

Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Thiere

Bd.: 23. 1880

Bonn 1880

Anat. 38 o-23

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11549569-1

Ueber den Einfluss mechanischer Erschütterung auf die Entwicklung der Spaltpilze.

Von

Prof. **J. Reinke**

in Göttingen.

(Hierzu Taf. IV.)

In einem im Jahre 1878 in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsätze werden von Horvath¹⁾ einige Versuche mitgeteilt, welche darthun, dass Bacterien in einer andauernd heftig geschüttelten Flüssigkeit sich nicht entwickeln, während sie in der gleichen Flüssigkeit sich lebhaft vermehren, wenn sich dieselbe in Ruhe befindet. Wird die Nährlösung weniger heftig bewegt, z. B. an einer rotirenden Scheibe befestigt, so entwickeln sich die Spaltpilze in derselben unbehindert. Aus diesen Thatsachen zieht Horvath den Schluss, dass ein gewisser Grad der Bewegung nachtheilig, ja verderblich auf das organische Leben einwirke, und glaubt darin ein Naturgesetz zu erkennen, welches für die ungehemmte Entwicklung der Organismen eine möglichst grosse Ruhe in Anspruch nimmt. Mit diesem Gesetze scheint ihm die Beobachtung übereinzustimmen, dass in lebhaft fliessenden Gewässern wenig oder gar keine Vegetation beobachtet werde, und dass Bacterien, welche einem Thiere in die Blutgefässe geimpft wurden, demselben nicht nur kein Unwohlsein verursachten, sondern nach einiger Zeit aus dem Blute wieder verschwunden waren.

Sowohl die Theorie von Horvath wie auch seine Versuche sind von Nägeli²⁾ einer Kritik unterzogen worden, welche derselbe mit folgenden Worten schliesst:

„Um schliesslich ein Urtheil . . . abzugeben, so möchte ich die Horvath'schen Behauptungen nicht als unrichtig oder un-

1) Pflüger's Archiv Bd. 17 S. 125: „Ueber den Einfluss der Ruhe und der Bewegung auf das Leben.“

2) Theorie der Gährung. München 1879. S. 75 u. ff. des Separatdruckes.

möglich erklären. Aber sie scheinen mir, mit Rücksicht auf die gemachten Einwürfe, nicht so sehr über jeden Zweifel erhaben, dass die Physiologie mit ihnen rechnen dürfte, und es wäre im höchsten Grade wünschbar, wenn eine Wiederholung der Versuche mit besseren Nährlösungen und bei niedrigeren Temperaturen stattfände. Die Sache ist nicht bloß für die Theorie der Gärthätigkeit und der Giftwirkung, sondern für alle physiologischen Prozesse von hohem Interesse. Bis neue Erfahrungen uns sicheren Aufschluss geben, müssen wir die Wirkungen mechanischer Erschütterung auf die molecularen Bewegungszustände des lebenden Plasmas für problematisch halten.“ —

Da ich selbst, mit einer ausgedehnten Arbeit über die Physiologie des Protoplasma beschäftigt, durch andere Thatsachen auf die Wichtigkeit der Entscheidung dieser Frage hingeführt wurde, so entschloss ich mich, dieselbe experimentell in Angriff zu nehmen. Bevor ich jedoch zur Darlegung meiner eigenen Untersuchung übergehe, scheint es mir zweckmässig, den Gang der Versuche Horvath's, sowie die von seinem Kritiker im Einzelnen erhobenen Einwände, kurz zu recapituliren.

Nachdem frühere Versuche, bei welchen Horvath seine Bacterien-Nährlösung am Pendel einer Uhr, sowie an einem, im Strassburger botanischen Laboratorium befindlichen Rotationsapparate befestigt hatte, ein negatives Resultat geliefert hatten, fand derselbe zu Paris im Bernard'schen Laboratorium eine für seine Zwecke geeignetere Vorrichtung, welche durch einen Wassermotor getrieben wurde: es ward hierbei ein Brett in horizontaler Richtung in eine 25 cm umfassende Bewegung versetzt, 100—110 mal pro Minute; nach jeder Bewegung empfing das Brett durch eine besondere Einrichtung noch einen Extrastoss. Auf dieser Brette wurden 20 cm lange und 2 cm weite Glasröhren befestigt, die zur Hälfte mit inficirter Bacterien-Nährlösung gefüllt und darauf hermetisch verschlossen waren. Zur Controle befanden sich in demselben Raume ebenso beschaffene und beschickte Glasröhren, welche unbeweglich aufgestellt waren.

Die angewandte Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

- 1,0 % neutrales weinsaures Ammonium,
- 0,5 „ saures phosphorsaures Kalium,
- 0,5 „ schwefelsaures Magnesium,
- 0,05 „ Chlorcalcium.

Die Temperatur während der Versuche variirte von 24 bis 36° C.

