezogen worden; jedoch um 10<sup>05</sup> hat ein anderes Pseudopod das Teilstück 2 erreicht und dieses ein Stück näher an das Tier herangeholt. Um 10<sup>06</sup> liegt das Teilstück wieder still, wird um 11<sup>09</sup> zurückgezogen und ist 10<sup>10</sup> ganz verschwunden. Kurz danach auch das berührende bzw. einziehende Pseudopod. Das Bruchstück 2 hat während seines Abtransportes dauernd seine Form geändert. 10<sup>12</sup> ist nach den Seiten der restlichen Teilstücke hin, die alle drei in verschiedener Richtung zum Tiere liegen, kein Pseudopod des Tieres mehr zu sehen (siehe Fig. 5, F = Tier, B = Ballast, P = Pseudopodien des Tieres, 1 = restlicher Teil des Bruchstückes 1, 2 = Lage des Bruchstückes 2 um 10<sup>00</sup>, 3 und 4 ebenfalls Teilstücke). Um 10<sup>25</sup> hat die Zahl der Rhizopodien gegenüber

Fig. 5 (Skizze). Vergrößerung 55:1. Ein Tier (F), das stark von Ballast (B) umgeben ist, mit 4 Teilstücken (1, 2, 3, 4). Die Teilstücke haben ihre Pseudopodien zum größten Teil bereits eingezogen. Das Tier besitzt Rhizopodien (P), jedoch in der Hauptsache nicht in Richtung der Bruchstücke. Schon bald, nachdem die Pseudopodien des Tieres abgeschnitten waren, wurde ein Stück des Teilstückes 1 eingezogen. Erst 1 Stunde später (10<sup>10</sup>) wurde das Teilstück 2 eingeholt. Hiernach gingen die Pseudopodien wieder etwas zurück



10<sup>10</sup> zugenommen, auch in der Nähe von Bruchstück 1 sind neue vorhanden. Um 10<sup>30</sup> ist ein Pseudopod nur noch 0,04 mm vom Bruchstück 1 entfernt, es zieht sich jedoch sofort wieder ein Stück zurück (10<sup>31</sup>), um wieder vorzustößen und das Bruchstück 1 um 10<sup>33</sup> endgültig zu erreichen. Der größte Teil wird um 10<sup>35</sup> abtransportiert; er wird an einer Gabelstelle in mehrere Stücke zerteilt und auf drei Pseudopodien weiter eingeholt. Um 10<sup>37</sup> ist er ganz eingezogen. Um 10<sup>38</sup> wird auch der Rest des Teilstückes stückweise abgeschleppt. Um 10<sup>55</sup> erscheinen in der Nähe der Bruchstücke 3 und 4 die ersten Rhizopodien des Tieres; die Bruchstücke selbst besitzen keine mehr. Jedoch um 11<sup>00</sup> sind die den Teilstücken am nächsten befindlichen Pseudopodien wieder eingezogen worden. Bis 11<sup>45</sup> ist kein Pseudopod mehr vorhanden. Die Teilstücke 3 und 4 haben sich nicht mehr verändert. Versuch abgebrochen. Dasselbe gilt für 12<sup>30</sup> und 18<sup>00</sup>.

Besonders der letzte Versuch zeigt, daß ein Einholen von Teilstücken durch das Tier selbst aus kürzerer Entfernung nicht eintreten braucht. Es scheint vielmehr dem Zufall überlassen zu sein, einmal, in welche Richtung das Tier gerade Pseudopodien entsendet, andererseits, ob diese auf ein Teilstück stoßen und es einziehen. Bei den nun folgenden Versuchen fand überhaupt keine Verschmelzung zwischen dem Teilstück und dem Tiere statt, ein Ergebnis, wie es bei über 50 Proz. der geprüften Fälle zu beobachten war (siehe Tabelle S. 257).

Versuch vom 24. August 1929 9<sup>00</sup>.

Eine größere Masse von Pseudopodien wurde abgerissen. Das Tier hat seine Rhizopodien eingezogen. Die Veränderungen des größten Teilstückes innerhalb 90 Minuten gibt Fig. 6a—m wieder. Um 9<sup>02</sup> hatte das abgeschnittene Protoplasma bereits begonnen zusammenzufießen und entsendet jetzt das erste Rhizopod in basaler Richtung; 9<sup>10</sup> ist auch das Tier wieder reich an Rhizopodien. Um 9<sup>15</sup> beträgt die Entfernung des Bruchstückes, das die größte Ausdehnung seines Rhizopodiennetzes erreicht hat, vom Tier 1,89 mm (vgl. dazu Erläuterung zu den Figuren). Um 9<sup>25</sup> hat sich das Tier, das einzelne Pseudopodien von 0,945 mm Länge besitzt, vom Bruchstück entfernt; dessen Centrum ist rötlich gefärbt, wovon beim Tier nichts zu sehen ist. (Eine Färbung habe ich sonst nie mehr beobachtet.) Bis 9<sup>40</sup> ist das Tier noch weiter ab und die Rhizopodien des Bruchstückes sind bis auf zwei kurze alle eingezogen worden. — Um 9<sup>50</sup> zeigt das Bruchstück keine deutliche Veränderung gegenüber 9<sup>40</sup>, ab 9<sup>20</sup> ist bereits keine Körnchenströmung mehr vorhanden. Die Pseudopodien verändern sich noch ruckweise oder werden ganz allmählich ohne sichtbare Körnchenströmung eingezogen. Das Tier ist inzwischen bis auf 1,89 mm an das Teilstück herangerückt, doch um 10<sup>15</sup> hat es sich wieder weiter entfernt, währenddessen wurden die Pseudopodien des Bruchstückes ganz eingezogen. Um 11<sup>30</sup> wurde der Versuch abgebrochen.

Fig. 7. Dieser Versuch wie auch das Beispiel der Fig. 7 zeigen deutlich, daß das Teilstück keinen Einfluß auf die Wanderrichtung des Tieres besitzt, und daß keine anziehende Wirkung vom Teilstück aus auf die Pseudopodien des Tieres besteht; sonst hätte wohl das Pseudopod des Tieres nicht in einer Entfernung von

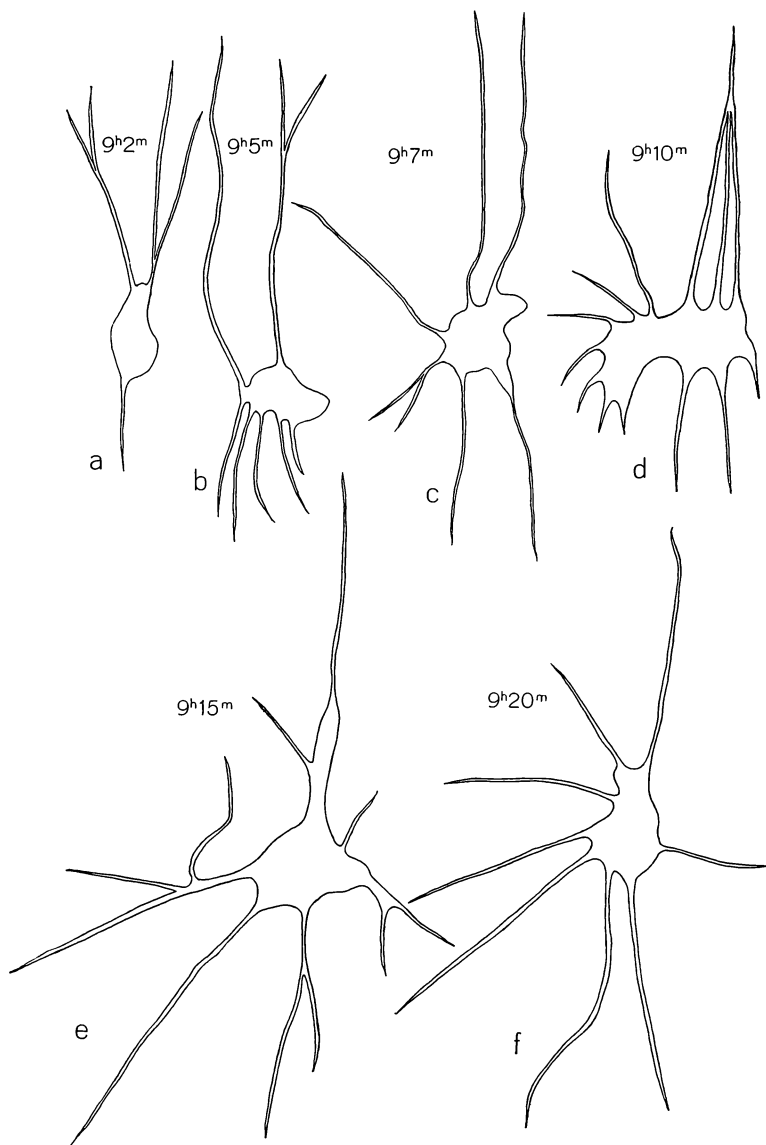


Fig. 6. (Erklärung siehe S. 265.)

0,04 mm am Bruchstück vorbeigehen können (vgl. Fig. 7). Niemals konnte ich das Wandern eines Teilstückes beobachten.

Der nächste Versuch zeigt, daß auch dann kein selbständiges Hinwandern des Teilstückes auf das Tier eintritt, wenn das Teilstück mit ihm in Verbindung steht.

Versuch vom 8. September 1929 4<sup>03</sup>. Es wurden Pseudopodien abgeschnitten, und um 4<sup>05</sup> beträgt die Entfernung des Teilstückes vom Ballast des

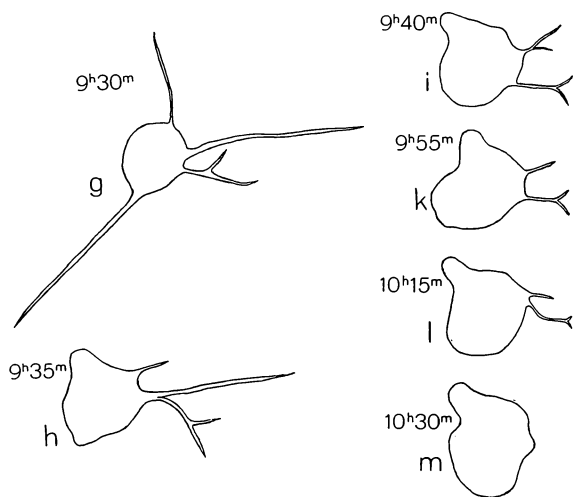


Fig. 6.

Fig. 6 a—m. Vergrößerung 150 : 1. Diese Figuren zeigen die Veränderung eines Teilstückes, das nicht eingezogen wurde, vom Zusammenfließen der abgeschnittenen Pseudopodien und vom Neuentsenden der Rhizopodien, deren Höhepunkt in 6 d und e liegt, bis zum völligen Verschwinden äußerlicher Lebenserscheinungen. Auffallend ist die verschieden große Fläche, die das Protoplasma einnimmt.

Wenn auch die Möglichkeit besteht, daß zwischen 6 a und d ein benachbartes Teilstück dazugeflossen ist, so ist doch von 6 e ab eine deutliche Abnahme der Flächenausdehnung zu bemerken. Hierbei änderte sich die Menge des Protoplasmas bestimmt nicht, so daß wohl auch ab 9<sup>03</sup> die Masse des Protoplasmas dieselbe geblieben sein kann, vor allem, da auch kein Zufießen eines Bruchstückes zu beobachten war. Auch bei anderen Teilstücken konnte ich einen auffallenden Flächenunterschied feststellen. Diese Unterschiede sind m. M. darauf zurückzuführen, daß einmal die Protoplasteilen dichter zu liegen kommen, andererseits, daß das Teilstück aus einer hauptsächlich zweidimensionalen Ausdehnung in eine mehr dreidimensionale, d. h. aus einer Fläche in eine kugelige Gestalt übergeht. Sichere Anhaltspunkte, ob diese Annahmen stimmen, konnte ich nicht finden. Doch scheint mir die Pseudopodienbildung des Tieres selbst für meine Annahme zu sprechen, da ja die Fläche, die die Pseudopodien einnehmen, meistens die des Tieres um das Vielfache übertrifft. Ich erinnere nur daran, daß man öfters selbst unter dem Mikroskop einen Kranz von Pseudopodien beobachten kann, deren Länge mehr als das Zehnfache des Tieres beträgt. Auch spricht VERWORN (1896, p. 1246) von der Kugelform, die ein Bruchstück nach einiger Zeit einnimmt.

Tieres 0,63 mm, bis zum Tier selbst 0,945 mm. Der basale Teil des Bruchstückes entsendet in Richtung des Tieres starke neue Pseudopodien, die um 4<sup>08</sup> den Ballast des Tieres erreicht haben (siehe Fig. 8). Um 4<sup>18</sup> beginnt das Bruchstück (Br.) seine Pseudopodien (P) wieder einzuziehen, und um 4<sup>22</sup> besteht keine Verbindung mehr zwischen Bruchstück und Tier (F). Erst um 4<sup>27</sup> beginnt das Tier seinerseits Pseudopodien zu entsenden und zwar von der Stelle, an der Rhizopodien des Bruchstückes in den Ballast (B) eingedrungen waren. Um 4<sup>35</sup> hat das Tier seine Pseudopodien wieder eingezogen; auch am Bruchstück haben sich die Rhizo-

podien stark verkürzt. Ab 4<sup>55</sup> ist keine Veränderung des Bruchstückes mehr feststellbar. Um 5<sup>05</sup> entsendet das Tier nochmals neue Rhizopodien und zwar wiederum von derselben Stelle wie um 4<sup>27</sup>. Bis 5<sup>30</sup> haben die Rhizopodien etwas an Größe zugenommen; es sind jedoch keine neuen mehr entstanden. Der Versuch wurde abgebrochen.

