

Das Leuchten der Pflanzen.

Von

Prof. Dr. Hans Molisch.

Vortrag, gehalten den 12. Dezember 1906.

(Mit Experimenten und Demonstrationen.)

Mit 5 Tafeln.

Wer jemals in einer warmen Juninacht die Johanniskäferchen gleich lebenden Irrlichtern durch die Lüfte huschen sah, wer im finsternen Walde einmal einem faulenden leuchtenden Baumstumpf begegnete, wer zum ersten Male im finsternen Keller leuchtendes Fleisch gesehen oder sich an dem herrlichen Schauspiele des Meeresleuchtens ergötzt hat, der wird die geheimnisvolle zauberhafte Wirkung, die das Licht der Lebewesen auf den Menschen seit jeher ausgeübt hat, gewiß an sich verspürt haben. Und so erging es auch mir. Als ich im Winter 1897/98 auf Java weilte, um pflanzenphysiologische Studien zu treiben, hatte ich oft Gelegenheit, das Licht von Lebewesen zu bewundern, und ich schenkte daher dieser merkwürdigen Erscheinung meine besondere Aufmerksamkeit.

Auf meinen nächtlichen Spaziergängen durch die javanischen Bauerngärten und den tropischen Urwald suchte ich allenthalben nach leuchtenden Objekten aus dem Pflanzen- und dem Tierreiche.

Gleich nach meiner Ankunft fesselte mich in der Nähe meiner Wohnung im botanischen Tropengarten zu Buitenzorg ein kleiner weißer Hutpilz (*Agaricus*), der sich auf den abgestorbenen Blättern einer Rotangpalme

(*Calamus*) entwickelte und in der Nacht durch sein wunderbares bläulichgrünes Licht meine Aufmerksamkeit hervorrief. Das Licht dieses lebenden Lämpchens war auf 20 Schritte deutlich als ein grünlicher Stern zu sehen.

In der Nähe von Tjibodas fand ich um die Hütten der Eingeborenen sehr häufig prachtvoll leuchtendes Rasamalahholz (*Liquidambar Altingianum* Bl.), verwesende leuchtende Blätter und Wurzeln von *Bambusa*.

Javanische Mädchen und Knaben, die bald erkannten, wofür ich mich interessierte, boten mir, wenn ich nach Sonnenuntergang auf der Veranda meines Wohnhauses saß, gegen kleine Geldgeschenke schüchtern allerlei interessante leuchtende Tiere und lichtentwickelnde Pilze, die ich zum Gegenstande meiner Studien machte.

Um diese Objekte bequem und länger beobachten zu können, gab ich sie in feucht gehaltene Gläser und stellte sie in meinem Schlafzimmer in der Nähe meines Bettes auf. Wenn ich dann nachts aus dem Schlafe erwachte und mit vollständig ausgeruhtem Auge durch das Moskitonetz meines Bettes auf meinen leuchtenden Garten blickte, glaubte ich in einer Geisterstube zu sein. Ich genoß ein wunderbares Schauspiel: das nun für kleinste Helligkeiten empfindliche Auge weidete sich an dem milden Dämmerlichte der Pilze, Hölzer und Blätter, das sich ununterbrochen in die nächste Umgebung ergoß, und zwar mit solcher Intensität, daß ich die Umrisse der Versuchsgefäße und der zunächst liegenden Gegenstände erkennen und in der Nähe die Zeiger meiner Taschenuhr ablesen konnte.

Gepackt von dieser Erscheinung und von dem Wunsche beseelt, in den Vorgang der Lichtentwicklung durch die Pflanze tiefer einzudringen, habe ich — nach Europa wieder zurückgekehrt — ein vieljähriges Studium daran gesetzt und mannigfaltige Erfahrungen gesammelt, aus denen ich Ihnen nun einiges mitteilen will.

Wenn man von leuchtenden Pflanzen spricht, so versteht man entweder solche darunter, die selbst Licht entwickeln, oder man meint Pflanzen, die aufgefangenes Licht zurückwerfen und dadurch scheinbar leuchtend werden. In meinem heutigen Vortrage soll nur von selbstleuchtenden Pflanzen die Rede sein.

Alle Pflanzen, die bisher als lichtentwickelnd bekannt geworden sind, gehören, wenn man von den Peridineen des Meeres absieht, zu den Pilzen, und zwar zu den Fadenpilzen und Bakterien.

Leuchtende Hutpilze und leuchtendes Holz.

Lichtentwicklung wurde bei etwa 14 teils dem tropischen, teils dem subtropischen und gemäßigten Klima angehörenden Hutpilzen festgestellt. So, um nur einige zu nennen, bei *Agaricus Gardneri* Berk., *Ag. igneus* Rumph, *Ag. noctilucens* Lév., *Ag. phosphorus* Berk., *Ag. Prometheus* Berk. et C. N., *Ag. lampas* Berk. und *Ag. illuminans* Berk. Es sind dies durchwegs exotische Pilze. Aber auch unter unseren einheimischen Hutpilzen sind leuchtende bekannt; ich erinnere an den Hallimasch, *Agaricus melleus* unserer Wälder und an den *Ag. olearius*, der in Südeuropa heimisch ist. Bei diesem leuchtet der

Strunk und der Hut, insbesondere aber die Fruchtschicht. Beim Hallimasch aber leuchtet nicht der Hut, sondern das strangartige Myzel, welches früher unter dem Namen *Rhizomorpha* als eigene Pilzgattung beschrieben wurde.

Eine sehr häufige Erscheinung in unseren Wäldern ist das Leuchten des verwesenden Holzes. Wenn man im Walde die faulenden Stammstümpfe der Föhre, Fichte, Eiche und anderer Bäume betrachtet, insbesondere solche, deren Rinde sich leicht vom Holze absprengen läßt, so gewahrt man häufig an dem bloßgelegten Holzkörper die schwarzen, reich verzweigten Myzelstränge des Hallimasch.

Sammelt man Stücke von derartigem Holz, in dem das Hallimaschmyzel wuchert, so ist man in der Nacht überrascht von dem eigentümlichen, dem Holze entströmenden Lichte. Früher glaubte man, daß die in Zersetzung befindliche Holzmasse leuchtet, heute aber wissen wir, daß nicht das Holz, sondern der das Holz durchwuchernde Pilz die Lichtentwicklung hervorruft. Es ist gelungen, den Hallimasch für sich rein zu kultivieren und so den Beweis zu liefern, daß er der Lichterreger ist. Wenn man den rein gezüchteten Pilz auf Holz, Brot oder Pflaumendekokt überträgt, so wächst er darauf weiter und macht diese Substrate scheinbar auch leuchtend.

Ich habe vor einigen Jahren aus einem Stück leuchtenden Holzes, das ich in der Nähe von Prag im Walde auffand, den Lichterreger rein gezüchtet und dabei ein Myzel entdeckt, das, auf Brot kultiviert, mehrere

Wochen, Monate, ja, wenn genügend Nahrung vorhanden ist, sogar länger als ein Jahr leuchtet. Dieses Myzelium, das trotz mehrjähriger Kultur noch immer keine Sporen hervorbringen wollte, konnte aus diesem Grunde nicht bestimmt werden und wurde von mir provisorisch als Myzelium *x* bezeichnet.