Während in den nicht bewegten Röhren nach Verlauf von 24 Stunden sich die Flüssigkeit durch Schwärme von Bacterien trübte, war dieselbe in den geschüttelten Röhren noch klar; wurden die letzteren nach Sistirung der Bewegung einer Brütöfen-Temperatur von 25 bis 30° ausgesetzt, so zeigten auch sie nach weiteren 28 Stunden deutliche Trübung, woraus hervorgeht, dass die in ihnen enthaltenen Bacterien-Keime durch die Schüttelbewegung wohl in ihrer Entwicklung gehemmt, nicht aber getödtet worden waren.

Bei einem zweiten Versuche, wo die Schüttelbewegung 48 Stunden lang fortgesetzt war, zeigte die Flüssigkeit in den Röhren auch nach 28stündiger Exposition im Brütöfen keine Trübung. Das länger andauernde Schütteln hatte hier also anscheinend die Lebensthätigkeit der Spaltpilze vernichtet. —

Aus diesen Wahrnehmungen scheint Horvath den Schluss zu ziehen, dass die beobachtete Wirkung auf die Spaltpilze eine Function der Geschwindigkeit und Dauer ihrer Bewegung sei.

Nägeli wendet sich zunächst gegen die Behauptung Horvath's, wonach derselbe in einem strömenden Bache keine Vegetation beobachtet haben will, während doch jedem Botaniker bekannt ist, dass in reissenden Gebirgsbächen, namentlich auch unter Wasserfällen, die Steine mit Algen, meist aus der Gruppe der Nostochaceen, überzogen zu sein pflegen.

Weiterhin erhebt Nägeli Bedenken gegen die Wirksamkeit der angewendeten Schüttelbewegung und hebt mit Recht hervor, dass die Wirkung von dem Grade der Erschütterung abhängt, welcher seinerseits bedingt wird durch die Geschwindigkeit, mit welcher man die Flüssigkeit gegen die Glaswand schleudert. Nägeli schätzt diese Geschwindigkeit in den Röhren Horvath's nach einer angestellten Rechnung auf höchstens 1 m pro Secunde, nimmt sie aber, um keinen Fehler zu begehen zu 2 m pro Secunde an. Mit der gleichen Geschwindigkeit würde aber eine nur $\frac{1}{4}$ m hoch fallende Wassermasse auf die Steine stossen, während man unter Wasserfällen von 20 m Höhe und darüber, welche eine mehr als 10 mal heftigere Erschütterung verursachen, als die Schüttelgefäße von Horvath, eine reichliche Algenvegetation beobachten kann.

Nägeli hält es demnach für nicht unwahrscheinlich, dass die Resultate der Horvath'schen Versuche einer anderen Ursache

zugeschrieben werden können als der mechanischen Erschütterung; er denkt dabei an eine ihm wahrscheinlich erscheinende, durch die Schüttelbewegung hervorgerufene Erhitzung der Flüssigkeit in den Glasröhren bis auf einen für die Spaltpilze nachtheiligen Grad der Temperatur, welcher namentlich bei dem 48stündigen Versuch sich geltend gemacht habe.

Auch könne, so versichert Nägeli aus eigener Erfahrung, aus dem Umstande, dass die letzterwähnten Röhren nach mehr als 48stündigem Aufenthalt im Brütoven ungetrübt blieben, nicht geschlossen werden, dass die Fähigkeit der Pilze, sich zu vermehren, aufgehoben worden sei. Es folge daraus blos eine hochgradige Schwächung; die Brütwärme müsse oft viel länger einwirken, ehe eine bemerkbare Vermehrung geschwächter Spaltpilze eintrete.

Nägeli tadelt ferner noch die Zusammensetzung der von Horvath benützten Nährlösung und schlägt für entsprechende Versuche eine Lösung von Fleischextract und Zucker vor. —

Was nun die Auffassung der Versuche Horvath's durch Nägeli anbetrifft, so scheint mir der letztere den Kern der Sache besser getroffen zu haben, als der Experimentator selbst. Nägeli spricht stets von der Wirkung, welche die durch den Anprall der Flüssigkeit gegen die Wand der Glasröhren hervorgerufene Erschütterung auf die Entwicklung der Pilze ausüben musste, in der Darstellung Horvath's dagegen handelt es sich stets um die Lebhaftigkeit der Bewegung, also um die Geschwindigkeit selbst. Und doch kann von einer ernstlichen Wirkung der Geschwindigkeit bei diesem Versuche schwerlich die Rede sein. Auf keinen Fall lässt sich dieselbe beweisen. Auch kann ich mir durchaus nicht vorstellen, weshalb in einer Flüssigkeit, welche sich mit einer zehnfach grösseren Geschwindigkeit, als der von Horvath benutzten, in einer und derselben Richtung ohne häufig anzuprallen fortbewegt, etwa an der Peripherie einer rotirenden Scheibe, die Lebensthätigkeit des Protoplasma, das Wachsthum und die Vermehrung der Bacterien, irgendwie beeinträchtigt werden sollte.