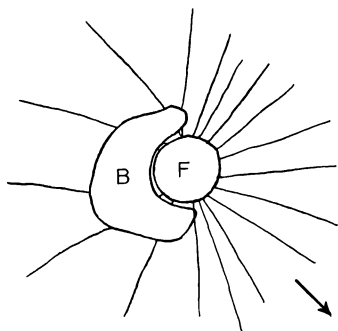


Fig. 7.

Fig. 7 (Skizze). Vergrößerung 45:1. Ein Tier (F) mit 2 Teilstücken (1 und 2). B = Ballast. Das Tier wandert in Rich-

o<sup>1</sup> 20

12<sup>h</sup>18<sup>m</sup>

tung des Pfeiles weg, ohne die Teilstücke einzuziehen, obgleich es mit einem Pseudopod bis auf 0,04 mm an eines von ihnen herangekommen war.

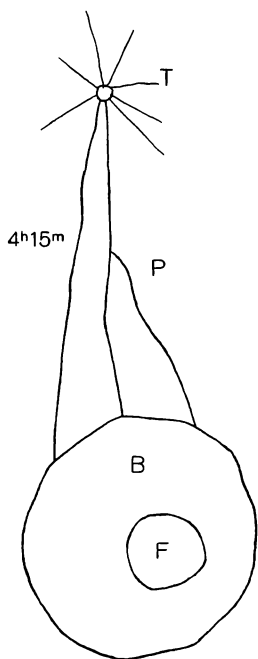


Fig. 8.

Fig. 8 (Skizze). Vergrößerung 40:1. Ein Tier (F), umgeben von Ballast (B), mit seinem Teilstück (T), das ausstrahlt und seine längsten Pseudopodien (P) zumindest bis in den Ballast des Tieres entsendet. Ob seine Pseudopodien das Tier selbst erreichten, konnte nicht festgestellt werden. Das Tier besitzt keine neuen Pseudopodien. Das Teilstück hat 10 Min., nachdem die Verbindung mit dem Ballast hergestellt war, seine Rhizopodien wieder eingezogen, ohne daß es auf das Tier zugewandert ist. Nachdem die Verbindung unterbrochen war, entsendete auch das Tier neue Pseudopodien. Doch fand auch im Laufe der weiteren Beobachtung keine Verschmelzung mehr statt.

#### Erläuterung zu diesem Versuch:

Nachdem nur etwas Protoplasma am basalen Ende der abgeschnittenen Pseudopodien, die eine Mindestlänge von 1,9 mm besaßen, zusammengelaufen war, bildeten sich neue Rhizopodien und zwar besonders lange in Richtung des Tieres. Mehrere Pseudopodien erreichten zu gleicher Zeit das Tier, d. h. sichtbar nur seinen Ballast (siehe

Fig. 8), sie wurden jedoch nach einiger Zeit wieder eingezogen. Mittlerweile hatte sich die Hauptmenge des abgeschnittenen Protoplasmas zusammengezogen bis zu einem Durch-

messer von 0,077:0,096 mm; es stellte eines der größten beobachteten Teilstücke dar. In der ursprünglichen Richtung der abgeschnittenen Pseudopodien (auf das Tier zu) befanden sich an dem Bruchstück nur noch kurze Rhizopodien. Sein Protoplasma konzentrierte sich nicht näher nach dem Tiere hin, sondern um 0,3 mm weiter von der Stelle entfernt, wo ursprünglich das basale Ende der abgeschnittenen Pseudopodien lag, obgleich das Bruchstück seine Pseudopodien bis zum Tier entsandt hatte (vgl. Angabe von 4<sup>05</sup> und Fig. 8 4<sup>15</sup>). Beim Einziehen der Pseudopodien des Teilstückes, die mit dem Tiere in Verbindung standen, blieb ein Stück der Rhizopodien beim Tier zurück, der größte Teil wurde allerdings vom Bruchstück eingeholt.

Es erhebt sich nun die Frage, ob die neuentstehenden Pseudopodien des Tieres von den Reststücken der Rhizopodien des Teilstückes herrühren, oder ob es Neubildungen des Tieres sind. Letzteres scheint mir das Zutreffende zu sein, weil ich niemals beobachtet habe, daß ein Teilstück, sobald es beginnt, seine neugebildeten Pseudopodien einzuziehen, nochmals neue entsendet (im Gegensatz zu VERWORN, 1892, p. 63, S. 254). Außerdem kommt hier noch dazu, daß solch kleine Protoplaststückchen viel schneller zugrundegehen als größere Teilstücke. Daß das Tier zweimal hintereinander an derselben Stelle neue Pseudopodien entsendet, ist kein Grund gegen meine Auffassung, denn schon um 4<sup>00</sup> gingen die vorhandenen Pseudopodien alle von einer Stelle aus. Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß das Tier seit dem Abschneiden ruhig liegen geblieben ist, so daß diese Stelle in ihrer ursprünglichen Lage, d. h. dem Bruchstücke zugewandt, blieb, wonach also das Tier an derselben Stelle wie um 4<sup>00</sup> auch um 5<sup>05</sup> seine Pseudopodien entsandte. Hiermit stimmt überein, daß die Verlängerung des basalen Endes des Bruchstückes, nämlich seine neuausgeschickten Rhizopodien, geradenwegs das Tier trafen. Dieses hatte sich jedoch zu dieser Zeit noch nicht von dem Eingriffe erholt, so daß es seinerseits gewissermaßen nicht fähig war, eine Verbindung mit den Rhizopodien des Bruchstückes herzustellen, um es selbst einzuziehen zu können.

Ich halte es durch diesen Versuch endgültig für sichergestellt, daß ein Bruchstück bei dieser Foraminiferenart aus sich heraus keine Bewegungen auf das Tier hin ausführt, im Gegensatz zu den Thekamöben (bei *Diffugia*) (KEPNER und REYNOLDS, 1923, p. 30/31 und OKADA, 1930, p. 55, S. 252/253) und Heliozoen (OKADA, 1930 und HOWLAND, 1928, S. 251/252).

## 4. Zusammenfassung.

Die Feststellungen M. VERWORN'S (1891, p. 62f., 1896, p. 1246 und 1915, p. 444f.), daß sich nämlich das Protoplasma abgeschnittener Pseudopodien von Foraminiferen am proximalen Ende des Bruchstückes ansammelt und sich, nachdem es noch kurze Zeit neue Rhizopodien entsandt hatte, abkugelt, konnte ich auch bei meinen Versuchen vollauf bestätigen.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen an Thekamöben von KEPNER und REYNOLDS und anderen (siehe oben) stellte ich an den Foraminiferen folgendes fest (vgl. auch S. 256/257): Werden *Rhumblerinella* eins oder mehrere Pseudopodien abgeschnitten, so findet kein gegenseitiges Aufeinanderzuwandern statt, sondern es bleibt dem Zufall überlassen, ob eine Verschmelzung zwischen dem Teilstück und dem Tier erfolgt. Geht diese vor sich, so erweckt sie den Eindruck einer Nahrungsaufnahme (siehe besonders Versuch vom 7. September 1929 5<sup>13</sup>, S. 261 und Fig. 1a—c). Es werden lebende und tote (keine merkbliche Bewegung zeigende und rhizopodienlose) Teilstücke in gleicher Weise eingezogen. Das Protoplasma der abgeschnittenen Rhizopodien sammelt sich am ehemaligen proximalen Ende und entsendet neue Pseudopodien, die längsten in Richtung der zentripetalen Verlängerung der ursprünglichen Rhizopodien, unabhängig, ob das Tier noch dort liegt oder nicht. Nach durchschnittlich 15 Minuten beginnt das Einziehen dieser Pseudopodien, und das Bruchstück kugelt sich ab. Bleiben das Bruchstück und das Tier ungestört liegen, so tritt normalerweise eine Verschmelzung ein, da einmal das Tier an der alten Stelle (einige Male sicher beobachtet) neue Pseudopodien entsendet, andererseits das Bruchstück regelmäßig am basalen Ende, d. h. also in der ursprünglichen Richtung auf das Tier neu ausstrahlt (vgl. JENSEN, 1896, p. 187). Das Bruchstück ist allein nicht fähig, sich auf das Tier hin zu bewegen, sondern dazu bedarf es der aktiven Mitwirkung des Tieres (siehe Versuch vom 8. September 1929 4<sup>03</sup>, S. 265/267). Fehlt diese, so bleibt das Bruchstück an seiner ursprünglichen Stelle liegen und geht dort durchschnittlich nach einer halben Stunde zugrunde. Treten zwei oder mehrere Bruchstücke bald nach dem Abschneiden miteinander in Verbindung, so fließen sie normalerweise zu einem zusammen. Hierbei wird durchschnittlich die kleinere Protoplasamasse zur größeren herangezogen. Sind die Bruchstücke ziemlich gleich groß, so kann es vorkommen, daß sie zu einem neuen Centrum zwischen den beiden ursprünglichen

Protoplastamassen zusammenfließen. Niemals konnte ich eine deutliche anziehende Wirkung zwischen Pseudopodien verschiedener Bruchstücke, oder zwischen Pseudopodien eines Bruchstückes und solchen des Tieres beobachten, jedoch öfters, daß solche Pseudopodien bis auf 0,01 mm genähert waren, ohne zu verschmelzen. In drei Fällen wurde sogar die Verbindung zwischen verschmolzenen Pseudopodien wieder gelöst. Beginnt das Tier überhaupt zu wandern, so ist seine Richtung unabhängig von der Lage der Bruchstücke. In keinem einzigen Falle wurde ein Verschmelzen durch Näherwandern des Tieres erreicht.

Es konnte mithin bei meinen Versuchen kein Anhaltspunkt dafür gewonnen werden, daß bei *Rhumblerinella* ein anziehender Einfluß zwischen Zellkörper (Tier) und abgetrenntem Protoplasma (Teilstück) besteht.

## 5. Kurze Zusammenfassung der bisher bekannt gewordenen Ergebnisse an Rhizopoden.

1. Bei allen Rhizopoden (siehe S. 251/255) beobachtet man ein zeitweises Weiterleben abgeschnittener kernloser Protoplastamassen, indem sie die Bewegungen des normalen Tieres ausführen. Bei den Amöbinen: *Amoeba*: HOFER, 1889, *Pelomyxa*: OKADA, 1930 (PROWAZEK, HATSCHKE, BOTT nach OKADA, p. 45); bei den Thekamöben: *Diffugia*: VERWORN, 1888 und 1890, KEPNER und REYNOLDS, 1923, OKADA, 1930; bei den Foraminiferen: *Polystomella crispa*: VERWORN, 1888, *Orbitolites* und *Amphistegina*: VERWORN, 1892, 1896 und 1915, *Rhumblerinella*: Verf.; bei den Heliozoen: *Actinosphaerium*: HOWLAND, 1928, OKADA, 1930; bei den Radiolarien: *Thalassicolla* und *Astrolithium*: VERWORN, 1892.

2. Ein selbständiges Verschmelzen zwischen kernlosen Teilstücken und einem Individuum ist beobachtet worden bei den Thekamöben: *Diffugia*: KEPNER und REYNOLDS, 1923, und OKADA, 1930; bei den Foraminiferen: *Orbitolites*, *Amphistegina* und *Rhumblerinella* von den unter 1. angeführten Verfassern; ebenso bei den Heliozoen: *Actinosphaerium* und bei den Radiolarien: *Thalassicolla*. Eine nur durch das Experiment herbeigeführte künstliche Verschmelzung wurde bei den Amöbinen *Pelomyxa*: OKADA, 1930, erreicht. PROWAZEK und BOTT (nach OKADA, 1930, p. 45) gelang es nicht, eine dauernde selbständige Verschmelzung zwischen einem Teilstück und einem Individuum dieser Art zu erreichen, wohingegen es HATSCHKE (nach OKADA, p. 45) gelungen sein soll, ebenso PROWAZEK bei einer anderen Amöbine.

3. Ein aktives Wandern des Teilstückes auf das Tier hin wurde beobachtet bei den Thekamöben: *Diffugia* KEPNER und REYNOLDS, 1923, und OKADA, 1930; bei den Heliozoen: *Actinosphaerium* HOWLAND, 1928, und OKADA, 1930. Bei den Foraminiferen *Rhumblerinella* Verf. bleibt die Verschmelzung dem Zufall überlassen, das Teilstück wandert überhaupt nicht.

4. Das aufgenommene kernlose Teilstück dient nur zur Vermehrung der nichtdifferenzierten Protoplasamasse des Individuums bei den Heliozoen: *Actinosphaerium*: HOWLAND und OKADA, bei den Foraminiferen: *Orbitolites* und *Amphistegina*: VERWORN und JENSEN, *Rhumblerinella*: Verf. Das kernlose Teilstück behält nach der Aufnahme seine ursprüngliche Funktion bei den Thekamöben: *Diffugia*: OKADA; bei den Radiolarien: VERWORN, 1892.