Der Hallimasch und das Myzelium *x* sind in unseren mitteleuropäischen Wäldern gewöhnlich die Ursache des leuchtenden Holzes. Obwohl also nur meist zwei Pilze das Leuchten des Holzes bedingen, so ist faules leuchtendes Holz doch eine ungemein häufige Erscheinung, da die beiden genannten Pilze, zumal der Hallimasch, *Agaricus melleus*, zu den gewöhnlichsten Hutpilzen unserer Wälder gehört.

Zu den noch viel verbreiteteren Erscheinungen in unseren Wäldern, die bisher nahezu ganz übersehen wurden, gehört auch

das Leuchten verwesender Blätter.

So verlockend es für die meisten Menschen ist, sich bei Tage den Reizen des Waldes hinzugeben, so abschreckend ist es, den Wald bei Nacht zu betreten. Das ist wohl der Hauptgrund, warum man das Leuchten des verwesenden Laubes nicht gebührend beachtet hat. Ich selbst wurde auf das Phänomen zuerst in den Tropen aufmerksam. Wie ich schon bemerkte, fand ich auf Java abgefallene, bereits im strohigen Zustande befindliche Blätter von *Bambusa*, die im Finstern ein weißes mattes Licht ausstrahlten. Später sah ich auch die Blätter

anderer tropischer Gewächse leuchten und als ich nach Europa zurückkehrte und auch die Blätter des heimischen Waldes daraufhin untersuchte, überzeugte ich mich an verschiedenen Orten, in Böhmen, Salzburg, Tirol, Bayern, auf der Insel Rügen und anderwärts, daß ein nicht geringer Bruchteil des abgefallenen Eichen- und Buchenlaubes, wenn es schon in einem gewissen Grade der Zersetzung ist und die anfangs braune Farbe einer mehr gelblichen oder weißlichgelben zu weichen beginnt, leuchtet. Um das Licht zu sehen, erscheint es zweckmäßig, die Blätter in einem feucht gehaltenen Glase während der Nacht mit ausgeruhtem Auge zu betrachten. Man sieht dann die Blätter an einzelnen Stellen ein mattweißes Licht ausstrahlen, ähnlich dem des Myzelium *x*. Auch hier ist nicht die in Zersetzung befindliche Blattsubstanz, sondern der darin lebende Pilz der Lichterreger.

Eine eigenartige und interessante Erscheinung ist auch

das Leuchten des Schlachtviehfleisches.

Es galt bisher als Seltenheit, als eine Aufsehen erregende Rarität, ja es ist noch gar nicht so lange her, so dachte man beim Anblicke leuchtenden Fleisches an allerlei Zauberei und Geisterspuk. Ich bin jedoch im Laufe meiner Untersuchungen darauf gekommen, daß leuchtendes Fleisch etwas ganz Gewöhnliches ist. Ursprünglich fehlte es mir an Material, da ich weder von hygienischen, noch von Veterinärinstituten, noch von Metzgern Proben von leuchtendem Fleisch erhalten

konnte. Da verfiel ich auf den Gedanken, das Fleisch, das mir der Metzger für meinen Haushalt täglich lieferte, zu prüfen, und war aufs höchste überrascht, als schon unter den ersten Proben einige leuchteten.

Besonders leicht kann man sich leuchtendes Fleisch verschaffen, wenn man das vom Fleischer für die Küche überbrachte Rindfleisch, etwa ein faustgroßes Stück davon in eine Glasschale legt und mit einer dreiprozentigen Kochsalzlösung so übergießt, daß die obere Hälfte noch aus der Flüssigkeit hervorsieht, mit einer Glasplatte bedeckt und das Ganze in einem kühlen Raume (12°) aufstellt. Nach 1—2 Tagen tritt dann an der Oberfläche das Leuchten ein, zuerst in kleinen sternartigen Punkten, nach und nach in größeren Inseln und endlich oft an der ganzen Oberfläche. Von den nach dieser Methode geprüften vielen Hunderten Rindfleischproben leuchteten 89% und von den Pferdefleischproben 65% .

Sowie beim faulen Holze und den verwesenden Blättern ist auch hier das Leuchten ein Lebensvorgang, denn nicht das tote Fleisch, sondern eine darauf vorkommende Bakterie, das *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch, entwickelt das Licht.

Da nun, wie wir gesehen haben, das Leuchten des Fleisches entgegen der bisherigen Annahme etwas ganz Gewöhnliches ist, so muß auch der Lichterreger, die eben genannte Leuchtbakterie, sehr verbreitet sein. In der Tat finden wir sie in Schlachthäusern, Fleisch-Eiskellern und Märkthallen, wo frische Fleischwaren regelmäßig feilgeboten werden, sozusagen eingebürgert. Das neu

hinzugebrachte Fleisch wird immer vom neuen mit der Leuchtbakterie angesteckt und dann an verschiedene Orte, so in die Küche eines jeden Hauses, verschleppt.

Das Leuchten von Soleiern und gekochten Kartoffeln.

Unter Soleiern versteht man in Deutschland gekochte Hühnereier, die der längeren Haltbarkeit halber (3 Tage) in Salzwasser aufbewahrt werden. Solche Eier; die in den Gasthäusern vorrätig gehalten werden, sollen nicht selten leuchten. Über die Ursache der Lichtentwicklung habe ich in der Literatur keine bestimmten Angaben gefunden; meine eigenen Untersuchungen haben ergeben, daß die sogenannten Soleier leuchtend werden, wenn sie in den Aufbewahrungsräumen (Küche, Speiseraum) mit der Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches (*Bacterium phosphoreum* [Cohn] Molisch) infiziert werden.

Was in der Küche unabsichtlich geschieht, läßt sich mit einem hohen Grade von Sicherheit, d. h. fast mit jedem Ei oder mindestens mit einem hohen Prozentsatze erreichen, wofern man das Ei nur für ganz kurze Zeit mit käuflichem rohen Rindfleisch in Berührung bringt. Man verfähre zu diesem Zwecke auf folgende Weise: Am Markte gekaufte Hühnereier werden 8 Minuten gekocht und abgekühlt. Ihre Schale wird durch Aufklopfen zerbrochen, aber nicht abgenommen. Nun wird das Ei einmal über ein handgroßes flaches Stück Rindfleisch gerollt und hiedurch mit der hier regelmäßig vorkommenden

Leuchtbakterie des Fleisches infiziert. Schließlich wird das Ei in eine Schale mit einer dreiprozentigen Kochsalzlösung so hineingelegt, daß das Ei nur ganz wenig aus der Flüssigkeit hervorragt. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur treten nach 1—3 Tagen an den zerschlagenen Stellen der Schale häufig Lichtflecke auf und auch die Flüssigkeit beginnt besonders in der Umgebung des Eies zu leuchten. Das Licht geht hauptsächlich von der weißen, die Innenseite der Schale auskleidenden Haut sowie von der Oberfläche des Weißen des Eies aus und kann bis zum vierten Tage recht stark werden, um dann wieder abzunehmen.