Unter ganz anderem Gesichtspunkt erscheinen jedoch die Beobachtungen Horvath's, wenn man sie von dem Standpunkte der molecularphysikalischen Theorie betrachtet, welche Nägeli über die Wirkung der organisirten und nicht organisirten Fermente, sowie auch der Gifte, entwickelt hat, und wonach dieselbe auf einer von Schwingungen der kleinsten Theilchen des Ferments aus-

gehenden molecularen Erschütterung besteht, durch welche eventuell im Bereich des Ferments befindliche zusammengesetzte Molecüle einer Verbindung in einfachere Molecüle gespalten werden können. Unter diesem Gesichtspunkte lag auch für Nägeli der Gedanke nahe, durch mechanische Erschütterung auf die Lebensfähigkeit der niederen Pilze einzuwirken, er liess denselben aber wieder fallen, weil es ihm schien, dass die Bewegungen, die auf mechanischem Wege in einer Flüssigkeit sich erzeugen lassen, im Verhältniss zu den molecularen Bewegungen allzu langsam seien, um eine bemerkbare Störung zu veranlassen.

Wir werden sogleich sehen, ob es nicht doch möglich sein sollte, solche moleculare Bewegungen von grosser Geschwindigkeit zu erzeugen. Da es sich aber für Horvath um den Gegensatz zwischen Ruhe und Bewegung handelt, so scheint es zweckmässig, vorher noch an den doppelten Sinn des Begriffes Bewegung kurz zu erinnern.

Wir verstehen unter der Bewegung eines Körpers eine zeitliche und örtliche Veränderung seiner jeweiligen Lage, oder der Lage seiner kleinsten Theilchen. Darnach unterscheiden wir zwei Arten von Bewegung, die Massenbewegung und die Molecularbewegung.

Diese beiden Arten der Bewegung scheint mir Horvath bei seiner Untersuchung nicht auseinander gehalten zu haben; wenigstens vermisse ich eine Berücksichtigung derselben in seiner Fragestellung, und nach der Form der von ihm gewählten Ausdrücke scheint es ihm daran gelegen zu sein, die kleinen Körper der Spaltpilze in eine möglichst lebhafteste Massenbewegung zu versetzen.

Ich meinerseits glaube nicht, dass die den Spaltpilz-Individuen durch das Schütteln ertheilte Beschleunigung ihre Lebensenergie geschwächt habe, sondern dass wir die Ursache dieser Wirkung in einer ihrem Protoplasma durch den Stoss der Gefässwände ertheilten Molecularbewegung zu suchen haben.

Durch einen Stoss vermögen wir die kleinsten Theilchen eines Körpers in Schwingungen zu versetzen, und diese moleculare Erschütterung ist nicht selten hinreichend, z. B. bei Explosivstoffen, die Molecüle des Körpers zu zertrümmern. Wenn wir nun annehmen, dass die Molecüle des lebenden Protoplasma gewisse, ihnen eigenthümliche Schwingungen ausführen, so erscheint der

Gedanke nahe liegend, dass, wenn diese specifische, für die Unterhaltung der Lebensactionen nothwendige Molecularbewegung durch ein von aussen kommendes System von Molecularbewegungen durchkreuzt wird, die vitalen Functionen des Protoplasma dadurch eine Schwächung erfahren werden.

Um diese Frage experimentell zu prüfen, ist es zweckmässig, Stösse auf lebendes Protoplasma einwirken zu lassen, welche ihre eigene lebendige Kraft in Form einer Wellenbewegung auf die kleinsten Theilchen des Protoplasma übertragen. In Bezug auf die Wirkungsweise einer solchen Erschütterung durch Stoss — wie sie Horvath bei seinen Versuchen thatsächlich bereits angewandt hat — kann man dann weiter fragen, ob die Heftigkeit der Stösse oder die Zahl derselben in der Zeiteinheit der wirksamere Factor sei.

Da Horvath bei seinen Versuchen mit Stössen experimentirte, welche in grösseren Intervallen geführt wurden, d. h. höchstens 220 Stösse pro Minute, so erschien es mir wünschenswerth, bei übrigens analog angestellten Versuchen die Stösse mit einer viel grösseren Geschwindigkeit einwirken zu lassen.

Um eine Nährlösung nebst den darin befindlichen Spaltpilz-Keimen in so lebhaft moleculare Schwingungen zu versetzen, dass man nicht mit Nägeli zu befürchten braucht, die auf solchem mechanischen Wege in einer Flüssigkeit erzeugten Bewegungen seien „im Verhältniss zu den molecularen Bewegungen allzu langsam“, habe ich mich eines, wie ich glaube, zweckmässigen Verfahrens bedient. Ich habe Schallwellen von hinreichender Intensität durch die Flüssigkeit hindurch gesandt, und zwar habe ich mich dazu der Longitudinalschwingungen bedient, weil dieselben weit höhere Schwingungszahlen liefern, als die transversalen. Es war zu dem Ende nur nöthig, einen (soliden oder hohlen) Glas- oder Metallstab durch Reiben in Richtung seiner Längsaxe zum Tönen zu bringen und dann eine Stelle desselben, welche keinen Schwingungsknoten enthielt, in die betreffende Flüssigkeit eintauchen zu lassen, wobei sich die Schwingungen der kleinsten Theilchen des tönenden Körpers auf die Moleküle der Flüssigkeit übertragen und im Wasser mit der für dies Medium constanten Geschwindigkeit sich fortpflanzen, während für die Zahl der Schwingungen in der Zeiteinheit der tönende Körper massgebend ist.