### III. Der Einfluß verschiedener Temperaturen auf die Bewegung von *Rhumblerinella*.

#### 1. Einzelne Versuche.

Auch auf diesem Gebiete ist es VERWORN (1915, p. 478f.) gewesen, der die ersten Versuche an Foraminiferen anstellte. Er untersuchte *Orbitolites* und schreibt darüber unter anderem folgendes:

Bei zunehmender Temperatur findet zunächst eine Steigerung der Protoplaswabewegung statt, bis bei ungefähr 35° C die Pseudopodien unter Bildung von Kügelchen eingezogen werden. Die beiden Phasen der Bewegung, die Expansions- und die Kontraktionsphase werden durchaus nicht gleichmäßig erregt. So beobachtet man bei marinen Rhizopoden mit langen fadenförmigen Rhizopodien, daß bis zur Temperatur von 31—32° C hinauf zwar beide Phasen (zentrifugale und -petale Strömung) mehr und mehr erregt werden, so daß die Protoplaswabewegung beschleunigt wird, daß aber dabei stets die Expansionsphase die Kontraktionsphase überwiegt, wodurch sich die Pseudopodien mehr und mehr und immer reichlicher ausstrecken. Bei etwa 31—32° C ist die Erregung beider Phasen ungefähr gleichstark. Steigert man die Temperatur langsam weiter, so nimmt die Kontraktionsphase über die Expansionsphase immer mehr zu, bis bei etwa 39—40° die Pseudopodien ganz eingezogen werden.

Noch eine andere Arbeit ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, nämlich die von FAURÉ-FRÉMIET & BORIS EPHRUSSI, 1925. Es wurde darin bei *Arcella vulgaris* EHRBG. die Abhängigkeit der Bewegung von der Temperatur untersucht. Wenn auch ein einheit-



liches Ergebnis nicht erzielt wurde, sondern dieses individuell stark verschieden war, so lag doch durchschnittlich das Maximum der Bewegung zwischen 15—25°; zwischen 32—40° verzögerte sie sich immer mehr, bis sie ganz aufhörte. —

Bei meinen Versuchen, die mit Hilfe des LEITZ'schen heiz- und kühlbaren Objektisches nach EISENBERG ausgeführt wurden, konnte ich im Gegensatz zu VERWORN (siehe oben) feststellen, daß zwischen 8 bis mindestens 40° C sowohl die Expansions- wie die Kontraktionsphase überwiegen kann. Es scheint mir vor allem bei den höheren Temperaturen ein Gewöhnen des Tieres an die neuen Verhältnisse stattfinden zu können, ähnlich wie es MAURICE MENDELSSOHN (1902 p. 396) für *Paramaecium aurelia* beschrieben hat.

Um feste Anhaltspunkte über den Einfluß der Temperatur zu bekommen, versuchte ich, sowohl die Körnchenströmung als auch die Geschwindigkeit des Wanderns des ganzen Tieres, beides natürlich auf geraden Strecken, bei den verschiedenen Temperaturen zu messen. Das Messen der Körnchenströmung ist wegen der schwierigen Beobachtung der Granula natürlich größeren Beobachtungsfehlern unterworfen als die Untersuchung des Wanderns des ganzen Tieres (näheres darüber siehe bei den einzelnen Versuchen). Wie die in den Versuchen angegebenen Mittelwerte errechnet wurden, sollen nachfolgende Beispiele zeigen:

Die jeweiligen Mittelwerte ergaben sich aus mehreren sofort hintereinander ausgeführten Messungen. Als Beispiel für die Körnchenströmung diene folgendes:

Teilstriche des Okular- Mikrometers	Länge in m	Zeit in Sek.	Zeit für 1 Teilstrich (= 0,038 mm) in Sek.
2	0,077	16	8
1	0,038	8	8
1	0,038	9	9
			<hr/> 25:3 = 8,3 (8—9)

Daraus ergibt sich die Geschwindigkeit der Körnchenströmung pro Minute zu:

$$\frac{0,038 \cdot 60}{8,3} = 0,277 \text{ mm/Min. (Grenzwerte: 0,257 bis 0,289).}$$

Bei der Wandergeschwindigkeit des ganzen Tieres wurde das Mittel aus einer Wanderperiode genommen. Ich möchte dafür zwei Beispiele anführen, die zugleich zeigen sollen, daß nicht ein plötzliches Wandern eintritt, sondern daß dieses allmählich anfängt, sich steigert und auch wieder langsam aufhört.

## Erstes Beispiel.

Teilstriche des Okular- Mikrometers	Zeit in Sek.	Zeitabstände in Sek.
0,5	85	90
1,0	175	70
1,5	245	60
2,0	305	60 } 120
2,5	365	
3,0	440	75 } 190
3,5	555	115 }

$555 : 3,5 = 158,6$  Sek. (190—120) sind nötig, um die Entfernung  $1,0 = 0,1575$  mm zurückzulegen. Hieraus ergibt sich die Wandergeschwindigkeit des Tieres zu:

$$\frac{0,1575 \cdot 60}{159} = 0,059 \text{ mm/Min. (Grenzwerte: } 0,050 \text{ bis } 0,079).$$

## Zweites Beispiel.

Teilstriche des Okular- Mikrometers	Zeit in Sek.	Zeitabstände in Sek.
0,5	105	
		60
1,0	165	
1,5	210	45 } 85
		40 }
2,0	250	
		50
2,5	300	
		60
3,0	360	
		65 } 175
3,5	425	
		110 }
4,0	535	

$535 : 4 = 134$  (im Maximum 175, im Minimum 85) Sek. sind nötig, um die Entfernung  $1,0 = 0,1575$  mm zurückzulegen. Hieraus ergibt sich als Wandergeschwindigkeit des Tieres pro Minute:

$$\frac{0,1575 \cdot 60}{134} = 0,0705 \text{ mm/Min. (Grenzwerte: } 0,054 \text{ bis } 0,111).$$

Zunächst sollen die zwei wichtigsten Versuche möglichst nach dem Wortlaut meiner Aufzeichnungen beschrieben werden. Die verschiedenen Geschwindigkeiten der Körnchenströmung und des Wanderns des ganzen Tieres werden am Ende dieses Abschnittes in einer Tabelle dargestellt (S. 277/280). Sämtliche Angaben von Temperaturen erfolgen in Celsius.

Versuch vom 30. August 1929 3<sup>55</sup>.

Anfangstemperatur 22°. Das Tier wandert, wobei die Pseudopodien in einzelnen Büscheln um es herum angeordnet sind. Sie haben bis 3<sup>37</sup> einen breiten Zugstrom und einen schmäleren Rückstrom gebildet (Strom = Büschel). Wandern: 0,082 mm/Min. (Grenzwerte 0,053—0,092). Bis 4<sup>08</sup> Wandern in Richtung des Zugstromes: 0,062 mm/Min. (0,042—0,089), doch die Richtung des Wanderns wird dauernd verlegt, wobei sich das Tier dreht. Der Rückstrom wurde inzwischen eingezogen. Bis 4<sup>16</sup> Wandern: 0,073 (0,046—0,100) mm/Min. Um 4<sup>22</sup> wird angeheizt auf 25°. Die Rhizopodien haben sich inzwischen fast ringsum einzeln verteilt. Bis 4<sup>26</sup> hat sich ein neuer Zugstrom gebildet. Wandern: 0,062 (0,058—0,066) mm/Min. Um 4<sup>33</sup> mußte wegen starker Verdunstung frisches Wasser zugesetzt werden. Inzwischen haben sich zwei auf entgegengesetzten Seiten des Tieres liegende Büschel gebildet. Um 4<sup>37</sup> wird angeheizt auf 30°. Die Rhizopodien befinden sich rings um das Tier verteilt. Bis 4<sup>41</sup> haben sie sich jedoch um zwei Pole etwas gesammelt. Wandern: 0,038 mm/Min. Um 4<sup>42</sup> Wandern entgegengesetzt: 0,035 mm/Min. Um 4<sup>45</sup> hat sich die Wanderrichtung schon wieder umgekehrt, jetzt wie 4<sup>41</sup>, wobei kein Zugstrom vorhanden ist: 0,032 (0,018—0,042) mm/Min. Bis 4<sup>54</sup> sind nur zwei in entgegengesetzter Richtung sich befindende starke Pseudopodien im Durchmesser von 0,004 mm vorhanden. Sie teilen sich in einiger Entfernung vom Tiere in mehrere Teiläste auf, um bis 4<sup>57</sup> je ein Büschel zu bilden, wobei das eine die Fläche eines Halbkreises einnimmt, indem seine Rhizopodien alle von einer Stelle ausgehen; das andere besitzt etwa zehn Pseudopodien von 0,4 mm Länge (Durchmesser des Tieres etwa 0,1 mm), die eine Körnchenströmung von 0,462 mm/Min. besitzen.

Auf ein und demselben Pseudopod besteht ein Unterschied in der Geschwindigkeit der kleinen und größeren Körnchen. Bei den Messungen wird versucht, möglichst eine Größe beizubehalten. In Betracht kommen nur größere Körnchen, da die kleinen ihre Lage auf dem Pseudopod dauernd ändern (vgl. W. J. SCHMIDT, 1929, p. 382 ff.).

Um 5<sup>04</sup> bei 35° sind noch zahlreiche kurze Rhizopodien vorhanden, um 5<sup>07</sup> bei 40° findet jedoch ein starkes Einziehen der Pseudopodien statt. Um 5<sup>10</sup> werden die letzten Pseudopodien unter Bläschenbildung eingezogen. Die Heizung wird unterbrochen. Um 5<sup>25</sup> wird bei 24° frisches Wasser zugesetzt, sofort erscheinen um 5<sup>28</sup> neue Pseudopodien an der Stelle, an der die letzten eingezogen worden waren. Sie bilden bis 5<sup>35</sup> bei 22° zwei Büschel in entgegengesetzter Richtung zueinander. Wandern: 0,051 (0,046—0,058) mm/Min. 5<sup>40</sup> Wandern: 0,017 (0,0115 bis 0,0231) mm/Min. Bis 5<sup>45</sup> haben sich die Büschel aufgelöst und ein stärkeres Rhizopod gibt die Wanderrichtung an; es wird auf 30° angeheizt. 5<sup>47</sup> Wandern: 0,103 (0,092—0,154) mm/Min. Bis 5<sup>50</sup> haben sich drei Büschel gebildet (siehe Fig. 9),

der Büschel Nr. 2 verlagert sich zur Zeit, jedoch bereits um  $5^{52}$  lösen sich die Büschel 1 und 2, besonders 2 wieder auf. Um  $5^{53}$  findet ein Wandern in Richtung von Büschel 1 statt: 0,077 (0,066—0,092) mm/Min; die Rhizopodien stehen rund herum sehr dicht und sind selbst äußerst dünn, wobei die beiden Büschel jedoch noch hervortreten.  $5^{57}$  Wandern: 0,088 (0,066—0,115) mm/Min. Bis  $6^{03}$  bei  $35^\circ$  sind die Pseudopodien inzwischen am Rande der Kammer angestoßen. Das Tier wandert

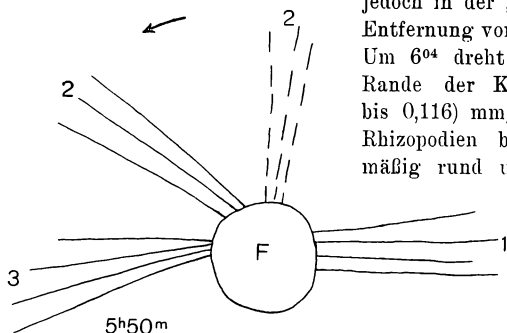


Fig. 9 (Skizze). Vergrößerung 135:1. Ein Tier (F) mit 3 Pseudopodienbüscheln (1, 2, 3). Büschel 2 hat sich in Richtung des Pfeiles verlagert. Gestrichelt = ursprüngliche Lage von 2.

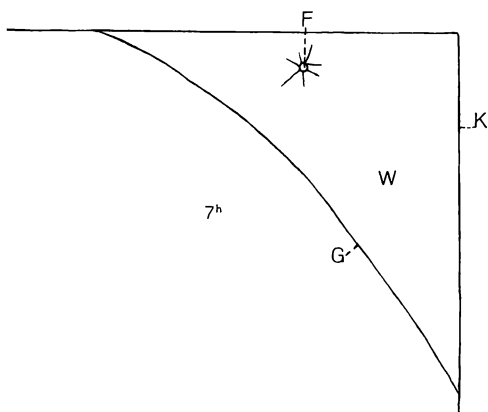


Fig. 10 (Skizze). Vergrößerung 9:1. Das Wasser der Kammer (K = Kammerwand) ist bis auf einen kleinen Rest (W) verdunstet. Trotzdem lebt das Tier (F) noch. G = Grenze zwischen Wasser und Luft.