Auch von gekochten Kartoffeln wird angegeben, daß sie mitunter leuchten sollen. Es läßt sich zeigen, daß auch die Lichtentwicklung gekochter Kartoffeln auf eine Infektion mit Leuchtbakterien zurückzuführen ist und daß man mit derselben Sicherheit, mit der man sich leuchtende Hühnereier verschafft, auch leuchtende Kartoffeln erzielen kann, wenn man sie im gekochten Zustande mit käuflichem Rindfleisch in Berührung bringt und hierauf in eine dreiprozentige Salzlösung einlegt.

Das Leuchten von toten Seefischen und anderen Seetieren

ist seit langem bekannt. Die frischen, sogenannten „grünen“ Heringe, die von der Nord- und Ostsee in die mitteleuropäischen Städte versandt werden, leuchten entweder schon bei ihrer Ankunft oder nach 1—2 Tagen, wenn man sie an einem kühlen Orte im feuchten Raume

liegen läßt. Auch andere Seefische, ferner Austern, Miesmuscheln und Hummern können, wenn auch nicht so häufig wie die Heringe, Licht entwickeln.

Das Leuchten tritt bei diesen Tieren ebenso wie beim Schlachtviehfleisch, den Eiern und Kartoffeln ein, wenn die Zersetzung eben einsetzt und noch kein übler Geruch wahrzunehmen ist. Leuchtendes Fleisch und leuchtende Fische können ohne Schaden verzehrt werden, da die Leuchtbakterien, soweit unsere Erfahrungen reichen, keine schädliche Wirkung auf uns ausüben. Würde das nicht der Fall sein, dann müßten wir auf Fleisch- und Fischgenuß überhaupt verzichten, da Fleisch häufig leuchtet und die Fische, wie ich mich in Triest überzeuge, häufig schon in leuchtendem Zustande verkauft werden. Ich verschaffte mir hier den Eintritt in die Keller, wo die Fischhändler ihre Waren von einem Tag zum andern aufbewahren. Das Schauspiel, welches sich mir hier darbot, war überraschend und wird mir in dauernder Erinnerung bleiben. In zahlreichen Körben, in welchen viele Hunderte großer und kleiner Fische der verschiedensten Art angehäuft waren, tauchten auf der Oberfläche der Fische gleich den Sternen am nächtlichen Himmel zahllose Lichtpunkte auf, die, sobald das Auge sich an die Finsternis gewöhnt und für kleine Helligkeiten große Empfindlichkeit erhalten hatte, immer deutlicher wurden, zu silberweißen Flecken zusammenflossen und den Fisch nicht selten an seiner ganzen Oberfläche leuchtend erscheinen ließen. Die vielen Körbe strahlten ein eigentümliches, magisch erscheinendes, der Mond-

beleuchtung vergleichbares Licht aus und verliehen der ganzen Umgebung etwas Phantastisches und Geisterhaftes, das nur noch gesteigert wurde, als die um mich herumstehenden Knaben ihre Finger durch Berührung mit den Fischen leuchtend machten und unter staunender Bewunderung mit den leuchtenden Fingerspitzen in der Luft herumfuhren.

Alle diese leuchtenden Fische, die ich hier im Keller gesehen hatte, waren kurz vorher, gegen 7 Uhr abends, als der Fischmarkt gesperrt wurde, eben aus der Verkaufshalle in den Keller gebracht worden und wurden den nächsten Morgen wieder auf dem Markte zum Verkaufe ausboten. Ich kann daher sagen, daß wenigstens in der warmen Jahreszeit ein großer Teil der Fische im leuchtenden Zustande zum Genusse verkauft wird, ohne daß der Käufer eine Ahnung davon hat. Derartige Fische sind sozusagen noch frisch, haben keinen unangenehmen Geruch und befinden sich noch nicht im Stadium stinkender Fäulnis.

Interessant ist, daß, im Gegensatze zu Seefischen, tote Süßwasserfische gewöhnlich nicht leuchten; wenn es vorkommt, so ist dies auf eine Infektion mit marinen Leuchtbakterien zurückzuführen, die leicht eintreten kann, da in den Verkaufsläden und Markthallen Süßwasserfische häufig mit Seetieren direkt oder indirekt in Berührung kommen.

Als Ursache der Lichterregung bei toten Fischen sind gleichfalls Bakterien erkannt worden. Wir kennen bereits 26 verschiedene Leuchtbakterien und zweifellos

gibt es deren noch viel mehr. Es ist gelungen, die Leuchtbakterien rein zu kultivieren, und damit war der Weg gebahnt, die Eigenschaften dieser Lebewesen, die Bedingungen des Leuchtens, die Natur des Leuchtprozesses, des Lichtes sowie seine Einwirkungen auf die photographische Platte und auf Pflanzen genauer zu studieren.

Derartige Reinkulturen, wie Sie sie hier vor sich sehen, bieten im Finstern einen wunderbaren Anblick; man glaubt den nächtlichen Sternenhimmel mit seinen herrlichen Lichtern und der Milchstraße hier im kleinen vor sich zu sehen.

Wir wollen nun auf den Leuchtprozeß selbst etwas näher eingehen. Die erwähnten Fadenpilze und Bakterien leuchten nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff. Das Leuchten ist ein Oxydationsprozeß. Wenn Sie die Leuchtbakterien hier in dieser Stichtkultur betrachten, so werden Sie nur die an der Oberfläche oder knapp darunter liegenden Bakterien leuchten sehen, die tieferen aber, weil sie dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft entzogen sind, nicht.

Impft man eine Nährlösung, bestehend aus Flußwasser, 3% Kochsalz, 1% Pepton und $\frac{1}{2}$ % Glyzerin, mit einer Reinkultur von *Bacterium phosphoreum*, so leuchtet die Flüssigkeit schon nach zwei Tagen prachtvoll. Ist das Gefäß hoch und schmal wie diese Epruvette, so leuchtet die Flüssigkeit nur oben, wo der Sauerstoff leicht zuströmen kann, unten aber nicht. Schüttele ich die Epruvette, so wird, da der Sauerstoff auch den tieferen

Regionen zuströmt, die ganze Flüssigkeit sofort aufleuchten.

In einfacher und sehr eleganter Form läßt sich die Abhängigkeit der Lichtentwicklung vom Sauerstoff in folgender Weise veranschaulichen. Eine $1-1\frac{1}{2}$ m lange und etwa 8 mm breite, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre wird mit stark leuchtender Bouillon nahezu ganz gefüllt, so daß an der oberen Öffnung nur ein $\frac{1}{2}-1$ cm langes Stück mit Luft versehen übrig bleibt. Läßt man nun eine so vorbereitete Röhre eine Viertelstunde stehen, so erlischt, da die Bakterien den Sauerstoff veratmen, die Bouillon, mit Ausnahme der freien Oberfläche, wo der Sauerstoff die Bakterien unmittelbar erreicht. Verschließt man jetzt die Röhre mit dem Daumen und kehrt sie um, so steigt die Luft in Form einer kleinen Blase auf und macht die ganze Flüssigkeit wieder leuchtend, man glaubt im Finstern eine langsam aufsteigende Leuchtrakete zu sehen. Stellt man die Röhre dann wieder ruhig hin, so erlischt binnen einer Viertelstunde oder noch früher die Bouillon und der Versuch kann dann von neuem wiederholt und die Bouillon neuerdings leuchtend gemacht werden.