Für die Ausführung dieses Versuches habe ich folgenden Apparat construiert (Tafel IV Fig. 1 in $\frac{1}{10}$ natürl. Grösse).

In die auf den vier soliden Füßen A, B, C, D ruhende Tischplatte xy ist der nach unten ragende Klotz E eingelassen, und an diesem durch eine eiserne Hesse F das 1300 mm lange Messingrohr G H in genau verticaler Stellung angeschraubt, welches 13 mm im Lichten hält. Der Tisch xy trägt ausserdem die beiden aufrechten Backen J und K, welche die Lager zz' zum Drehen für die stählerne Axe l enthalten. Auf dieser Stahlaxe ist die aus Eisen gefertigte kreisrunde Scheibe m unbeweglich befestigt, während die ebenso beschaffene Eisenplatte n sich auf einem Schraubengewinde in Richtung der Axe l durch einen, in der Zeichnung nicht sichtbaren Hebel verschieben, d. h. an m nähern oder davon entfernen lässt. Die beiden Platten m und n bilden das Gerüst einer Trommel, über welches sich ein Streifen groben Flanells spannen lässt, welcher an einer Stelle zusammengenäht wird; durch Anziehen der Scheibe n lässt sich dem die Form eines Cylindermantels besitzenden Flanell jeder beliebige Grad von Straffheit verleihen. Das Flanell war vor dem Aufziehen mit einer alkoholischen Lösung von Colophonium getränkt und dann sorgfältig getrocknet; ausserdem ward durch den federnden Messingdraht v noch ein Stück festes Colophonium gegen die Mitte des Flanelleylinders gedrückt, so dass letzterer bei jeder Umdrehung sich an dem Colophonium reiben konnte. Die Lage der Trommel m n ward nun so gewählt, dass sie in einer durch den Versuch erprobten Höhe ziemlich fest gegen das Rohr G H drückte; sie bildete somit ein Reibzeug, durch dessen Drehung das Rohr in Longitudinalschwingungen versetzt wurde, so dass es einen hellen, durchdringenden Ton gab.

Es kam nun darauf an, das Reibzeug in einer constanten, nicht allzu geschwinden Drehung zu erhalten. Dies ward bewirkt durch die auf der Axe l befestigte Riemenscheibe o, welche vermittelst der Schnur ohne Ende p mit dem Schwungrade des kleinen, auf der Tischplatte xy angeschraubten Wassermotors M in Verbindung gesetzt war; letztere ward durch die einen Druck von 4 Atmosphären gewährende Wasserleitung des Laboratoriums getrieben. Sobald man den Hahn h der Wasserleitung ein wenig öffnete, begann sich das Reibzeug zu drehen und das Rohr ertönte.

Bekanntlich ist die Schwingungszahl eines durch Reiben in Longitudinalschwingungen versetzten Metallstabes nur abhängig von der Länge des Stabes (l), dem Elasticitätsmodul (E) und dem specifischen Gewicht (s) des betreffenden Metalls, nach der Formel

$$N = \frac{1}{al} \sqrt{\frac{Eg}{s}},$$

worin a eine von der Befestigungsweise des Stabes abhängige Constante bezeichnet, welche wir im gegebenen Falle $= 2$ setzen können¹⁾. Nach dieser Formel berechnet sich die Schwingungszahl des Rohres G H auf 1260 Stösse in der Secunde.

Die Uebertragung dieser Schwingungen auf die Flüssigkeit geschah nun am bequemsten in der Weise, dass ein kleines, 40 mm langes und 19 mm im Lichten haltendes Glasröhrchen von unten her über das Ende H des Messingrohrs geschoben und durch ein geeignetes Stativ so befestigt ward, dass das Ende des Messingrohrs dicht über dem Boden des Glasröhrchens frei schwebte, ohne dasselbe zu berühren; der Abstand zwischen Glas- und Messingrohr betrug überall ungefähr 2 mm. Ward nun das Glasröhrchen zu drei Viertel mit Wasser gefüllt, dem etwas Colophoniumpulver beigemischt war, so sah man beim Tönen des Apparates die im Wasser suspendirten Stäubchen lebhaft vibriren. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die im Metall erregte Wellenbewegung mit fast ungeschwächter Intensität auch die ganze, das Glasröhrchen füllende Flüssigkeit durchzitterte. Das Messingrohr selbst war bei H auf eine Strecke von 100 mm in- und auswendig stark vergoldet, so dass von seiten des Metalls kein nachtheiliger Einfluss auf die Lösung zu erwarten war.