0,085 (0,066—0,123) mm/Min.  $6^{45}$   $27^\circ$  Wandern: 0,227 (0,128—0,330) mm/Min.  $6^{49}$   $26^\circ$  Wandern: 0,093 (0,070—0,165) mm/Min. Das Tier stößt an ein Hindernis an und wandert um es herum. Um  $7^{00}$  bei  $25^\circ$  ist nur noch ganz wenig Wasser

jedoch in der gegebenen Richtung weiter; die Entfernung vom Kammerrand beträgt 0,04 mm. Um  $6^{04}$  dreht das Tier ab und wandert dem Rande der Kammer entlang: 0,099 (0,077 bis 0,116) mm/Min. Um  $6^{08}$  finden sich die Rhizopodien bei  $40^\circ$  noch ziemlich gleichmäßig rund um das Tier, auffallenderweise

in einem Sektor in Richtung der Bewegung sind keine vorhanden. Wandern: 0,079 (0,051—0,115) mm/Min. Bis  $6^{20}$  war das Tier am Rande der Kammer angestoßen und hat sich wieder ein Stückchen entfernt.  $6^{28}$  Wandern: 0,071 (0,051—0,092) mm/Min. Die Heizung muß abgebrochen werden, da  $\frac{2}{3}$  des

Wassers verdunstet sind. Um  $6^{30}$  bei  $38^\circ$  Wandern: 0,073 (0,066—0,154) mm/Min. Um  $6^{37}$   $30^\circ$ . Inzwischen ist das Tier dauernd am Rande der Kammer entlang gewandert, 0,061 (0,038—0,092) mm/Min., wobei es auffällt, daß zwei aus den allgemeinen Pseudopodien hervortretende Büschel nicht mit der Wanderrichtung zusammenfallen.  $6^{41}$   $28^\circ$  Wandern:

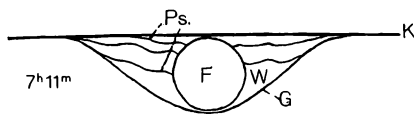


Fig. 11 (Skizze). Vergrößerung 50:1. Das Wasser der Kammer (K = Kammerrand) ist bis auf ein Minimum (W) verdunstet. Trotzdem besitzt das Tier (F) noch Pseudopodien (Ps.). G = Grenze zwischen Wasser und Luft.

in der Kammer vorhanden (siehe Fig. 10), trotzdem besitzt das Tier rund herum Pseudopodien und wandert zurzeit nach dem Rande des Wassers: 0,087 (0,077 bis 0,155) mm/Min. Um 7<sup>03</sup> haben die Rhizopodien den Rand des Tropfens erreicht und um 7<sup>04</sup> ist die Luft an das Tier herangekommen. Durch das weitere Verringern des Wasservolumens wird das Tier von der Oberflächenspannung nach dem Rande der Kammer geschoben, es versucht hierbei immer wieder aktiv einen Vorsprung zu erhalten, was ihm auch zeitweise gelingt, bis durch einen neuen Ruck die Oberfläche des Wassers wieder an das Tier herangekommen ist. Die hierbei erreichte teils aktive, teils passive Geschwindigkeit beträgt: 0,248 (0,115–0,330) mm/Min. Um 7<sup>09</sup> wird das Tier an den Rand der Kammer angedrückt und wandert aktiv nach der nächsten Ecke hin, 0,105 mm/Min. bis um 7<sup>11</sup> die Luftblase das Tier rund herum berührt (siehe Fig. 11). Doch trotzdem besitzt es um 7<sup>12</sup> noch Pseudopodien. Frisches Wasser wird zugesetzt, sofort um 7<sup>14</sup> bewegt sich das Tier wieder, ohne jedoch sichtbare Rhizopodien zu besitzen. Um 7<sup>23</sup> erscheinen die ersten Pseudopodien. Um 7<sup>25</sup> wird der Versuch abgebrochen. Auch am nächsten Tag besaß das Tier noch schöne Pseudopodien.

Dieser Versuch zeigt sehr deutlich, daß kein Unterschied in der Geschwindigkeit des Wanderns zwischen 20 und 40° besteht, ebenso die Unabhängigkeit des Einziehens und Ausstreckens von Rhizopodien in diesem Temperaturbereich. Die größte Wandergeschwindigkeit wird um 6<sup>45</sup> bei 27° erreicht, jedoch nur für 3 Minuten, kurz vorher und kurz nachher besitzt das Tier die übliche Durchschnittsgeschwindigkeit. Bei keinem anderen Versuche habe ich eine solche Geschwindigkeit beobachtet. Diese wurde bestimmt aktiv von dem Tiere erzielt, da einmal ein Vorwärtsschieben durch eine Luftblase meistens ruckweise erfolgt (siehe auch 7<sup>04</sup>), und zweitens, da vorher und nachher eine normale Durchschnittsgeschwindigkeit vorhanden ist, auch konnte ich nichts Abnormes um das Tier herum beobachten. Auffallend ist die große Widerstandsfähigkeit des Tieres, das, nachdem das Wasser bis auf ein Minimum verdunstet war, noch Pseudopodien besaß (siehe 7<sup>12</sup> und Fig. 11). Auf der anderen Seite beobachtet man dieselbe Empfindlichkeit gegen verbrauchtes Wasser, wie ich sie bei fast allen Tieren festgestellt habe; d. h. sind die Pseudopodien eingezogen, so erscheinen sie fast augenblicklich wieder, nachdem frisches Wasser zugesetzt ist (siehe 5<sup>25</sup>). Von 6<sup>08</sup> bis 6<sup>28</sup> hält das Tier 40° aus, ohne irgendwelche Veränderungen zu zeigen, es wandert normal weiter und besitzt vollkommen normale Pseudopodien.

Versuch vom 3. Oktober 1929 9<sup>30</sup>.

Anfangstemperatur 17°. Das Tier, das wenig Ballast besitzt, befindet sich bereits seit 2 Tagen unter dem Deckglas. Es ist nicht kreisrund und hat einen mittleren Durchmesser von 0,35 mm. Kurze Pseudopodien sind nach zwei Richtungen hin vorhanden. Der Objektisch wird mit eisgekühltem Wasser gekühlt. Um 9<sup>40</sup> bei 10° ist die Körnchenströmung an den meisten Pseudopodien auffallend langsam.

Um 9<sup>45</sup> bei 9° ist das längste Pseudopod 0,3 mm lang. Um 9<sup>50</sup> beträgt die Körnchenströmung 0,154 mm/Min., die Rhizopodien haben zugenommen, längstes 0,5 mm lang. Es findet keine Ortsbewegung statt. Bis 10<sup>00</sup> hat die Zahl und die Länge der Pseudopodien weiterhin zugenommen, sie stehen fast rund um das Tier. Die Strömung ist nur schwer zu messen, da die einzelnen Körnchen ihre Lage dauernd ändern, so daß sie kaum 0,03 mm weit verfolgt werden können. Jedenfalls ist die Strömung wesentlich geringer als bei Zimmertemperatur. Bis 10<sup>05</sup> bei 7° ist sie noch langsamer geworden, 10<sup>15</sup> längstes Rhizopod 0,65 mm lang. Um 10<sup>18</sup> ist die tiefste Temperatur, die mit eisgekühltem Wasser erreicht werden kann, nämlich 6° erzielt. Es wird jetzt angeheizt. Bis 10<sup>25</sup> bei 20° hat die Strömungsgeschwindigkeit der Körnchen deutlich zugenommen. Sie ist auf den einzelnen Pseudopodien verschieden, als ob diese sich nicht gleichmäßig schnell an die höhere Temperatur angepaßt hätten; ähnliches habe ich häufiger beobachtet. Die Länge der Rhizopodien hat im allgemeinen zugenommen. Es wird angeheizt. Um 10<sup>40</sup> bei 30° hat sich die Strömungsgeschwindigkeit kaum mehr gegenüber 20° gesteigert. Bis 10<sup>43</sup> haben Zahl und Länge der Pseudopodien abgenommen, längstes 0,5 mm lang. Bis 10<sup>50</sup> bei 35° sind die Pseudopodien weiterhin zurückgegangen, längstes 0,35 mm lang. Um 10<sup>51</sup> nehmen sie an Zahl und Länge wieder zu. Um 10<sup>53</sup> ist das längste 0,65 mm lang. Um 11<sup>00</sup> bei 40° geht die Zahl der Rhizopodien zurück. Bis 11<sup>02</sup> sind alle bis auf etwa sechs eingezogen. Um 11<sup>05</sup> erscheinen einzelne neue Pseudopodien. Die Heizung wird unterbrochen. Um 11<sup>08</sup> bei 37° sind zahlreiche neue Pseudopodien hervorgesprossen. Bis 11<sup>25</sup> bei 20° sind rund um das Tier wieder einzelne Pseudopodien vorhanden, längstes 0,8 mm lang. Bis 11<sup>30</sup> ist das längste 1,0 mm lang. Es wird nun gekühlt. Um 11<sup>40</sup> bei 11° ist die Strömung wieder stark verlangsamt. Um 11<sup>45</sup> bei 8° beträgt die Körnchenströmung 0,158 (0,154—0,165) mm/Min. Die Pseudopodien sind auffallend breit, Zahl und Länge ist geblieben. Bis 11<sup>55</sup> haben sie jedoch allgemein abgenommen, längstes 0,7 mm lang. Um 11<sup>58</sup> wurde beim Umschalten des Objektivs das Deckglas etwas verschoben, dadurch zog sich ein Teil der Pseudopodien ein, sie haben jedoch bis 12<sup>07</sup> wieder etwas zugenommen, längstes 0,5 mm lang. Um 12<sup>15</sup> beträgt die Körnchenströmung 0,231 mm/Min., längstes Pseudopod 0,65 mm lang. Um 12<sup>20</sup> ist 6° erreicht, die Anzahl der Pseudopodien hat sich kaum geändert. Die Kühlung wird unterbrochen. Bis 12<sup>30</sup> bei 20° haben die Rhizopodien zugenommen und liegen dicht um das Tier herum, längstes 1,0 mm lang; auch ist die Körnchenströmung deutlich schneller geworden, um 12<sup>35</sup> beträgt sie 0,345 (0,330—0,355) mm/Min. Um 12<sup>40</sup> bei 25° ist eine Luftblase in Reichweite der Pseudopodien gekommen, sie stehen mit ihr in Verbindung, längstes Rhizopod 1,1 mm lang. Um 12<sup>45</sup> bei 30° beträgt die Strömung 0,434 mm/Min. Bis 12<sup>57</sup> bei 40° ist das längste Pseudopod 1,57 mm lang. Um 1<sup>02</sup> findet ein starkes Einziehen der Pseudopodien statt. Die Körnchenströmung beträgt hierbei 0,543 (0,513—0,577) mm/Min. Um 1<sup>05</sup> sind noch zahlreiche Pseudopodien vorhanden. Um 1<sup>06</sup> ist 45° erreicht und bis 1<sup>09</sup> ist kein Pseudopod mehr zu sehen. Die Heizung wird unterbrochen. Bereits um 1<sup>14</sup> bei 35° erscheinen die ersten neuen Rhizopodien. Bis 1<sup>22</sup> bei 25° haben die Pseudopodien weiter zugenommen, längstes 0,8 mm lang. Der Versuch wird abgebrochen.

Es tritt bei diesem Versuche deutlich der Unterschied in der Geschwindigkeit der Körnchenströmung auf, vor allem zwischen 10 und 20°, auch bei 30 und 40° ist noch eine Zunahme zu bemerken.

## 2. Zusammenfassung.

Im ganzen wurden 17 Tiere auf die Wirkung der verschiedenen Temperaturen zwischen 20 bzw. 10—40 bzw. 50° C untersucht. Es ergab sich allgemein, daß im Gegensatz zu VERWORN (siehe S. 270) die Pseudopodien bei zunehmender Temperatur nicht dauernd wachsen müssen, d. h. die Expansionsphase nicht über die Kontraktionsphase vorherrschen muß, sondern daß die Kontraktionsphase auch bei jeder Temperatur zwischen 10 und 40° stärker sein kann als die Expansionsphase.

SCHMIDT (1929, p. 365) „beobachtete in einem Falle, als fast das ganze Glas bereits von Eis erfüllt war, noch schwache Pseudopodienbewegung“. Kann man den Einfluß des durch Verdunstung in seiner Zusammensetzung veränderten Wassers und Sauerstoffmangel ausschließen, so scheint das Ausenden und Einziehen der Rhizopodien von der „Stimmung“ (inneren Ursachen) des Tieres abzuhängen. VERWORN (1896, p. 1248—1250) hat nämlich gezeigt, daß bei Sauerstoffentzug die Pseudopodien eingezogen werden und bei Einleitung von frischem Sauerstoff neue Pseudopodien entstehen.

Letzteres wurde bei meinen Versuchen durch Zusetzen von frischem Wasser erreicht. Mit VERWORN konnte ich eine Zunahme in der Geschwindigkeit der Körnchenströmung auf den Pseudopodien im Bereiche der Temperaturen von 10—30° beobachten (als Kurve dargestellt siehe Fig. 12). Vor allem ist der Unterschied zwischen 10 und 20° ohne weiteres während der Beobachtung zu bemerken, wohingegen der von 20 zu 30° kaum mehr ohne Messung erkannt werden kann. So ergab sich als Mittelwert der Versuche eine Geschwindigkeit von:

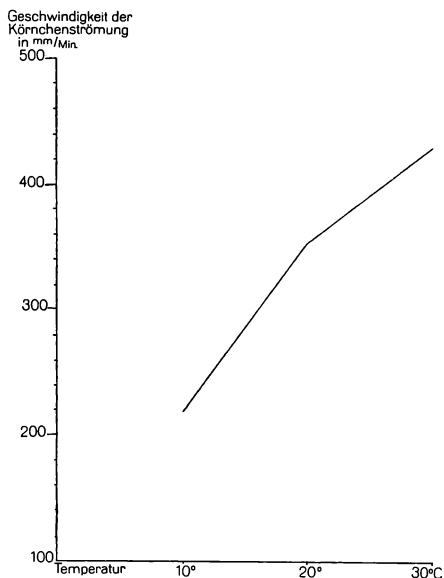


Fig. 12 stellt die Kurve dar für die Veränderung der Geschwindigkeit der Körnchenströmung auf den Pseudopodien zwischen 10 und 30° C.

Tabelle über die Wandergeschwindigkeit des Tieres in mm/Min. von 10—40° C.