Es ist erstaunlich, wie geringe Mengen von Sauerstoff schon zum Leuchten ausreichen. Bekanntlich entbinden grüne Zellen bei Gegenwart von Kohlensäure im Lichte Sauerstoff, eine Zelle natürlich nur äußerst wenig. Wenn man nun eine leuchtende Nährlösung in einer sehr schmalen Epruvette mit grünen Algen vermischt und dann einige Zeit ins Finstere stellt, so erlischt die

Flüssigkeit, sie wird dunkel. Bringt man die Röhre jetzt auf einige Sekunden ins Sonnenlicht oder zündet man vor dem Proberöhrchen in der Dunkelkammer ein Zündhölzchen an, so genügt diese kurz andauernde Beleuchtung, um die grünen Zellen anzuregen, Kohlensäure zu assimilieren, Sauerstoff zu entbinden und die Bakterien hiedurch wieder zum Aufleuchten zu bringen.

Die bei einem solchen Versuche entstehende Sauerstoffmenge ist außerordentlich klein und mit chemischen Reaktionen kaum nachzuweisen. Die Leuchtbakterie verrät uns aber durch ihr Aufleuchten die Gegenwart des Sauerstoffes und wird hiedurch zum feinsten Reagens auf diesen Körper.

In Rücksicht auf die innige Beziehung von Pilzlicht und Sauerstoff hat man auch allgemein angenommen, daß die Lichterregung mit der Atmung auf das engste zusammenhängt, ja man hält auch die Lichtentwicklung sogar für eine direkte Folge der Atmung. Dies ist möglich, mir scheint aber aus verschiedenen Gründen, auf welche ich hier nicht näher eingehen kann, daß vorläufig kein zwingender Grund vorliegt, solche direkte Beziehungen anzunehmen, wenn auch damit nicht bestritten werden soll, daß ein indirekter Zusammenhang zwischen Atmung und Lichtentwicklung besteht.

Zum Leuchten gehört aber nicht bloß Sauerstoff, sondern auch eine gewisse Menge Wasser. Legt man eine leuchtende hirsekorngroße Bakterienmasse auf eine Glasplatte, so hört sie, da sie ihr Wasser infolge der Verdampfung verliert, nach 5—10 Minuten auf zu

leuchten. Sobald aber Wasser hinzugefügt wird, taucht das Licht wieder auf. Der Versuch glückt auch mit dem Leuchtkörper des Johanniswürmchens und läßt sich ebenso wie bei leuchtenden Pilzen mehrmals wiederholen.

Unsere Erfahrungen über das Leuchten der Lebewesen drängen zu der Auffassung, daß es sich hier um einen chemischen Prozeß handelt und daß innerhalb der Zelle ein Stoff gebildet wird, der bei Gegenwart von freiem Sauerstoff und Wasser leuchtet. Wir wollen diesen Stoff „Photogen“ nennen. Für eine solche Annahme sprechen Beobachtungen Radziszewskis, aus denen hervorgeht, daß verschiedene organische Körper, z. B. Methylaldehyd, Lophin, Traubenzucker, Terpentinöl, Rosenöl, Ölsäure und viele andere, wenn sie sich in alkalischer Reaktion mit aktivem Sauerstoff verbinden, leuchten. Damit soll nicht gesagt sein, daß es einer von den genannten Körpern sein muß, der auch in der lebenden Zelle leuchtet, denn es könnte auch ein ganz anderer, derzeit noch unbekannter Stoff leuchten; immerhin erscheint es von Wichtigkeit, daß überhaupt organische Körper unter gewissen Bedingungen leuchtend werden.

Ich möchte noch einige interessante Tatsachen anführen, die sehr für die Photogenhypothese sprechen. Es sei daran erinnert, daß nicht nur lebende, sondern auch tote Zellen und leblose Säfte zu leuchten vermögen. Die unter anderem an der Nordsee und an der Adria vorkommende Bohrmuschel (*Pholas dactylus* L.) spritzt, wenn sie gereizt wird, eine ziemliche Menge einer

leuchtenden Flüssigkeit aus, die gar keine Zellen enthält. Wenn man diese Absonderung eintrocknen läßt, so verschwindet das Licht, sie kann aber noch nach 10 Tagen durch Befeuchtung wieder zum Leuchten gebracht werden.

Die Leuchtorgane von *Lampyrus noctiluca* leuchten, nachdem sie auf das sorgfältigste getrocknet und im luftleeren Raume durch ein Jahr aufbewahrt worden waren, bei Benetzung mit Wasser wieder auf.

Auch das leuchtende Sekret gewisser Tausendfüßer (Myriopoden) kann, wenn auf Filtrierpapier eingetrocknet, durch Befeuchtung wieder leuchtend gemacht werden.

In allen diesen Fällen handelt es sich nicht mehr um lebende Sekrete oder lebende Zellen. Hier handelt es sich um leblose Stoffe und in ihrem Aufleuchten um einen chemischen Prozeß, der auch unabhängig von der lebenden Zelle eintreten kann. Zwar ist die Entstehung des leuchtenden Körpers an das Leben der Pflanze oder des Tieres geknüpft, aber das Aufleuchten kann in manchen Fällen noch am toten Objekte hervorgerufen werden, ja, wenn das Photogen nicht ein gar so labiler Körper wäre und nicht in gar so geringen Mengen gebildet würde, dürften wir hoffen, das Photogen einmal aus den Zellen zu isolieren und dann abgesondert von den Lebewesen studieren zu können, etwa so wie es bereits gelungen ist, den wirksamen Stoff der gärenden Hefe, die Zymase, von der Zelle zu trennen und den Gärungsprozeß ohne Hefezellen mit der Zymase durchzuführen.

Die Eigenschaften des Pilzlichtes.

Die Bakterien leuchten gewöhnlich in grünlichem, bläulichem oder bläulichgrünem, die Fadenpilze zumeist in mattweißem Lichte, doch kann auch hier die Farbe einen Stich ins Grünliche aufweisen.

Im Gegensatz zu früheren Angaben in der Literatur sei betont, daß das Pilzlicht stets ein ruhiges, niemals hin und her huschendes oder wallendes ist. Auch besteht im Leuchten zwischen Pilzen und Tieren insofern ein Unterschied, als die Pilze immer andauernd leuchten, während die Tiere, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, nur ganz kurze Zeit, einige Sekunden, Minuten und mehr blitz- und explosionsartig auf äußere Reize hin zu leuchten pflegen. Ein solches Leuchten kommt, wenn wir die Peridineen zu den Pflanzen rechnen, nur bei diesen vor, während Bakterienkulturen wochen-, monatelang ununterbrochen Tag und Nacht leuchten können. Das Myzelium x leuchtet, wenn für ausgiebige Nahrung gesorgt wird, sogar 1—2 Jahre.