Die mit diesem Apparate angestellten Versuche gelangten in einem Zimmer zur Ausführung; dessen Temperatur zwischen 25 bis 31 ° C. schwankte; sie begannen stets des Morgens um 9 Uhr und dauerten 24 Stunden, während welcher Zeit der Apparat ununterbrochen ertönte. Die unmittelbar nach Beendigung des Versuches gemessene Temperatur im Expositionsröhrchen (so wollen wir Kürze halber das mit Nährlösung beschickte und in Schwingungen versetzte Glasröhrchen nennen) ergab keinen merklichen Unterschied gegen die Temperatur der Flüssigkeit eines dicht daneben stehen-

1) Vgl. Wüllner, Compendium der Physik I, S. 347.

den Controlgetässes. Hinzugefügt mag noch sein, dass das Expositionsröhrchen durch einen bei F. befestigten Schirm aus Carton gegen das Hineinfallen von Colophoniumstaub geschützt war.

Versuch I.

Eine Quantität der nach der Vorschrift von Horvath bereiteten und klar filtrirten Nährlösung ward durch einen minimalen Tropfen bacterienhaltiger Flüssigkeit inficirt, damit das Expositionsgläschen und zwei in der Nähe des Apparates stehende Controlgläschen gefüllt, von denen das eine zugestöpselt ward, das andere offen blieb. Nach 24 Stunden ward der Apparat sistirt, und während die Flüssigkeit in den Controlgefässen sich milchig getrübt hatte, war sie im Expositionsgefäss fast ganz klar geblieben. Unter dem Mikroskop zeigte ein Tropfen Flüssigkeit aus den Controlgefässen sich dicht von Bacterien erfüllt, während in der erschütterten Lösung sich mit dem Mikroskop nur vereinzelte Spaltpilze auffinden liessen, diese allerdings in schwärmender Bewegung begriffen.

Versuch 2.

Als Nährflüssigkeit ward eine sehr verdünnte Lösung von Liebig'schem Fleischextract mit Zusatz von ein paar Tropfen Zuckersyrup gewählt; zur Infection ward diesmal ein etwas grösserer Tropfen bacterienhaltiger Flüssigkeit genommen. Nach 24 Stunden war die im Controlgefäss befindliche Lösung dicht von Bacterien erfüllt, welche sich beim Umrühren als Wolken und schleimartige Membranfetzen zeigten. Die erschütterte Flüssigkeit im Expositionsröhrchen erwies sich ganz schwach opalisirend. Mikroskopische Untersuchung ergab aber auch in letzterer ziemlich zahlreiche, theilweise in Bewegung begriffene Spaltpilze, während ein Tropfen aus dem Controlgefäss von diesen sich ganz dicht erfüllt zeigte, so dass die Differenz unter dem Mikroskop eine ebenso evidente war, wie für das blosse Auge.

Aus beiden Versuchen geht zur Genüge hervor, dass in einer durch Schallwellen erschütterten Nährlösung sich die Spaltpilze unter sonst gleichen Bedingungen weit langsamer entwickeln als in einer in Ruhe befindlichen Flüssigkeit; völlig sistirt wird ihre Vermehrung aber keineswegs, und ist daher nicht anzunehmen, dass ihr Leben durch andauernde Erschütterung der gleichen Art vernichtet werden sollte. —

Mit dem oben beschriebenen Apparate lassen sich auch Erschütterungsversuche ausführen, welche denjenigen von Horvath

ähnlicher sind. Zu dem Ende ward an einem federnden Messingdrahte, welcher in geeigneter Weise am Stativ angebracht wurde, mittelst einer verschiebbaren und durch eine Schraube zu fixirenden Hülse ein kleines, inwendig vergoldetes Messingröhrchen befestigt, welches mit seinem Boden genau vertical auf dem Querschnitt des zu diesem Zwecke durch einen aufgelötheten Deckel verschlossenen Rohres G H stand und durch die Federkraft des Drahtes leicht gegen den Deckel gepresst wurde; das Röhrchen ist nicht mit abgebildet. Sobald das Rohr G H ertönte, ward das 90 mm lange Röhrchen in sehr rasch auf einander folgenden und ziemlich heftigen Stößen empor geschleudert, durch die Feder aber stets wieder auf den Deckel des Rohres G H herabgedrückt. Dieses Röhrchen ward zur Hälfte mit einer inficirten Bacterien-Nährlösung gefüllt, durch einen Kork verschlossen und durch die vom tönenden Rohr ausgehenden Stöße in eine heftige Bewegung versetzt. Dieselbe combinirte sich aus der beschriebenen, sehr raschen Schüttelbewegung und aus Schallwellen, welche in den kurzen Momenten der Berührung von dem Rohre G H mitgetheilt wurden.

Versuch 3.

Das Röhrchen ward mit der von Horvath benutzten Nährlösung beschickt; während nach 24 Stunden die gleiche Lösung im Controlgefäss sich stark getrübt hatte, war in der Flüssigkeit des Röhrchens keine Trübung mit blossen Auge wahrzunehmen und auch mit dem Mikroskop waren nur sehr spärliche Bacterien aufzufinden; die Temperatur der Flüssigkeit im Röhrchen betrug bei Beendigung des Versuches 27° C.

Versuch 4.