10°		20°		25°		30°		35°		40°	
Mittel-	Grenz-	Mittel-	Grenz-	Mittel-	Grenz-	Mittel-	Grenz-	Mittel-	Grenz-	Mittel-	Grenz-
werte	werte	werte	werte	werte	werte	werte	werte	werte	werte	werte	werte
0,085	0,055—0,105	0,066	0,062—0,071	0,105	0,058—0,154	0,096	0,092—0,154	0,083	0,066—0,105	0,079	0,051—0,115
0,044	0,038—0,052	0,082	0,053—0,092	0,093	0,070—0,165	0,115	0,077—0,136	0,105	0,092—0,116	0,071	0,051—0,092
0,052	0,046—0,081	0,062	0,042—0,089	0,087	0,077—0,155	0,036	0,035—0,038	0,099	0,077—0,116	0,058	0,037—0,085
0,073	0,046—0,092	0,073	0,046—0,100	0,227	0,128—0,330	0,032	0,018—0,042	0,073	0,066—0,154		
		0,062	0,058—0,066			0,103	0,092—0,154	0,071	0,051—0,077		
		0,051	0,046—0,058			0,077	0,066—0,092	0,136	0,085—0,210		
		0,174	0,115—0,231			0,088	0,066—0,115	0,070	0,058—0,077		
						0,061	0,039—0,092	0,077	0,046—0,115		
						0,085	0,066—0,123	0,084	0,066—0,092		
						0,062	0,046—0,070				
						0,113	0,089—0,136				
Gesamtmittelwerte		Gesamtmittelwerte		Gesamtmittelwerte		Gesamtmittelwerte		Gesamtmittelwerte		Gesamtmittelwerte	
0,064	0,038—0,105	0,081	0,042—0,231	0,128	0,058—0,330	0,079	0,018—0,154	0,089	0,046—0,210	0,069	0,037—0,115
0,064	0,038—0,105	0,066	0,042—0,100	0,090	0,070—0,165	0,067	0,018—0,154	0,080	0,046—0,154	0,069	0,037—0,115

Die — unterstrichenen Werte sind die rohen Gesamtmittelwerte zu jeder Temperatur; ihr Mittel beträgt 0,085 mm/Min. (Grenzwerte 0,018 bis 0,330). Die == unterstrichenen Werte sind die verbesserten Mittelwerte, ihr Mittel beträgt 0,073 mm/Min. (Grenzwerte 0,018 bis 0,165). Die verbesserten Mittelwerte wurden erhalten, indem ich die extremen Werte, d. h. solche über 0,1, unberücksichtigt ließ.



0,216 (0,140—0,289) mm/Min. bei 10°,  
 0,353 (0,257—0,577) mm/Min. bei 20°,  
 0,428 (0,257—0,660) mm/Min. bei 30°,

wobei die Zahlen in den Klammern die Grenzwerte angeben. Bei den Temperaturen über 30° ist keine Einheitlichkeit mehr vorhanden, hier kann eine gewisse Verzögerung eintreten, die bei Tieren, die sich nicht an die höhere Temperatur gewöhnen, bis zur Bewegungslosigkeit herabsinkt. Tritt jedoch ein Gewöhnen an die höhere Temperatur ein, so braucht selbst bei 40° kein Einziehen der Pseudopodien stattzufinden (siehe Versuch vom 30. August 1929 unter 6°, S. 274. Die Beobachtungen VERWORN's (siehe S. 270), daß ab 32° ein Einziehen der Pseudopodien stattfindet, konnte auch bei meinen Versuchen einigemal bestätigt werden, doch in den meisten Fällen geschah das Einziehen bei *Rhumblerinella* erst bei 40° und bei manchen sogar erst bei 45°. Die höchste Temperatur, die die Tiere ertragen können, scheint bei etwa 50° zu liegen; so erholten sich manche Tiere wieder, nachdem sie 5 Minuten lang 50° ausgesetzt waren, andere jedoch wieder nicht. Die Strömungsgeschwindigkeit der Körnchen kann beim Einziehen von Pseudopodien stark gesteigert werden, so maß ich einmal bei 20° eine Geschwindigkeit von 0,7 mm/Min. und bei 40° 0,55 mm/Min. als Mittelwert. Auch ist die Geschwindigkeit, wie die Versuche zeigten, auf einem Pseudopod kurz hintereinander verschieden, selbstverständlich erst recht beim Vergleiche mehrerer, doch ist eine gewisse Übereinstimmung vorhanden, wie das ja auch die Mittelwerte mit ihren Maxima und Minima zeigen. Die Geschwindigkeit des Wanderns des Tieres scheint mir, zumindest von über 20° ab, nicht von der Temperatur abhängig zu sein, sondern von Faktoren, die nicht feststellbar waren. Dasselbe haben FAURÉ-FRÉMIET und BORIS EPHRUSSI (1925, p. 608—610) für *Arcella vulgaris* festgestellt. Wie groß bei jeder Temperatur die Schwankungen der Wandergeschwindigkeit sein können, soll nebenstehende Tabelle zeigen, in der ich sämtliche von mir gemachten Beobachtungen vereint habe.

Vergleicht man nun die verbesserten Gesamtmittelwerte, so ergeben sich zwei Maxima bei 25 und 35°. Dies scheint mir jedoch nicht unbedingt beweisend dafür, daß diese Maxima tatsächlich immer vorhanden sind. Denn bei den verhältnismäßig nicht zahlreichen Messungen kann der Zufall noch leicht mitspielen. Man beobachte nur einmal die Maxima und Minima zu den einzelnen Mittelwerten bei jeder Temperatur, die in vielen

Fällen im Verhältnis 1:2 stehen, dann kommen bei jeder Temperatur von 20—35° Werte von über 0,1 mm/Min. vor. Der höchste Wert von 0,227 mm/Min. wurde bei dem Versuch vom 30. August, 1929 3<sup>55</sup> (S. 273) bei 27° erreicht, auch der nächstniedrigerere Wert von demselben Tiere bei 22° erzielt, ebenso die beiden Werte bei 25° von 0,093 und 0,087 mm/Min. Deshalb kann auf das Maximum bei 25° kein Wert gelegt werden. Bei dem Vergleich dieser Tabelle mit der S. 282 fallen die höheren Durchschnittswerte dieser Tabelle gegenüber der anderen auf, was ich auf folgendes zurückführe. Bei den Arbeiten mit dem Monochromator wurde ich nicht soviel abgelenkt wie bei der dauernden Änderung der Temperatur, so daß ich bei dem Monochromator viel mehr auch die langsamen Ortsbewegungen der Tiere beobachtete. Daß auch hierbei ein schnelles Wandern vorkommen kann, zeigen die Werte bei 514  $\mu\mu$ , die jedoch nicht von dieser Wellenlänge abhängen (vgl. S. 283).

Das Wandern geschieht, wie die Maxima und Minima zeigen, nicht gleichmäßig schnell, sondern meistens ist ein starkes Abfallen der Geschwindigkeit nach dem Anfang oder Ende einer Wanderperiode hin zu beobachten (siehe S. 272). Da nun die meisten Messungen nicht eine ganze Periode des Wanderns umfassen, sondern meistens nur Teile, so läßt sich schon hieraus ersehen, wie schwierig es ist, sichere Vergleichsmomente zu erhalten.

Das Ergebnis dieser Versuchsreihe wäre also folgendes:

1. Die verschiedenen Temperaturen von 10—40° üben keinen sicheren Einfluß auf das Einziehen oder Ausstrecken der Rhizopodien aus. Sowohl die Expansions- wie die Kontraktionsphase kann bei jeder Temperatur überwiegen.

2. Beim Steigern der Temperatur von 10—30° wächst auch die Strömungsgeschwindigkeit der Körnchen auf den Pseudopodien; besonders auffallend ist die Zunahme zwischen 10 und 20°.

3. Die Wandergeschwindigkeiten des Tieres geben keine sicheren Anhaltspunkte für eine Abhängigkeit von der Temperatur.

4. Das Maximum der Lebenstätigkeit des Tieres liegt offenbar zwischen 20 und 30°.

5. 50° ist die Höchsttemperatur, die von manchen Tieren ohne tödlich wirkende Schädigung noch ertragen wird.

#### IV. Der Einfluß sichtbaren monochromatischen Lichtes auf die Bewegung von *Rhumblerinella*.

Irgendwelche Literaturangaben über solche Versuche habe ich nicht gefunden. Auf *Amoeba proteus* ließen HARRINGTON und LEAMING (1900, p. 9—18) einfarbiges Licht einwirken, ebenso MAST (1900, p. 265), vgl. hierzu S. 292.

Meine Versuchsanordnung war folgende: Das Licht einer Bogenlampe wurde mittels eines LEITZ'schen Monochromators spektral zerlegt und der Austrittsspalt des Monochromators in der Objektebene des Mikroskopes abgebildet. Zur teilweisen Beleuchtung des Tieres diente dieses Spaltbild; sollte das ganze Tier beleuchtet werden, so kam auf die Blendenfassung des ABBE'schen Kondensators ein Mattscheibchen, das das Licht über das ganze Gesichtsfeld verteilte. Um Wärmeeinwirkungen auszuschalten, befand sich zwischen Bogenlampe und Monochromator eine Küvette mit planparallelen Scheiben, durch die Wasser hindurchfloß. Außerdem lagen während der Versuche die Objektträger mit den Tieren auf dem heiz- und kühlbaren Objektisch nach EISENBERG, durch den ebenso fließendes Wasser geleitet wurde, sodaß die Temperatur des Objektisches zwischen 15—20° C (meistens ungefähr 18) schwankte, je nach der Temperatur des Wassers. Zur Vermeidung fremder Lichteinflüsse wurden die Versuche in der Dunkelkammer ausgeführt, wobei der untere Teil des Mikroskopes bis zum Objektisch noch so von einem Pappgehäuse umbaut war, daß praktisch kein Licht außer dem des Monochromators das Objekt von unten traf. Das auffallende Nebenlicht der Bogenlampe genügte nicht, um das Tier erkennen zu können. Die Variation der Wellenlänge bei den Versuchen bewegte sich zwischen 414 und 800  $\mu\mu$ . Auch sollte durch die Anzahl der verwandten Tiere und durch die Länge der einzelnen Versuche möglichst jedes Zufälligkeitsergebnis ausgeschaltet werden.

##### 1. Beleuchtung des ganzen Tieres.

Bei Beleuchtung der ganzen Tiere stand der Eintrittsspalt immer auf 30, der Austrittsspalt auf 20 Skalenwerten. Jedes Tier wurde 2—3 Stunden, d. h. so lange, wie ein Kohlenpaar ausdauerte, dem Lichte ausgesetzt mit einer einmaligen Unterbrechung von 5 bis höchstens 10 Minuten, in der die Kohlen nachgeschoben werden mußten. Zur Anwendung kamen die Farben: Violett von 414  $\mu\mu$ , Ultramarinblau von 442  $\mu\mu$ , Cyanblau von 474  $\mu\mu$ , Grün von 514  $\mu\mu$ ,

Tabelle über die Wandergeschwindigkeiten bei verschiedenen Wellenlängen  
in m/Min.

800 $\mu\mu$ Bräunlich Mittel-   Grenz- werte	660 $\mu\mu$ Rot Mittel-   Grenz- werte	570 $\mu\mu$ Gelb Mittel-   Grenz- werte	514 $\mu\mu$ Grün Mittel-   Grenz- werte	474 $\mu\mu$ Cyanblau Mittel-   Grenz- werte	442 $\mu\mu$ Ultramarinblau Mittel-   Grenz- werte	414 $\mu\mu$ Violett Mittel-   Grenz- werte	
• 0,055 0,023 0,044 0,052 0,039 0,050	0,048–0,059 0,068 0,066 0,072 0,044 0,030 0,030 0,044–0,057	0,046–0,103 0,063–0,070 0,052–0,090 0,033–0,066 0,026–0,034 0,024–0,039 0,057–0,118 0,053–0,065 0,044–0,057 0,041–0,073 0,056–0,079 0,034–0,041	0,044 0,034–0,052 0,038–0,077 0,061–0,094 0,029–0,058 0,046–0,077 0,041–0,090 0,076–0,145 0,061–0,118 0,052–0,082 0,067–0,090	0,127 0,077–0,192 0,026–0,092 0,157 0,077–0,231 0,122–0,289 0,029–0,047	0,109 0,093–0,135 0,059 0,050–0,079 0,096 0,077–0,136 0,115 0,092–0,144 0,039 0,034–0,046 0,030–0,066 0,049 0,031–0,066 0,034 0,024–0,041 0,026 0,022–0,031 0,036 0,033–0,042 0,031 0,029–0,033 0,080	0,059 0,042–0,077 0,046–0,058 0,061–0,086 0,040–0,061 0,043 0,038–0,067	0,077 0,057–0,111 0,037 0,026–0,063 0,047 0,040–0,052 0,028 0,027–0,029 0,047 0,032–0,057 0,042 0,036–0,050 0,063 0,044–0,090 0,045 0,041–0,050 0,047 0,039–0,057 0,077 0,070–0,088 0,047 0,038–0,063 0,030
Gesamtmittelwerte	Gesamtmittelwerte	Gesamtmittelwerte	Gesamtmittelwerte	Gesamtmittelwerte	Gesamtmittelwerte	Gesamtmittelwerte	
0,044 0,048	0,031–0,067 0,056 0,024–0,118 0,024–0,118	0,065 0,029–0,145 0,111 0,026–0,289 0,060 0,022–0,144 0,055 0,038–0,086 0,049 0,026–0,111	0,061 0,029–0,118 0,048 0,026–0,092 0,053 0,024–0,136 0,055 0,038–0,086 0,051 0,026–0,111				

Die — unterstrichenen Werte sind die rohen Gesamtmittelwerte, die = unterstrichenen die verbesserten, bei denen die Werte über 0,1 und unter 0,03 unberücksichtigt blieben. Der Durchschnitt aller rohen Gesamtmittelwerte beträgt 0,073 (0,022—0,289) mm/Min., der der verbesserten Gesamtmittelwerte 0,053 (0,024—0,136) mm/Min. Es wurden in dieser Tabelle sämtliche ausgeführten Beobachtungen wiedergegeben.