Obwohl die Intensität des „lebenden“ Lichtes im allgemeinen gering ist, so erscheint sie bei einzelnen Bakterien immerhin so groß, daß sie auf den Gedanken führte, das Licht in Form einer Lampe auszunützen.

Eine solche lebende Lampe läßt sich in folgender Weise herstellen. Ein 1—2 l-Erlenmeyerkolben aus Glas wird mit etwa 200—400 cm^3 Salzpeptonglyzerin-gelatine beschickt, mit einem Baumwollpfropf verschlossen und dann sterilisiert. Nach Abkühlung und bevor die

Gelatine wieder erstarrt, wird von einer jungen, gut leuchtenden Kultur des *Bacterium phosphoreum* mittels einer Platinnadel geimpft und der Kolben dann in fast horizontaler Lage und unter langsamer Drehung im Strahle eines Wasserleitungshahnes gekühlt, wobei die Gelatine an der ganzen inneren Oberfläche nach wenigen Minuten erstarrt. Der ganze Kolben ist dann mit einer mehr oder minder dicken Gelatineschicht allseits ausgekleidet; auch der Pfropf kann mit dem Nährsubstrat getränkt werden, da er ganz besonders schön leuchtet. Bei Aufenthalt des Kolbens in einem kühlen Zimmer entwickeln sich schon nach 1—2 Tagen an der ganzen Innenwand so reichlich Kolonien, daß der Kolben dann in wunderschönem bläulichgrünen Lichte erglänzt und mit seinem ruhigen matten Glanze einen herrlichen Anblick darbietet.

Das Licht einer solchen, in Fig. 1 wiedergegebenen Lampe ist viel schwächer als das einer sehr kleinen Kerzenflamme, allein für wissenschaftliche Versuche, z. B. über Heliotropismus im Bakterienlichte, für photographische Zwecke, ja auch als Nachtlampe, um Gegenstände im Finstern mit einiger Mühe zu finden, kann die Lampe schon jetzt verwendet werden. Vielleicht wird es in Zukunft gelingen, durch bestimmte Zusammensetzung des Nährsubstrates, durch Entdeckung noch intensiver leuchtender Bakterien und durch künstliche Zuchtwahl die Lichtstärke der Bakterienlampe zu steigern.

Ich habe in letzter Zeit gefunden, daß die Leuchtkraft einer solchen Lampe sich erheblich steigern läßt,

wenn man die Impfung der Gelatine in Form einer größeren Anzahl etwa 1 cm voneinander entfernter, vom Grunde des Kolbens bis zu seinem Halse reichender Striche durchführt, der Gelatine anstatt einer Lösung von 3^o/_o Chlornatrium Meerwasser zusetzt und anstatt des *Bacterium phosphoreum* eine Bakterie verwendet, die ich auf Seefischen aufgefunden und die zu den intensivsten Leuchtbakterien gehört, die man derzeit kennt. Es ist das die von mir beschriebene *Pseudomonas lucifera*.

Für die Skeptiker sei darauf hingewiesen, daß das Licht leuchtender Tiere schon seit langem ausgenützt wurde. So dienten gewisse Käfer, namentlich der auf den Antillen vorkommende stark leuchtende *Pyrophorus noctilucus* zur Zeit der Eroberung Amerikas den Eingeborenen verschiedenen Zwecken: zum Fischfang, zur Jagd und zur Zeit des Krieges als optischer Telegraph, zumal das Käferlicht weder durch den Wind noch durch den Regen verlöscht wurde. An der Stubendecke befestigt dienten sie zur Beleuchtung und zur Abhaltung von Schlangen. Bei ihren Festen rieben die Eingeborenen das Gesicht mit den leuchtenden Käfern ein und verschafften sich so eine leuchtende Maske von eigenartigem Effekt. In Mexiko benützen die Frauen die *Pyrophori* gleich leuchtenden Edelsteinen als Schmuck und die ersten Missionäre auf den Antillen bedienten sich in Ermanglung von Kerzen der Käfer zum Lesen der Frühmesse. Wie uns A. v. Humboldt erzählt, sind gewisse Käfer (Elateriden), von den Spaniern „Cucujos“ genannt, bei den Eingeborenen als Lampen im Gebrauch. „Zirka

ein Dutzend Cucujos in einer durchlöcherten Kürbisflasche dienen in Hütten armer Landleute als Nachtlampen, und wird das Licht schwächer, so darf man nur rütteln, wo durch das Irritieren der Tiere das Licht wieder weit stärker wird.“ Die Mütter benützen nach demselben Gewährsmann dieses Licht, um den Säuglingen zur Nachtzeit die Brust zu reichen, Schiffskapitäne machen von dem Lichte Gebrauch, um zu gewissen Zeiten von gefürchteten Korsaren nicht beobachtet zu werden, und A. v. Humboldt selbst benützte gelegentlich eines Besuches der Luftvulkane von Turbaco dieses lebende Licht als eine Art Sicherheitslampe, um eine Entzündung der brennbaren Gase zu vermeiden.

Eine ungemein charakteristische Eigenschaft des Pilzlichtes und der Lebewesen überhaupt ist der Mangel an Wärmestrahlen. Es ist kaltes Licht. Während das Licht der Sonne und unserer gewöhnlichen Beleuchtungsapparate eine mehr oder minder große Menge von Wärmestrahlen enthalten, manche, wie das Leuchtgaslicht, sogar soviel, daß es ebensogut als Heizquelle dienen könnte, sehen wir, daß das Licht der Pflanzen und Tiere keine merkbare Wärme ausstrahlt. Was die modernen Beleuchtungstechniker als Ideal ansehen: ein Licht ohne Wärme zu schaffen, das hat die Natur im Lichte der Lebewesen bereits verwirklicht.

So wie das Licht der Sonne aus verschiedenen Strahlen sich zusammensetzt, so ist auch das Pilzlicht nicht einfach. Die spektroskopische Untersuchung hat gezeigt, daß die Spektren aller geprüften Pilze wegen der

relativ geringen Lichtstärke mit einer einzigen Ausnahme (*Pseudomonas lucifera* Molisch) bloße Helligkeitspektra darstellen, also keine Farben zeigen, und daß die blauen und grünen Strahlen neben den mehr zurücktretenden gelben vorherrschen.

Das Vorkommen solcher Strahlen macht schon von vorneherein wahrscheinlich, daß das Pilzlicht auch auf die photographische Platte wirken wird. Ich bitte, die Tafel zu betrachten. Wie Sie sehen, gelingt es nicht bloß, die leuchtenden Kulturen der Bakterien in ihrem eigenen Lichte, sondern auch verschiedene Gegenstände im Bakterienlichte zu photographieren.