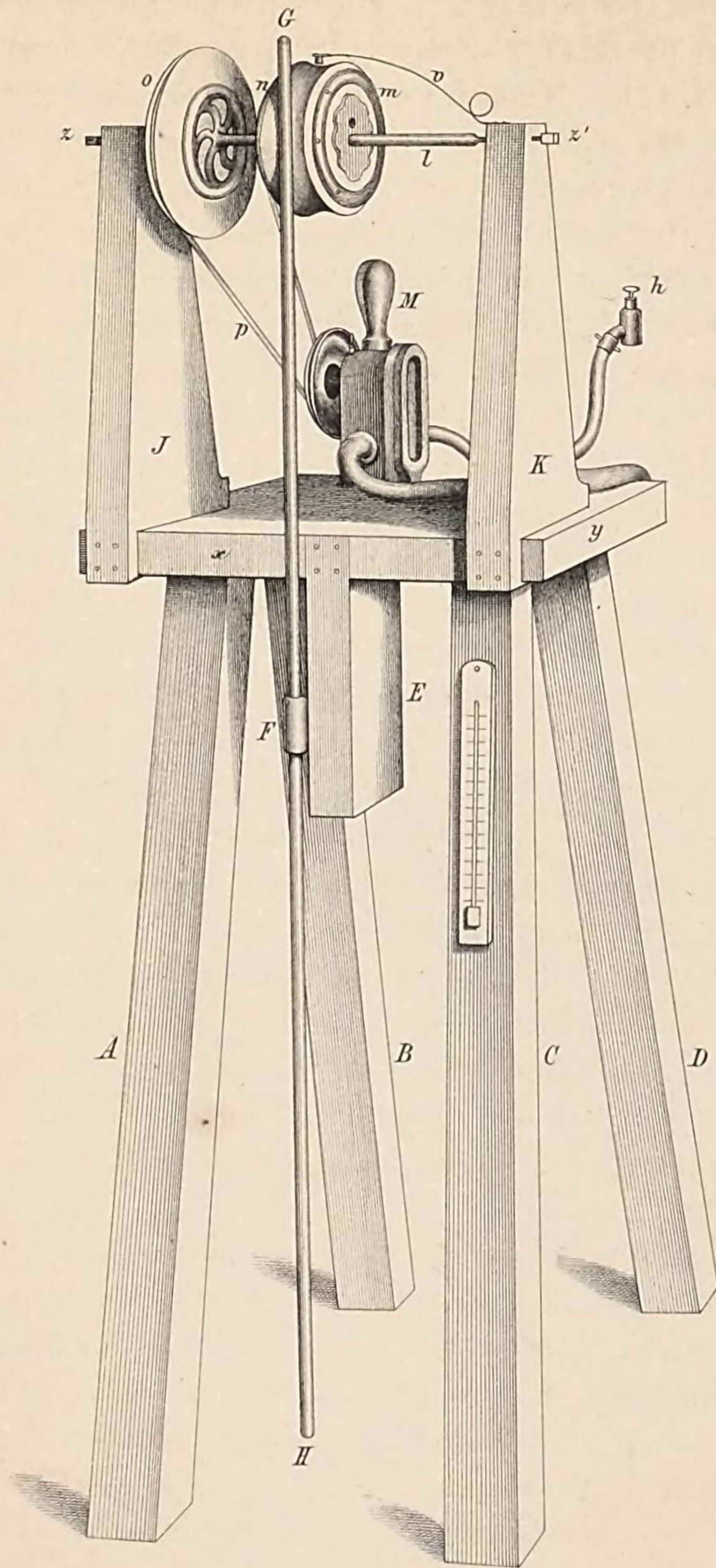
Das Röhrchen ward mit einer inficirten Fleischextract-Zuckerlösung beschickt; die gleiche Flüssigkeit im verschlossenen Controlgefäss daneben gestellt. Nach 24 Stunden war die Flüssigkeit im Röhrchen nicht merklich getrübt, ihre Temperatur betrug 32° C., im Controlgefäss dagegen war starke Trübung eingetreten. Der Apparat ward noch weitere 24 Stunden in Thätigkeit gelassen; nunmehr zeigte sich die Flüssigkeit im Röhrchen deutlich opalisirend und unter dem Mikroskope wimmelnd von Spaltpilzen, während im Controlgefäss sich dicke Flocken und Membranen abgesetzt hatten.