Gelb von 570  $\mu\mu$ , Rot von 660  $\mu\mu$ , Bräunlich von 800  $\mu\mu$ . Jeder dieser sieben Farben wurden je 4—5 Tiere nacheinander ausgesetzt. Bei 414, 442 und 800  $\mu\mu$  war die Beobachtung wegen zu geringer Helligkeit sehr erschwert. Das Ergebnis dieser Versuche war, daß das Licht zwischen 414—800  $\mu\mu$  innerhalb 2—3 Stunden keinen merklichen Einfluß auf das Tier ausübte, wobei mehrere Tiere mehrmals 2—3 Stunden verschiedenen Wellenlängen ausgesetzt waren.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen an *Amoeben* von HARRINGTON (1900, p. 11) konnte ich beim Einschalten der verschiedenen Wellenlängen keinerlei Stockungen in der Körnchenströmung beobachten. Auch zeigte die Geschwindigkeit der Körnchenströmung bei den einzelnen Farben keine merklichen Unterschiede, was auch verschiedentlich ausgeführte Messungen bestätigten; der Durchschnitt schwankte zwischen 0,3—0,4 mm/Min., das ist der Mittelwert bei Zimmertemperatur (siehe S. 279). Manche Tiere blieben während der ganzen Beobachtungszeit ruhig liegen, andere wanderten. Ihre Geschwindigkeit ist unabhängig von der Wellenlänge, wie es nebenstehende Tabelle zeigen soll. Bei jeder Farbe können wie bei jeder Temperatur recht große Unterschiede zwischen dem Maximum und dem Minimum der Bewegung auftreten. Die besonders hohen Werte bei 514  $\mu\mu$  stammen alle von einem Tier her und stehen nicht hinter den S. 278 angeführten zurück; daß bei derselben Wellenlänge auch niedrigere Geschwindigkeiten auftreten können, zeigen die beiden anderen Werte von 0,058 und 0,038 mm/Min. Über die Ursache der Schwankungen der Mittelwerte siehe S. 280.

Bei den ersten Versuchen kam es vor, daß Tiere nach etwa einer Stunde Belichtung anfangen, ihre Pseudopodien in anormaler Art einzuziehen. Im Verlaufe mehrerer solcher Versuche fiel mir auf, daß die Tiere oftmals auf eingeschlossene Luftblasen hinkrochen und meistens hartnäckig um sie herumwanderten, oder sich nur wenig von ihnen entfernten, um wieder zurückzukommen. Hierbei konnte man öfters beobachten, wie die Pseudopodien an der Luftblase zogen, so daß diese sich auswölbte, solange bis entweder der Zug der Rhizopodien nachließ, (öfters durch Näherkommen des Tieres), oder bis die Spannung der Luftblase so groß wurde, daß die Pseudopodien abrissen. Letzteres ließ sich bei einem Versuche mehrmals hintereinander beobachten (vgl. Versuch vom 28. September 1929 2<sup>49</sup>, von 5<sup>28</sup>—5<sup>58</sup>, S. 289). Gemäß diesen Beobachtungen vermutete ich, daß das Einziehen der Pseudo-

podien nicht auf den Einfluß des Lichtes zurückzuführen sei, wie ich zunächst geglaubt hatte, sondern daß ein „Schlechtwerden“ des Wassers die Schuld daran trage. Diese Vermutung wurde vollends bestätigt. In den weiteren Versuchen sprossen sofort wieder neue Rhizopodien heraus, sobald ich frisches Wasser durchgespült hatte

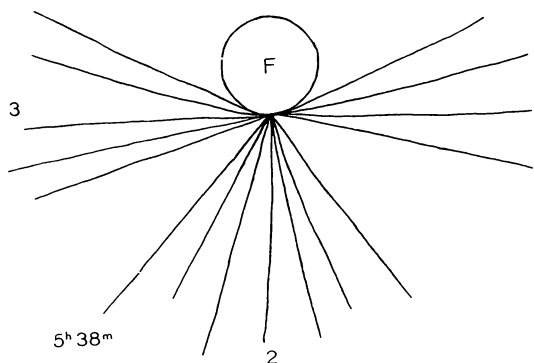


Fig. 13 (Skizze). Vergrößerung 115:1. Ein Tier, bei dem sämtliche Pseudopodien in einem Halbkreise von einer Stelle ausgehen.

(in den Fällen, in denen sie eingezogen worden waren), ohne irgendetwas in der Belichtung zu ändern (siehe Versuch vom 24. September 1929 3<sup>00</sup>, S. 286 4<sup>40</sup>). Dasselbe trat ja auch schon bei den Temperaturversuchen auf (vgl. Versuch vom 30. August 1929 3<sup>55</sup>, S. 273). So kam es, daß bei keiner Wellenlänge die Pseudopodien

eines Tieres endgültig eingezogen wurden. Doch auch ohne Zusetzen von Wasser konnte ich bei jeder Farbe mindestens ein Tier beobachten, bei dem die Rhizopodien nicht eingezogen wurden.

Zwei der lehrreichsten Versuche sollen zum Beweise des oben Angeführten näher beschrieben werden.

Versuch vom 14. September 1929 4<sup>05</sup>.

Beleuchtet mit Wellenlänge 474  $\mu\mu$ . Das Tier, ohne Ballast, war vormittags bereits der Wellenlänge 414  $\mu\mu$  von 9<sup>00</sup>—11<sup>10</sup> ausgesetzt, jetzt besitzt es einzelne Pseudopodien rundum, jedoch sind mehrere Stellen mit stärkerer Ausstrahlung vorhanden. Das Tier wandert von einer Luftblase weg, jedoch um 4<sup>25</sup> kriecht es rückwärts auf sie zu und berührt sie um 4<sup>30</sup> mit einzelnen Pseudopodien. Bis 4<sup>43</sup> ist das Tier noch näher an die Luftblase herangekommen, einzelne Pseudopodien sind seit 4<sup>05</sup> noch rund um das Tier vorhanden. Unterbrochen bis 4<sup>48</sup>. Mittlerweile hat sich das Tier gedreht und dreht sich jetzt noch weiter. Es sind nur noch auf einer Seite einzelne Pseudopodien vorhanden. Um 4<sup>55</sup> wandert das Tier der Luftblase parallel. Ein Teil der ursprünglichen Zugspseudopodien ist seit der ersten Berührung der Luftblase (4<sup>30</sup>) dauernd mit ihr in Verbindung geblieben. Um 5<sup>00</sup> entfernt sich das Tier von der Luftblase, um bis 5<sup>05</sup> wieder näher an sie heranzukommen. Außer einem Zugbüschel sind keine Rhizopodien mehr vorhanden. Ab 5<sup>20</sup> wandert das Tier langsam an der Luftblase entlang, um bis 5<sup>35</sup> von ihr abzurücken. Es besitzt drei Büschel von Pseudopodien, die inzwischen zugenommen haben, alle drei gehen von einer Stelle aus (siehe Fig. 13).

Jedoch um 5<sup>40</sup> kommt das Tier wieder näher an die Luftblase heran. Büschel 1 und 2 sind schwächer geworden, dafür wird 3 stärker und hat jetzt die Zugrichtung übernommen. Bis 5<sup>45</sup> ist das Tier wieder ganz an die Luftblase herangekommen. Um 5<sup>55</sup> wird der Versuch abgebrochen.

Bezeichnend ist, daß das Tier während der zwei Stunden dauernd von der Luftblase „festgehalten“ wird, ja sogar, sobald es sich nur ein Stückchen entfernt hatte, sofort wieder an die Luftblase heranwandert.

Neben dem Hinwandern auf eine Luftblase soll der nächste Versuch die öfters (nicht regelmäßig) beobachtete Ausdellung der Luftblase zeigen. Diese Ausbuchtung erfolgt meiner Meinung nach durch einen aktiven Zug der Pseudopodien. Hierfür spricht die Tatsache, daß die Ausdellung mit dem Größerwerden der Angriffsfläche abnimmt; vor allem aber die Beobachtung, daß bei einem ruhig liegenden Tier, dessen Pseudopodien mit einer Luftblase in Verbindung stehen, mehrmals hintereinander die Rhizopodien versuchten, gewissermaßen die Luftblase an sich zu ziehen. Jedesmal wieder siegte die Oberflächenspannung der Luftblase über die Zugkraft bzw. Anheftungsfähigkeit der Pseudopodien, indem die Ausdellung in ihre alte Lage zurückschnellte, sobald sie eine gewisse Ausdehnung erreicht hatte. Näheres siehe Versuch vom 28. September 1929 2<sup>49</sup> unter 5<sup>28</sup> f., S. 289. Über die mechanische Erklärbarkeit dieses Vorganges möge man JENSEN, 1901, p. 376—379 vergleichen.

Auch bei mehrmaliger Beleuchtung desselben Tieres tritt kein sichtbarer Einfluß, insbesondere keine schädliche Wirkung des einfarbigen Lichtes von verschiedenen Wellenlängen auf. So wurde ein Tier viermal hintereinander, also ungefähr 10 Stunden mit Unterbrechung vier verschiedenen Wellenlängen ausgesetzt, davon dreimal an einem Tage, ohne daß schädliche Einflüsse zu bemerken waren. Einer dieser Versuche soll nachfolgend geschildert werden. Er soll zu gleicher Zeit zeigen, daß beim Zusetzen von frischem Wasser (4<sup>40</sup>) sofort neue Pseudopodien erscheinen, wenn diese vorher eingezogen worden waren.

#### Versuch vom 24. September 1929 3<sup>00</sup>.

Das Tier war bereits um 10<sup>00</sup> der Wellenlänge 570  $\mu\mu$  ausgesetzt und wird jetzt mit 514  $\mu\mu$  beleuchtet. Die Pseudopodien befinden sich im Halbkreis vor dem Tiere. Bis 3<sup>15</sup> liegt es ruhig, ein Teil der Pseudopodien ist eingezogen worden; der Rest sieht normal aus, längstes Pseudopod 0,6 mm lang. Um 3<sup>27</sup> wandert das Tier: 0,038 (0,029—0,047) mm/Min. Während der nächsten 30 Min.

kriecht es geradenwegs auf eine Luftblase zu, die es um  $4^00$  mit seinen Pseudopodien erreicht hat, wobei an der Berührungsstelle eine schwache Ausdellung der

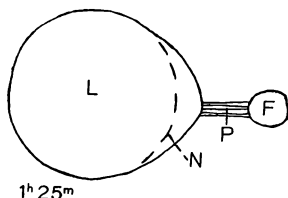


Fig. 14. (Skizze). Vergrößerung 18:1. Ein Tier (F), das auf der einen Seite etwas abgeflacht ist, deltt durch den Zug seiner Pseudopodien (P) eine Luftblase (L) aus. Die Ausdellung ließ nach, sobald die Angriffsfläche der Pseudopodien breiter geworden war. N = normale Ausdehnung der Luftblase.

verbreitert, Netzbildung. Bis  $5^{15}$  sind alle Pseudopodien normal ausgebildet, das längste ist 1,5 mm lang. Der Versuch wird abgebrochen.

Luftblase zu beobachten ist (siehe Figur 14). Die Pseudopodien haben gegen  $3^{15}$  hin zugenommen, Um  $4^{07}$  wird unterbrochen bis  $4^{11}$ . Währenddessen ist das Tier weitergewandert entlang der Luftblase, die rundum vom Wasser abgeschlossen ist. Die Rhizopodien treten hauptsächlich in zwei Büscheln in entgegengesetzter Richtung längs der Luftblase auf. Um  $4^{20}$  wird sie ein bißchen von dem Tiere eingedrückt. Ab  $4^{30}$  sehen die Pseudopodien zum Teil nicht mehr normal aus (Bläschenbildung). Die Körnchenströmung hat zum Teil stark nachgelassen; wie zu erwarten war, werden die Pseudopodien eingezogen. Bis  $4^{38}$  ist kein normales Rhizopod mehr vorhanden, und um  $4^{40}$  ist fast keine Strömung mehr auf den restlichen Rhizopodien zu sehen. Jetzt wird mit frischem Wasser durchgespült. Sofort sprießen um  $4^{44}$  neue Pseudopodien heraus, währenddessen die alten alle eingezogen wurden. Um  $4^{50}$  sehen verschiedene Rhizopodien noch nicht normal aus; sie sind etwas

## 2. Teilweise Beleuchtung des Tieres.

Über die Anordnung der Apparatur siehe S. 281. Der Austrittsspalt des Monochromators wurde für die jetzt folgenden Versuche auf 0 eingestellt und in die Objektebene projiziert, so daß dort ein Spalt von 0,05—0,08 mm vorhanden war, dessen Schärfe und damit Breite je nach der eingeschalteten Wellenlänge etwas schwankte.