Fig. 2 zeigt uns die Photographie einer Petrischale mit leuchtenden Kolonien des *Bacterium phosphoreum* nach 15 stündiger Expositionszeit. Man sieht nicht bloß die Kolonien als scharfe weiße Punkte, sondern sogar auch die Umrisse der Kulturschale.

Fig. 3 stellt die Mikrophotographie einer einzelnen Kolonie in ihrem Eigenlichte dar; sie lehrt, daß der Rand viel intensiver leuchtet als das Innere.

Fig. 4 gibt die Photographie einer leuchtenden Strichkultur nach sechsständiger Expositionszeit wieder. Der leuchtende Strich, die Umgrenzungen der Eprouvette und der Wattepfropf sind deutlich zu sehen. Verzichtet man auf die Wiedergabe der Eprouvette, so genügt schon eine viertelstündige Exposition, um den leuchtenden Strich zu photographieren.

Ungemein scharf erscheint das Bild der Bakterienlampe — Fig. 1 —, photographiert in ihrem eigenen

Lichte. Die einzelnen Kolonien und die Umrissse des Glasgefäßes treten deutlich hervor.

Die übrigen Bilder stellen verschiedene Gegenstände dar, die mittels Bakterienlicht photographiert wurden, eine Schillerbüste Fig. 5, einen Buchdruck Fig. 7 und ein Thermometer Fig. 6. Dabei leistete mir die Bakterienlampe ausgezeichnete Dienste, besonders wenn ich gleich mehrere Lampen auf die zu photographierenden Objekte einwirken ließ.

Enthält das Pilzlicht auch merkwürdige, durch dunkle Körper auf die photographische Platte einwirkende Strahlen? Nach Entdeckung der Röntgen-, Becquerel- und anderer Strahlungen hat man auch das Bakterien- und Johanniskäferlicht auf dunkle Strahlungen geprüft und glaubte tatsächlich solche gefunden zu haben. Allein eine genaue Nachprüfung ergab mir durchaus negative Resultate; die scheinbar positiven Ergebnisse, welche einzelne Forscher erhalten hatten, waren auf Fehlerquellen, wie sie durch die direkte Beeinflussung der photographischen Platte durch die bei der Photographie benützten Kartone und Metallplatten gegeben waren, zurückzuführen. Es wirkt also das Bakterienlicht wie gewöhnliches Tageslicht auf die photographische Platte und seine Strahlen vermögen dunkle Körper nicht zu durchdringen und auf die lichtempfindliche Schichte zu wirken.

Hingegen konnte ich mich überzeugen, daß dem Bakterienlichte gerade sowie vielen anderen Lichtquellen physiologische Wirkungen zukommen.

Die Pflanze ist dem Lichte gegenüber ungemein empfindlich. Stellt man Keimlinge der Wicke oder Linse

in der Dunkelkammer etwa 1 m entfernt vor einem kleinen Leuchtgasflämmchen auf, so krümmen sich die Stengel alsbald in nahezu rechtem Winkel zu der Flamme hin, wir sagen, sie sind positiv heliotropisch. Genau so verhalten sich Keimlinge verschiedener Pflanzen (Erbse, Linse, Wicke), ferner mehrere Pilze (*Xylaria*, *Phycomyces*), wenn man statt der Flamme in einer Entfernung von etwa 1—10 cm eine Bakterienlampe oder eine Petrischale mit Strichkulturen aufstellt. Die Pflanzen wachsen dann positiv heliotropisch auf die leuchtenden Bakterien zu und es bietet sich der wunderbare Anblick dar, daß eine Pflanze durch strahlende Energie eine andere bewegt, auf sie zuzuwachsen und so eine anlockende Wirkung zu äußern. (Fig. 8.)

Während die Lichtintensität des Bakterienlichtes ausreicht, Heliotropismus hervorzurufen, genügt sie, wahrscheinlich wegen zu geringer Stärke, nicht, Chlorophyllbildung zu ermöglichen. Ich bekam, auch wenn ich mehrere Bakterienlampen auf die Keimlinge einstrahlen ließ, stets negative Resultate.

Die Lichtentwicklung eines Lebewesens erscheint uns so merkwürdig, daß man sich unwillkürlich fragt, ob denn dieses Licht für die Lebewesen einen bestimmten Nutzen habe. Das plötzliche Ausstoßen eines leuchtenden Sekretes, das funken- oder blitzartige Aufleuchten vieler Tiere sowie die wunderbaren Leuchtapparate der Tiefseewelt deuten darauf, daß die Tiere aus der Lichtentwicklung einen bestimmten Nutzen ziehen, sei es, daß sie andere Tiere damit anlocken oder abschrecken, sei es

daß sie in der Tiefe des Meeres ihre Umgebung beleuchten, um sich die Nahrung leichter zu verschaffen. Die Zoologen zweifeln nicht daran, daß dem Tierlichte die angedeutete biologische Bedeutung zukommt.

Nicht so leicht ist die Frage bei den Pilzen zu beantworten. Der Annahme, daß die Bakterien, die auf den vom Meere ausgeworfenen toten Seetieren wuchern, durch die Lichterregung leichter verbreitet werden, weil die leuchtenden Leichen von Nachttieren besser gesehen und verschleppt werden, wird man wohl schwer beipflichten können. Für die Verbreitung der Bakterien ist ja durch verschiedene Umstände, besonders durch die Wellen- und Sandbewegung sowie durch die Meeresströmungen ohnedies in ausgezeichneter Weise gesorgt.

Bei den höheren Leuchtpilzen hatte man an eine Verbreitung der Sporen durch Pilzkäfer und Pilzmücken gedacht. Das von den Blätterschwämmen ausstrahlende Licht sollte als Anlockungsmittel und Wegweiser für die in der Nacht fliegenden Insekten dienen und indem sie von einem Pilz zum andern flogen, sollten sie die Sporen verschleppen und auf ein größeres Areal verbreiten. Wenn nun wirklich das Pilzlicht diesen Zweck hätte, dann wäre nicht einzusehen, warum beim Hallimasch der Fruchtkörper mit den Sporen nicht leuchtet, wohl aber das unter der Wurzel- und Stammrinde den fliegenden Insekten verborgene Myzel. Solange nicht anderweitige Erfahrungen vorliegen, scheint es mir besser, einfach einzugestehen, daß wir heute keine plausible biologische Erklärung kennen, ja es ist nicht unwahrscheinlich, daß

das Licht der Pilze einfach eine Konsequenz ihres Stoffwechsels ist, die aber nicht eine Anpassung an bestimmte Lebensverhältnisse darstellt.