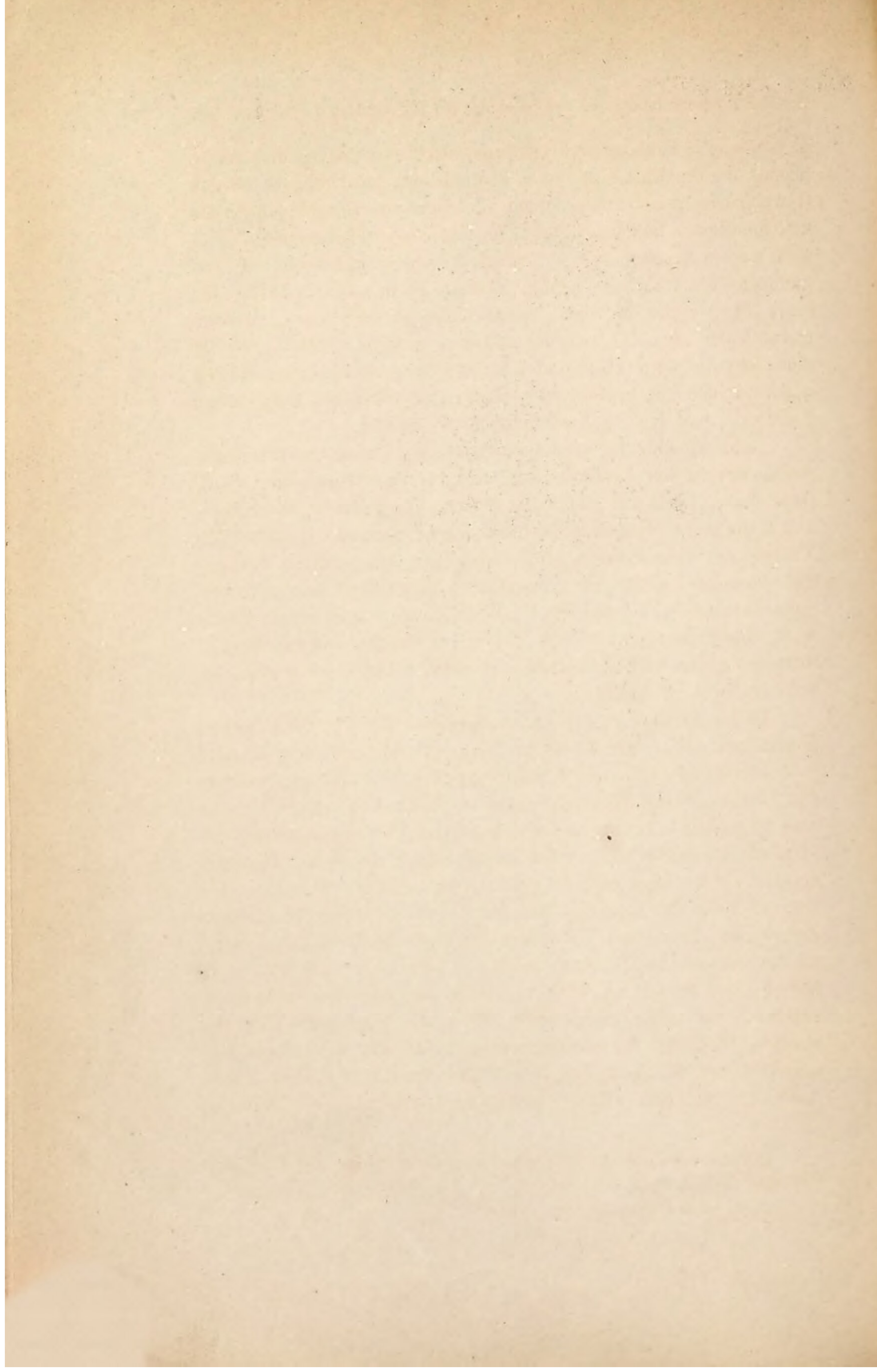
Die vorstehend beschriebenen Versuche liefern in sofern eine Bestätigung der von Horvath mitgetheilten Thatsachen, als sie zeigen, dass moleculare Erschütterung in der That einen hemmenden Einfluss auf das Wachsthum und die Vermehrung der Spaltpilze ausübt. Ob es aber wirklich gelingt, eine Form der mechanischen Erschütterung zu finden, durch deren andauernde Application die Spaltpilze getödtet werden können, scheint mir noch des Beweises zu bedürfen. In dieser Hinsicht bleiben die obenerwähnten Bedenken Nägeli's gegen die Tragweite des Horvath'schen Versuchs in Kraft. In Bezug auf die von Letzterem benutzte Nährlösung ist aber gegen die rein theoretischen Einwendungen Nägeli's zu bemerken, dass die Spaltpilze in derselben vortrefflich gedeihen, wie diese Lösung ja auch bereits seit langer Zeit von F. Cohn mit Erfolg zur Cultur von Bacterien benutzt worden ist. Immerhin besitzt aber die von Nägeli vorgeschlagene Lösung (Fleischextract mit Zucker) mancherlei Vorzüge. Dass endlich die von Horvath erzielten Ergebnisse auf eine übermässige Steigerung der Temperatur in den Gefässen zurückzuführen seien, scheint mir nach den oben mitgetheilten Thatsachen nicht wahrscheinlich. —

In meinen eigenen Versuchen war ich bemüht, die Geschwindigkeit der Stösse bei der Erschütterung möglichst zu steigern. Es würde nun von Interesse sein, umgekehrt bei einer geringeren Geschwindigkeit die einzelnen Stösse heftiger zu machen, vielleicht dürfte sich dadurch eine noch stärkere Wirkung erzielen lassen. Bekanntlich ist die Stärke des Tons einer Saite umgekehrt proportional dem Quadrat der Amplitude, und dieser Satz giebt die Handhabe zu Versuchen in der bezeichneten Richtung, welche ich mir vorbehalten habe.