Die vorige Gruppe von Versuchen hat gezeigt, daß es den Tieren anscheinend gleich ist, mit welchem Lichte sie ganz beleuchtet werden. Diese Erfahrung stimmt auch mit der Beobachtung überein, daß sich an den Tieren kein Unterschied bemerkbar macht, ob sie im Hellen oder im Dunkeln gehalten werden. Ich konnte sie nämlich in die Dunkelkammer oder ans Fenster stellen, Verschiedenheiten in der Ausbildung der Pseudopodien war nicht zu bemerken. Die Spaltbeleuchtungsversuche wurden ausgeführt, um festzustellen, ob die Tiere auch auf lokal einwirkenden Lichtreiz nicht reagierten. Bei den ersten Versuchen schien ein positiver Erfolg einzutreten. Ich hatte zunächst nur Tiere, die gerade keine Orts-



bewegung ausführten. Bei ihnen kann man die Pseudopodien quer durch den Spalt legen und dabei jede der angegebenen Wellenlängen in jeder beliebigen Reihenfolge einwirken lassen, ohne daß ein Unterschied in der Körnchenströmung zu beobachten ist. Ja, es werden sogar neue Rhizopodien in den Spalt hineingeschickt, gradeso, als ob nicht beleuchtet wäre. Es ist an den beleuchteten Pseudopodien kein Unterschied gegenüber den nichtbeleuchteten zu bemerken, dabei ist es auch gleichgültig, in welcher Entfernung vom Tier die Rhizopodien vom Spalt beleuchtet werden, wobei man auch Teile des Tieres oder das ganze Tier quer über den Spalt legen kann. Auch wird das Tier durch dieses Beleuchten nicht zum Wandern angeregt; selbst bei meinen Einwirken von über 2 Stunden konnte keine Veränderung am Tier bzw. seinen Pseudopodien erzielt werden. Dies am ruhenden Tier; kriecht es jedoch umher, so tritt eine deutliche Reaktion ein, denn in den meisten Fällen vermeidet es, über den Spalt zu kriechen, zumindest (in ganz wenigen Fällen) hält es an, bevor es „zögernd“ über den Spalt wandert. Die Versuche wurden so ausgeführt, daß zunächst das stärkste Büschel oder die Pseudopodien in Richtung des Wanderns quer über den Spalt gelegt wurden, meistens so, daß die Entfernung des Randes des Tieres bis zum Spalt etwa 0,2 mm betrug. Wann nun das Abbiegen aus der Wanderrichtung (auf den Spalt zu) geschieht, ist vollkommen verschieden und scheint mir zum großen Teil von der Schnelligkeit des Wanderns abhängig zu sein. Hierbei habe ich beobachtet, daß oft Tiere, die schnell wanderten, erst später (meistens im Spalt) abdrehen, als solche, die sich langsam bewegten. Es ist dies bei ein und demselben Tier verschieden (vgl. S. 289/291). Wie das Abdrehen stattfindet, ist auch wechselnd. Man kann dabei zwei Haupttypen unterscheiden: die Änderung geschieht 1. ohne irgendeine Verlagerung der Rhizopodien bzw. Drehung des Tieres einfach, indem das Tier Halt macht und in einer anderen Richtung weiterwandert; 2. durch deutliche Drehung des Tieres und damit verbundene Verlagerung der Pseudopodien. Zwischen diesen beiden Grundtypen gibt es natürlich die verschiedensten Übergänge. Auch die neueingeschlagene Richtung ist verschieden, sie schwankt zwischen einer direkten Umkehr der Wanderrichtung und einer Veränderung nur um  $90^\circ$ , so daß das Tier zum Spalte parallel kriecht. Weitere Einzelheiten sollen die Versuche selbst zeigen. Zunächst will ich einen Versuch bringen, bei dem das Tier ruhig liegt, und dann einen, bei dem das Tier herumwandert.

Versuch vom 29. September 1929 9<sup>22</sup>.

Das Tier wurde frisch gefangen. Es besitzt ungefähr doppelt so viel Ballast, als es selbst groß ist. Es wird an den Spalt mit Wellenlänge 514  $\mu\mu$  gebracht. Um 9<sup>30</sup> liegt es vollkommen still. Bis 9<sup>40</sup> hat sich der Ballast etwas verschoben (ausgedehnt?). Unterbrochen bis 9<sup>46</sup>, inzwischen ist keine Änderung eingetreten. Um 9<sup>48</sup> wird die Wellenlänge 660  $\mu\mu$  eingeschaltet. Um 10<sup>00</sup> ist keine Änderung zu bemerken; sehr viele Rhizopodien gehen durch den Spalt, ohne daß sie einen Unterschied gegenüber den im Dunkeln liegenden zeigen. Es wird die Wellenlänge 442  $\mu\mu$  eingeschaltet, um 10<sup>10</sup> die von 570  $\mu\mu$ , um 10<sup>20</sup> die von 414  $\mu\mu$ , um 10<sup>30</sup> die von 800  $\mu\mu$  und um 10<sup>40</sup> die von 474  $\mu\mu$ . Um 10<sup>50</sup> wird der Versuch abgebrochen. Während der ganzen Beobachtungszeit fand keine Ortsbewegung statt. Es gingen immer Rhizopodien durch den Spalt, seitlich von ihm und ins Dunkle. Auch zeigte sich keine sichtbare Änderung in der Körnchenströmung bei kürzerem Abdunkeln und Wiederbeleuchtenlassen.

Wie dieser Versuch verliefen auch sämtliche andere, bei denen keine Ortsbewegung stattfand. Sie zeigen eindeutig, daß zonenhafte Beleuchtung mit einfarbigem Licht keinen Einfluß auf das ruhende Tier ausübt. Wie es bei dem wandernden Tiere ist, soll der nächste Versuch zeigen.

Versuch vom 28. September 1929 2<sup>49</sup>.

Das Tier wird vor den Spalt mit Wellenlänge 570  $\mu\mu$  gebracht. Es war vormittags gefangen und besitzt ungefähr doppelt so viel Ballast, als es selbst groß ist. Um 2<sup>50</sup> wandert das Tier vom Spalte ab und wird um 2<sup>58</sup> vor den Spalt gebracht. Bis 3<sup>06</sup> hat sich das Tier bis auf 0,03 mm dem Spalte genähert. Um 3<sup>07</sup> liegt es still, um sich um 3<sup>09</sup> vom Spalte zu entfernen. Um 3<sup>15</sup> wird es vor ihn mit Wellenlänge 414  $\mu\mu$  gebracht, es wandert zunächst auf ihn zu und liegt um 3<sup>19</sup> wieder still, um um 3<sup>22</sup> rückwärts zu wandern. Um 3<sup>25</sup> wird das Tier wieder vor den Spalt gebracht, bis 3<sup>33</sup> ist es etwas in ihn hineingewandert, doch um 3<sup>34</sup> liegt es still und wandert um 3<sup>35</sup> rückwärts weg. Um 3<sup>39</sup> wird unterbrochen bis 3<sup>44</sup>. Inzwischen hat sich das Tier auf den Spalt zu bewegt, jedoch um 3<sup>46</sup> liegt es still, um schließlich um 3<sup>57</sup> in den Spalt hineinzurücken. Bis 4<sup>02</sup> ist der mittlere Teil des Tieres, das einen Durchmesser von 0,24 mm besitzt, über dem Spalt angelangt, und bis 4<sup>09</sup> ist es ganz auf seine andere Seite hinüber gekrochen. Um 4<sup>10</sup> wird das Tier vor den Spalt mit derselben Wellenlänge, über die es eben hinweggewandert war, gebracht. Es wandert auf eine Luftblase zu, doch schon um 4<sup>12</sup> wandert es vom Spalte weg. Um 4<sup>15</sup> wird das Tier vor ihn mit Wellenlänge 800  $\mu\mu$  gebracht; ein großer Teil der Pseudopodien ist inzwischen eingezogen worden. Um 4<sup>20</sup> wandert es schräg vom Spalte weg und wird um 4<sup>25</sup> abermals vor ihn geschoben. Es wandert zunächst auf den Spalt zu, bis es um 4<sup>30</sup> still liegt, wobei die sichtbaren Pseudopodien (wegen des Ballastes sind sie nicht bis zum Tiere selbst zu verfolgen) sehr kurz geworden sind. Bis 4<sup>42</sup> sind neue Pseudopodien entstanden, und das Tier wandert auf den Spalt zu, um sich um 4<sup>46</sup> von ihm zu entfernen. Um 4<sup>49</sup> wird es vor den Spalt mit Wellenlänge 474  $\mu\mu$  gebracht, um schon um 4<sup>51</sup> vom Spalte wegzuwandern. Um 4<sup>53</sup> wird unterbrochen bis 5<sup>04</sup>. Um 5<sup>05</sup> wird das Tier 0,08 mm vor den Spalt geschoben. Um 5<sup>08</sup> liegt es ruhig, um 5<sup>13</sup> steht das Tier durch einzelne Pseudopodien, die wieder reichlich vorhanden sind, mit einer Luftblase

auf der anderen Seite des Spaltes in Verbindung. Um 5<sup>28</sup> wird die Wellenlänge 660  $\mu\mu$  eingeschaltet. Das Tier ist um 0,03 mm näher an den Spalt herangekommen gegenüber 5<sup>20</sup>. Ein starker Büschel von Pseudopodien ist mit der Luftblase in Verbindung, die von ihm zeitweise ausgedellt wird. Um 5<sup>35</sup> beginnt ein neues Ausdellen, bis die Pseudopodien um 5<sup>38</sup> von der Luftblase abreißen; die Ausdellung betrug 0,07 mm. Das Tier ist am Rande des Spaltes angekommen (siehe Fig. 14). Beim Ausdellen der Luftblase verkürzen sich naturgemäß die Pseudopodien, die Protoplasmamasse der Anheftungsstelle an die Luftblase nimmt immer mehr zu. Das Ausdellen wird langsam immer stärker, es dauerte dieses Mal 3 Min., bis sein Maximum erreicht war. In diesem Augenblick überwog die Oberflächenspannung der Luftblase die Spannkraft bzw. die Anheftungsfähigkeit der Pseudopodien, und die Luftblase schnellte in ihre ursprüngliche Lage zurück (die Pseudopodien sind abgerissen). Als Maß dieser Ausdellung habe ich die Höhe zwischen der Ruhelage und der maximalen Ausdehnung der Luftblase gemessen. Das Ausdellen hat sich in diesem Falle oftmals wiederholt, was ich sonst nicht mehr beobachtet habe (vgl. hierzu S. 286). Um 5<sup>42</sup> beginnt ein neues Ausdellen, bis 5<sup>44</sup> sind die Pseudopodien abgerissen. Die Dehnung betrug 0,05 mm. Um 5<sup>45</sup> wird die Wellenlänge 514  $\mu\mu$  eingeschaltet. Beim Umschalten flossen zwei besonders beobachtete Körnchen ganz gleichmäßig weiter. Bis 5<sup>55</sup> ist keine Änderung eingetreten; inzwischen wurde ein mehrmaliges Anspannen der Luftblase um 0,05 mm bemerkt, Wellenlänge 442  $\mu\mu$  wird eingeschaltet. Um 5<sup>58</sup> wurde ein Ausdellen von 0,09 mm beobachtet. Bis 6<sup>05</sup> ist das Tier bis in die Hälfte des Spaltes gewandert, um 6<sup>08</sup> liegt es ruhig. Abgesehen von der Verlagerung des Tieres ist die Luftblase selbst seit 5<sup>35</sup> um 0,015 mm näher an das Tier herangekommen, ob durch dessen dauernden Zug? 6<sup>15</sup> das Tier hat seit 5<sup>05</sup> sämtlichen Ballast in Richtung des Spaltes weggeschafft, als ob es dort hinauswolle. Ursprünglich nämlich umgab der Ballast (B) das Tier (F) ziemlich gleichmäßig, jetzt liegt er hufeisenförmig um es herum mit der Öffnung in Richtung des Spaltes (siehe Fig. 15). Unterbrochen bis 6<sup>19</sup>. Inzwischen ist das Tier ein Stückchen weiter in den Spalt hineingewandert. Bis 6<sup>30</sup> liegt der mittlere Teil des Tieres über dem Spalte (Sp) (siehe Fig. 15). L = Luftblase. Um 6<sup>42</sup> ist es ganz auf der anderen Seite angekommen und wird erneut vor den Spalt mit derselben Wellenlänge gebracht. Um 6<sup>45</sup> dreht es entgegengesetzt zur Luftblase ab. Bis 6<sup>48</sup> wandert es parallel zum Spalt und wird erneut vor ihn gebracht, um sich bereits um 6<sup>50</sup> von ihm zu entfernen (Fig. 15 u. 16)). Der Versuch wird abgebrochen.

Der letzte Versuch und das Beispiel von Fig. 16 zeigen klar, daß normalerweise das Tier nicht über den Spalt kriecht, welche von den angegebenen Wellenlängen auch eingeschaltet ist. Kriecht es ausnahmsweise doch einmal über ihn (3<sup>58</sup>—4<sup>09</sup> und 6<sup>19</sup>—6<sup>42</sup>), so tut es dies nur sehr langsam und mehrmals stockend.