Betrachten wir zum Schlusse¹⁾ die Entwicklung von Licht durch die Pflanze vom energetischen Standpunkte, so ergibt sich eine interessante Tatsache. Bekanntlich reduziert die grüne Pflanze mit Hilfe des einstrahlenden Sonnenlichtes die Kohlensäure und macht daraus organische Substanz. Hiebei wird die lebendige Kraft des Sonnenstrahles in chemische Energie umgewandelt und in der organischen Substanz als Spannkraft deponiert. Der farblose Pilz und das Tier nehmen organische Nahrung auf und entwickeln aus der darin aufgespeicherten Spannkraft wieder Wärme und Licht. Wir haben also hier einen wahren Kreislauf von Licht zu Licht in der Pflanze. Das Johanniskäferchen, das einem be-seelten Sterne gleich in der Nacht durch die Luft seine leuchtenden Bahnen zieht; die Qualle, die, vom Schiffskiele oder der Brandung gereizt, meteorartig aufleuchtet; der Tiefseefisch, der in der unheimlichen Meerestiefe seine lebende Lampe entzündet; die Bakterie, die auf dem toten Fische in bläulichgrünem Lichte erglänzt, und der Hutpilz, der im einsamen Urwalde einen magischen Schein verbreitet — sie alle strahlen im Grunde ge-

¹⁾ Der Leser, der sich eingehender über das Problem der Lichtentwicklung in der Pflanze und die einschlägige Literatur zu unterrichten wünscht, sei aufmerksam gemacht auf mein Buch: „Leuchtende Pflanzen“, Jena 1904. Verlag von G. Fischer.

nommen ein Licht aus, das als Sonnenlicht in die grüne Pflanze eintrat und nach vielfachen Wandlungen aus den leuchtenden Lebewesen wieder in Form von Licht austritt.

Erklärung der Tafeln.

Vergleiche den Text auf Seite 144—149.

- Tafel I, Fig. 1. Bakterienlampe, in ihrem eigenen Lichte photographiert.
- „ II, Fig. 2. Photographie leuchtender Kolonien von *Bacterium phosphoreum* in ihrem eigenen Lichte. Die Kolonien waren 6 Tage alt, befanden sich in einer Petrischale, die mit einer planen Glasscheibe bedeckt war. Expositionszeit 15 Stunden. — Fig. 3. Mikrophotographie von einer leuchtenden, 10 Tage alten Kolonie von *Bacterium phosphoreum* in ihrem Eigenlichte.
- „ III, Fig. 4. Photographie einer Strichkultur von *Bacterium phosphoreum* im Eigenlichte, Fig. 5 einer Schillerbüste im Bakterienlichte, Fig. 6 eines Thermometers im Bakterienlichte.
- „ IV, Fig. 7. Photographie eines Buchdruckes im Bakterienlichte.
- „ V, Fig. 8. Positiver Heliotropismus von Erbsenkeimlingen, hervorgerufen durch das Licht mehrerer leuchtender, in einer Petrischale befindlicher Strichkulturen von *Bacterium phosphoreum*. Alle Keimlinge erscheinen zum Bakterienlichte hingekrümmt.
-

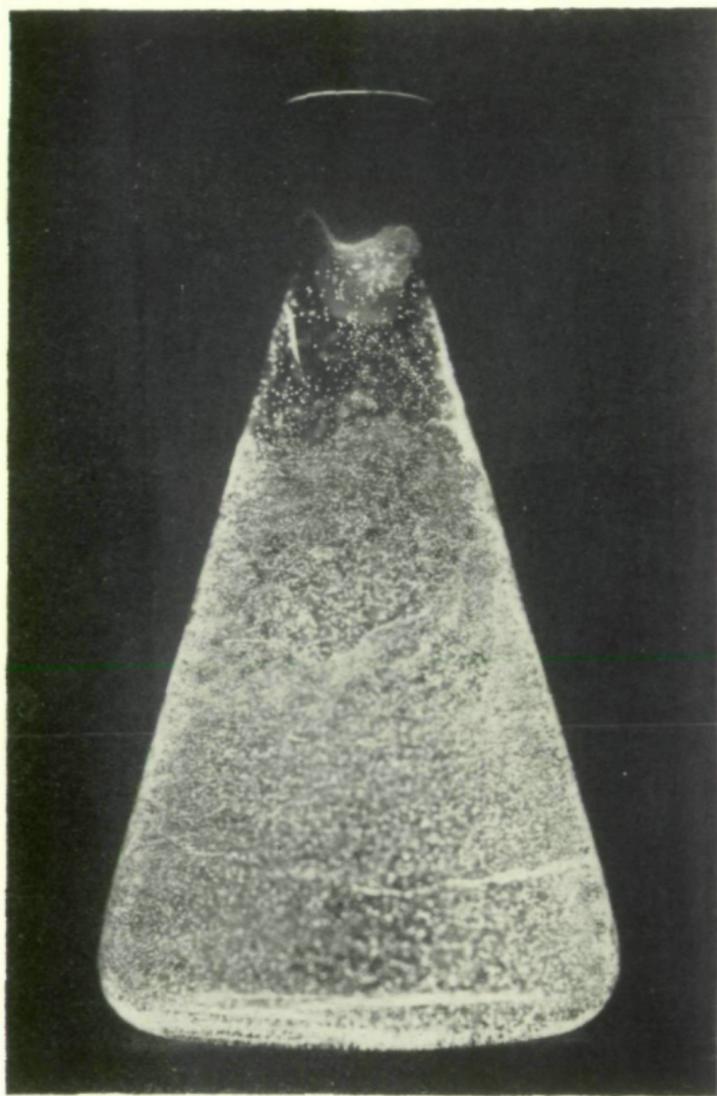


Fig. 1.

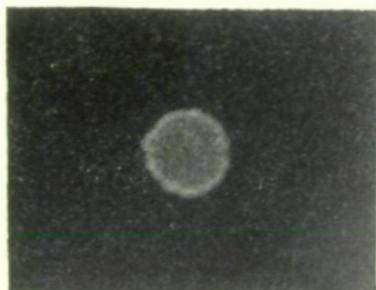


Fig. 3.

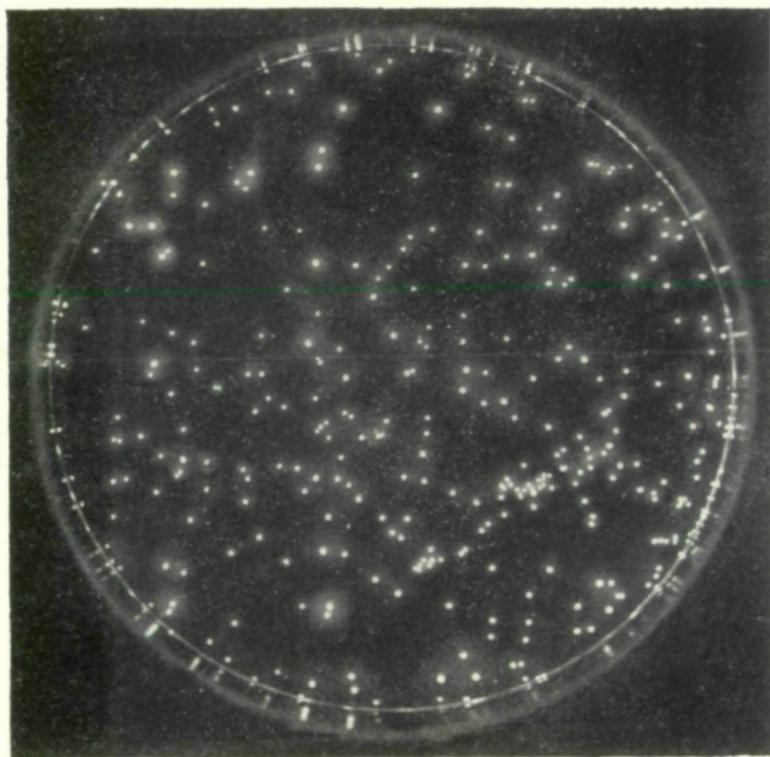


Fig. 2.