Sollte es gelingen, durch eine Form mechanischer Erschütterung die Vegetation der Spaltpilze zum völligen Stillstande zu bringen, so würde solches Ergebniss nicht nur ein hohes theoretisches, sondern auch ein practisches Interesse besitzen. Es müsste dann möglich sein, eine Vorrichtung zu construiren, mittelst deren solche Schwingungen sich durch einzelne, local von Bacterien inficirte Theile des menschlichen Körpers hindurch senden lassen, um die vitale Energie dieser Bacterien zu schwächen.

Wenn ein Organ durch Eindringen von Spaltpilzen erkrankt, wenn nach Verlauf einer gewissen Zeit Genesung eintritt und die Spaltpilze wieder verschwinden, so lässt sich diese Erscheinung





physiologisch kaum anders erklären, als dass zwischen dem Protoplasma der Spaltpilze und dem Protoplasma, beziehungsweise den Gewebselementen des menschlichen Körpers eine Concurrenz um die nothwendigsten Lebensbedingungen entbrennt, ein Kampf um's Dasein, dessen Ausgang davon abhängt, ob die Spaltpilze oder der Organismus die Oberhand behält. Gelingt es in solchem Falle, den einen der Gegner in irgend einer Weise zu schwächen, so kann dadurch der Sieg des anderen gesichert werden. Dass der Erfolg eines Angriffs durch Bacterien von der mehr oder weniger normalen und gesunden Constitution eines Organismus abhängen kann, haben Berthold und ich für Kartoffelknollen gezeigt¹⁾. —

Anhaltspunkte für eine theoretische Erklärung der Wirkungsweise molecularer Erschütterung auf das Protoplasma der Spaltpilze haben sich aus den mitgetheilten Versuchen nicht ergeben. Die Beziehungen der in Rede stehenden Erscheinung zu Nägeli's Theorie der Fermentwirkungen, in welcher die spaltende Wirkung des Ferments nicht den chemischen Zugkräften seiner Atome, sondern seinen specifischen molecularen Schwingungen zugeschrieben wird, durch deren Stösse das moleculare Gefüge anderer Verbindungen erschüttert und zertrümmert werden kann, — wurden bereits früher hervorgehoben.

Hält man aber eine Umschau auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie nach einer ähnlichen Wirkung anderer Kräfte, so wird man unwillkürlich an den retardirenden Einfluss erinnert, welchen das Licht auf das Wachsthum der Pflanzenzellen ausübt. Es ist eine allgemein bekannte und durch zahlreiche Untersuchungen begründete Thatsache, dass jedes in die Länge wachsende Pflanzengebilde, sei es das complicirt gebaute Internodium eines dicotylen Stengels oder der einzellige Fruchträger eines Mucor, in gleichen Zeiten und unter sonst gleichen Bedingungen im Dunkeln schneller wächst, als am Licht. Auch diese Erscheinung ist bis jetzt theoretisch nicht erklärt worden. Immerhin dürfte bei den Erklärungsversuchen für diese merkwürdige Wirkung des Lichtes auch die ähnliche Wirkung der Erschütterungen auf die Wachsthumsgeschwindigkeit der Spaltpilze nicht ganz ausser Acht zu lassen sein. Auch die auf eine Pflanze treffenden Lichtstrahlen bohren sich

1) Untersuchungen aus dem botanischen Laboratorium der Universität Göttingen. Heft I. S. 19.

zwischen die kleinsten Theilchen des Protoplasma ein und rufen hier unzweifelhaft spezifische Erschütterungen hervor. Wissen wir doch, dass durch solche von den Lichtstrahlen hervorgerufene Erschütterungen zahlreiche Verbindungen gespalten werden können. Wenn in der That der durch das Licht hervorgerufene Bewegungszustand der Protoplasma-Moleküle die bedingende Ursache des langsameren Wachstums der Pflanzen sein sollte, so würden wir darin doch keinen das vegetabilische Leben schädigenden Factor erblicken dürfen, sondern einen wichtigen Regulator, durch welchen der Ausdehnung der Pflanzentheile Maass und Ziel gesetzt wird; dies beweisen die in völliger Dunkelheit etiolirten Pflanzenstengel, deren Uebersverlängerung und krankhaftes Aussehen wohl als allgemein bekannt vorausgesetzt werden darf.

(Aus dem thierphysiologischen Laboratorium des Prof. N. Zuntz an der landwirthschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf bei Bonn.)

Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Harnstoffausscheidung.

(Eine von der medicinischen Facultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn gekrönte Preisschrift.)

Von

cand. med. **Hermann Oppenheim.**

Vorliegende Arbeit wurde als Antwort auf die Preisfrage: „Welchen Einfluss verschiedene physiologische und pathologische Bedingungen auf die Menge des täglich vom Menschen erzeugten Harnstoffs ausüben, soll genauer analytisch festgestellt werden“ am 1. Mai d. J. der medicinischen Facultät hiesiger Universität überreicht. Einen Theil der Resultate veröffentlichte ich in diesem Archiv¹⁾ unter dem Titel: „Ueber den Einfluss der Wasserzufuhr,

1) Bd. XXII. S. 40.