Die Prüfung, ob in der Richtung des Wegwanderns vom Spalt eine Gesetzmäßigkeit besteht, ergab, daß zwar öfters eine Richtung eine Zeitlang bevorzugt wird, daß dies aber nicht der Fall zu sein braucht. Die Richtung des Wegwanderns (vgl. S. 287) hängt öfter davon ab, an welcher Seite sich die meisten Rhizopodien befinden, dorthin wandert es dann. Welche Stelle des Körpers für die

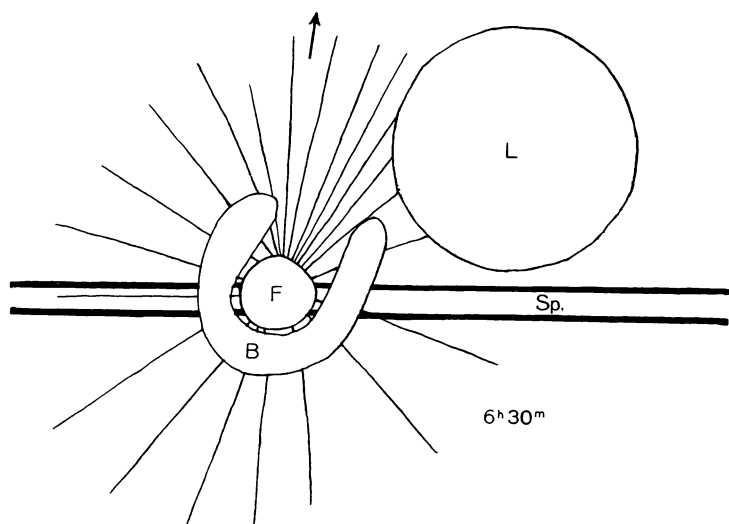


Fig. 15 (Skizze). Vergrößerung 30:1. Ein Tier (F) mit Ballast (B), das ausnahmsweise in Richtung des Pfeiles über den monochromatischem Licht beleuchteten Spalt (Sp.) wandert. Dabei wird es nicht von einer Luftblase (L) angezogen, sondern wandert parallel an ihr vorbei.

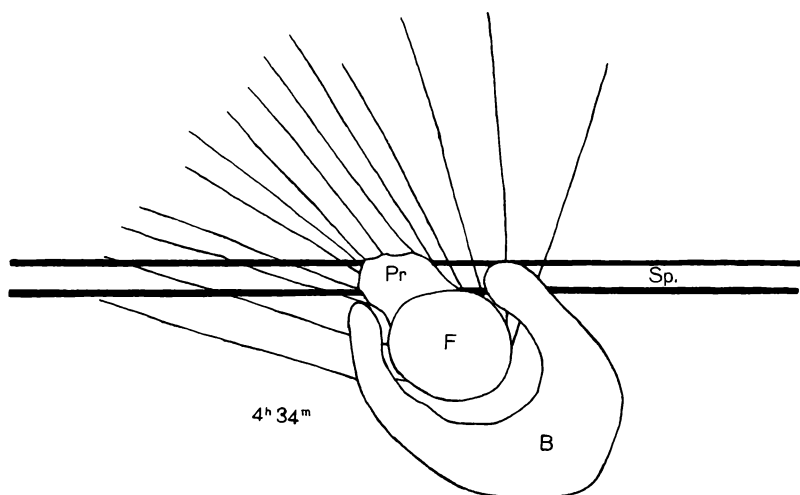


Fig. 16 (Skizze). Vergrößerung 38:1. Ein Tier (F) (umgeben von Ballast [B]), aus dem durch den Druck des Deckglases etwas Protoplasma (Pr) herausgequollen ist. Es kriecht nicht über den monochromatisch beleuchteten Spalt (Sp.), trotzdem die eigentliche Wanderrichtung eindeutig über ihn führt.

Reaktion des Tieres, nämlich des Wegwanderns vom Spalte, maßgebend ist, scheint mir durch diese Versuche nicht geklärt zu sein. In wenigen Fällen erfolgt das Wegwandern schon, wenn nur die Pseudopodien belichtet werden, in den meisten Fällen erst, wenn der Rand des Tieres zumindest die Grenze zwischen hell und dunkel berührt. Oft wandert es noch etwas in den Spalt hinein; es kommt sogar vor, daß es schon halb auf der gegenüberliegenden Seite des Spaltes ist, ehe es kehrt macht. Warum das Tier nun hier und da doch einmal, wenn auch stockend, über den Spalt kriecht, dafür lassen sich keine sicheren Anhaltspunkte anführen. Eine allgemeine Ermüdung kann es nicht sein; bringt man nämlich das Tier, nachdem es über den Spalt gekrochen war, sofort wieder vor ihn, so wandert es vollkommen normal von ihm weg, auch bei derselben Wellenlänge (siehe Versuch vom 28. September 1929  $3^{58}$ — $4^{09}$  und  $6^{19}$ — $6^{42}$ , S. 288/289).

### 3. Zusammenfassung: Ergebnis der Beleuchtungsversuche mit sichtbarem einfarbigem Licht von 414—800 $\mu\mu$ Wellenlänge.

#### A. Das Tier wird ganz beleuchtet.

1. Bei keiner Wellenlänge tritt ein sichtbarer Einfluß, insbesondere eine schädliche Wirkung, auf das Tier ein während einer Versuchsdauer von 2—3 Stunden. Die Versuche wurden mit demselben negativen Ergebnis viermal wiederholt.

2. Durch das Einschalten verschiedener Wellenlängen wird keine Änderung in der Geschwindigkeit der Körnchenströmung auf den Pseudopodien und in der Schnelligkeit des Wanderns des Tieres erzielt.

#### B. Das Tier wird teilweise beleuchtet.

1. Liegt das Tier ruhig, so besteht kein Unterschied in dem Verhalten zwischen den beleuchteten und nichtbeleuchteten Körperteilen. Neuentstehende Pseudopodien wachsen durch die beleuchtete Stelle des Gesichtsfeldes hindurch, als ob letztere nicht vorhanden sei.

2. Kriecht das Tier umher, so vermeidet es gewöhnlich die beleuchtete Stelle, gleichgültig welche Wellenlänge eingeschaltet ist. Eine Ermüdung des Tieres ist auch bei wiederholten Versuchen mit derselben Farbe nicht zu beobachten. — Bei verschiedenen Wellenlängen wurde z. B. einmal ein Tier vier Stunden lang hin und her gelenkt. — Das Wegwandern von der beleuchteten Stelle geschieht nicht in bestimmter Richtung, sondern schwankt zwischen einem Hinwegwandern senkrecht zum Lichtspalt (oft Umkehr der

Bewegungsrichtung) bis zu einem Wandern parallel zur beleuchteten Stelle (durch Drehung).

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen von MAST, 1910 und 1924 und von HARRINGTON und LEAMING, 1900 an *Amoeba* gewonnenen, so ergeben sich folgende Unterschiede: Nach HARRINGTON (1900, p. 16) und MAST (1910, p. 265) besteht ein Unterschied in der Reaktionsweise von *Amoeba*, je nachdem, welche Wellenlängen man nacheinander auf sie einwirken läßt. Hiervon war bei meinen Versuchen nichts zu bemerken. Nach MAST und PUSCH (1900, p. 55—59) kriecht die Amöbe nach Berühren des Bildes eines Glühlampenfadens von diesem weg. Bei wiederholt durchgeführtem Versuche nimmt die Zahl der vergeblich nach dem Lichtstreifen zu entsandten Pseudopodien bis zu einem Minimum immer mehr ab. Das Tier „lernte“. Davon ist bei *Rhumblerinella* nichts zu beobachten. *Rhumblerinella* und *Amoeba* stimmen darin überein, daß sie von einer aus dem ganzen Gesichtsfelde herausgehobenen hellen Stelle wegwandern; dabei bleibt die Reaktion der *Rhumblerinella* immer dieselbe, wie oft sie auch auf den Lichtintensitätsunterschied stößt.

## V. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse.

### 1. Verhalten abgeschnittener Pseudopodien.

Schneidet man einer *Rhumblerinella* Pseudopodien ab, so kann wohl eine zufällige Wiedervereinigung zwischen Teilstück und Tier eintreten. Dieser Vorgang ist nicht als ein Ineinanderfließen artgleichen Protoplasmas zu deuten, sondern als ein Hereinholen des Teilstückes von seiten des Muttertieres, etwa wie bei der Nahrungsaufnahme. Im Gegensatz hierzu konnte wiederholt ein Zusammenfließen mehrerer frisch abgeschnittenen (kernloser) Teilstücke desselben Tieres zu einer Einheit beobachtet werden, wenn sich ihre neuentstehenden Pseudopodien zufällig trafen. Ein aktives Aufeinanderzuwandern (sei es vom Teilstück aufs Tier oder umgekehrt) war niemals festzustellen.

### 2. Einfluß der Temperatur auf die Bewegung.

Zwischen 10 und 40° C kann bei jeder Temperatur ein Ausenden und Einziehen von Pseudopodien stattfinden. Die Geschwindigkeit der Körnchenströmung auf den Rhizopodien nimmt von 10—30° deutlich zu. Eine eindeutige Abhängigkeit der

Wandergeschwindigkeit des Tieres von der Temperatur war nicht festzustellen. Das Optimum der Lebensbedingungen liegt zwischen 20 und 30°; die höchste Temperatur, die ohne tödliche Wirkung ausgehalten werden konnte, betrug ungefähr 50°.

### 3. Einfluß des Lichtes auf die Bewegung.

Läßt man einfarbiges Licht von 414—800  $\mu\mu$  Wellenlänge 2—3 Stunden auf das ganze Tier einwirken, so ist kein schädlicher Einfluß zu beobachten (auch wenn die Versuche bei demselben Tier mehrmals wiederholt werden). Beim Einschalten verschiedener Wellenlängen ist weder im Stocken der Körnchenströmung auf den Pseudopodien noch ein Einfluß auf die Bewegung des ganzen Tieres festzustellen. Wird ein ruhendes Tier teilweise beleuchtet, so läßt es sich dadurch nicht in seinem Benehmen beeinflussen. Wandert das Tier, so vermeidet es in der Regel, über die beleuchtete Stelle hinwegzukriechen.

---

### Literaturverzeichnis.

- DOFLEIN, FRANZ (1927): Lehrbuch der Protozoenkunde, neubearbeitet von EDUARD REICHENOW, 1. Teil.
- FAURÉ-FRÉMIET, E. et EPHRUSSI, BORIS (1925): Action de la température sur le mouvement de translation de l'*Arcella vulgaris* EHRENBURG. Comptes rendus de l'Académie des Sciences T. 180 p. 608—610.
- HARRINGTON, N. R. and LEAMING, EDWARD (1900): The Reaction of *Amoeba* to Lights of different Colours. The American Journal of Physiology Vol. 3 p. 9—18.
- HOFER, B. (1890): Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Kerns auf das Protoplasma. Jen. Zeitschr. f. Nat. Bd. 17, N. F., p. 105—176, mit Tafelfiguren.
- HOWLAND, R. B. (1928): Grafting and Reincorporation in *Actinosphaerium eichhornii* EHRENB. Biol. Bull. Vol. 54, p. 279—288, mit Textabbildungen.
- JENSEN, PAUL (1896): Über individuelle physiologische Unterschiede zwischen Zellen der gleichen Art. Arch. f. d. ges. Phys., herausg. v. PFLÜGER, Bd. 62 p. 172—200, mit 10 Tafelfiguren.
- (1901): Untersuchungen über Protoplasma-mechanik. Ibid. Bd. 87 p. 361—417, mit 7 Textfiguren.
- KEPNER, WM. A. and REYNOLDS, B. D. (1923): Reactions of Cellbodies and Pseudopodial Fragments of *Diffugia*. Biological Bulletin Vol. 44 p. 22—37, mit Figuren.
- MAST, S. O. (1910): Reactions in *Amoeba* to Lights. The Journal of experimental Zoology Vol. 9 p. 265.

- MAST, S. O. and PUSCH, L. C. (1924): Modification of Response in Amoeba. Biol. Bull. Vol. 46<sub>2</sub> p. 55—59.
- MENDELSSOHN, MAURICE (1902): Recherches sur la thermotaxie des organismes unicellulaires. Journal de Physiologie et de Pathologie Tome 4 p. 393—409, mit 6 Textabbildungen (derselbe p. 475—488 und p. 489—496).
- OKADA, Yo K. (1929): Transplantationsversuche an Protozoen. Arch. f. Protistenk. Bd. 69, H. 1, p. 39—94, mit 19 Textfiguren und 4 Tafeln.
- SCHMIDT, W. I. (1929): Rheoplasma und Stereoplasma. In „Protoplasma“ Bd. 7 p. 362—393, mit 2 Tafeln.
- VERWORN, MAX (1888 u. 1890): Biologische Protistenstudien. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie Bd. 46 p. 455—470, mit Text- und Tafelfiguren und Bd. 50 p. 443—468, mit Text- und Tafelfiguren.
- (1889): Psycho-Physiologische Protistenstudien. Jena.
- (1892): Die physiologische Bedeutung des Zellkerns. Arch. f. d. ges. Physiologie, herausg. von PFLÜGER, Bd. 51 p. 1—118, mit 29 Tafelfiguren.
- (1896): Zellphysiologische Studien am Roten Meer. Sitzungsber. d. Königl. Preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jahrgg. 1896, 2. Halbbd. p. 1243—1350.
- (1915): Allgemeine Physiologie. Jena, 6. Aufl.
-



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1930

Band/Volume: [72\\_1930](#)

Autor(en)/Author(s): Küthe Karlheinz

Artikel/Article: [Das Verhalten abgeschnittener Pseudopodien und der Einfluß von Licht und Temperatur auf die Pseudopodienbewegung bei der Foraminifere Rumblerinella bacillifera Schmidt. 247-294](#)