Fig. 5.

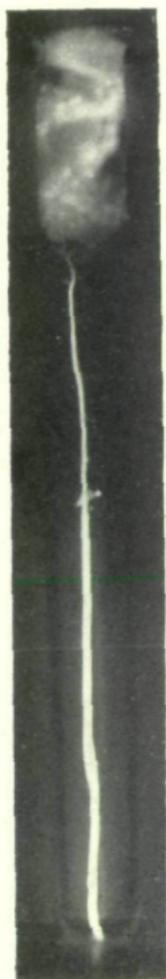


Fig. 4.

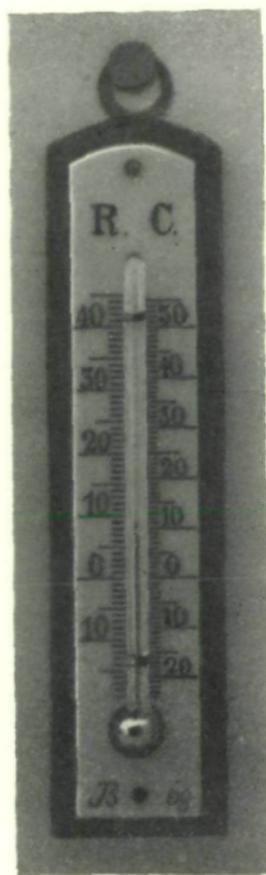


Fig. 6.

H. Molisch: Das Leuchten der Pflanzen.

Taf. IV.

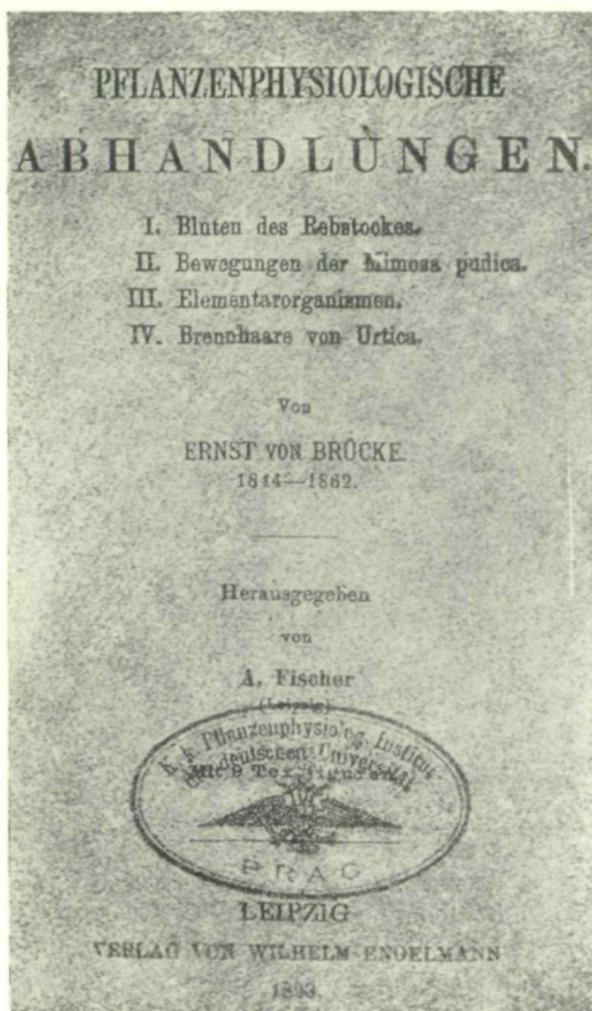


Fig. 7.

H. Molisch: Das Leuchten der Pflanzen.

Taf. V.

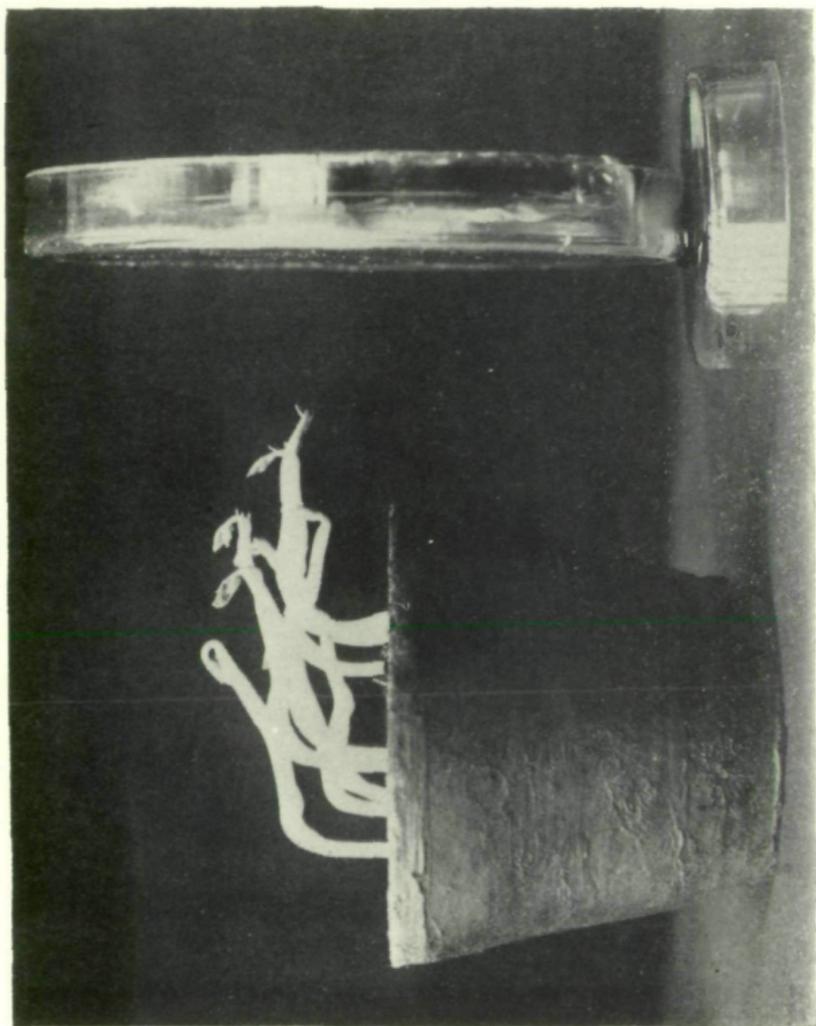


Fig. 8.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Molisch Hans

Artikel/Article: [Das Leuchten der Pflanzen. \(5 Abbildungsseiten unpaginiert.\) 125-152](#)