Ueber den Einfluss verschiedener Substanzen auf die Athmung und Assimilation submerser Pflanzen.

Von
Bernhard Jacobi.

I. Einleitung: Historisches und Fragestellung.

Assimilation und Athmung sind als zwei ungemein wichtige physiologische Processe im vegetabilischen Organismus anzusehen. Sie stehen zu einander in vielfacher Wechselbeziehung, und alle anderen Vorgänge im Leben der Pflanze sind mehr oder weniger von ihnen abhängig.

Es ist daher nicht nur von Bedeutung, die genannten Processe ihrem eigentlichen Wesen nach zu verstehen, sondern man muss sich auch die Frage vorlegen, inwieweit sie durch äussere Einflüsse in ihrem Verlaufe modificirt werden können.

Und es sind in der That nach dieser Richtung hin schon zahlreiche Untersuchungen angestellt und werthvolle Resultate gewonnen worden. Namentlich ist der Einfluss von Temperatur und Licht, von Wassergehalt und Verletzungen der Pflanzen gründlich studirt und mit relativer Sicherheit festgestellt worden.

Weniger zahlreich dagegen sind die Untersuchungen über die Veränderung der Assimilation und Respiration durch stoffliche Einflüsse.

Es ist daher von physiologischem Interesse, diesen Punkt weiter aufzuklären. Und deshalb wurde die Frage nach der stofflichen Einwirkung gewisser Substanzen auf die pflanzliche Assimilation und Athmung zum Gegenstand einer Reihe von Versuchen gemacht, die die Grundlage bilden für die nachfolgende Abhandlung.

Bevor wir jedoch zur Mittheilung unserer Versuchsresultate übergehen, mögen die über die angeregte Frage bereits bekannten Thatsachen hier Erwähnung finden.

Was zunächst die Athmung betrifft, so ist allerdings die Gährung nach der zuletzt angedeuteten Richtung hin aus naheliegenden Gründen verschiedentlicht studirt worden [1]).

1) Es liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit, die sehr schwierige Frage, welche sich auf den Verlauf der Athmung der Hefezellen unter verschiedenen Umständen (z. B. Gegenwart oder Ausschluss von Sauerstoff) bezieht, mit der nachfolgenden Darstellung in Zusammenhang zu bringen. Ebensowenig kann hier auf die durch Buchner vertretene Anschauung über das Wesen der Gährung eingegangen werden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00293-3

Schon 1869 hat Adolf Mayer[1]) nachgewiesen, dass gewisse Metallsalze, so z. B. Chlorcalcium, Eisen-, Thonerde- und Mangansalze, die Entwicklung des Hefepilzes nicht wesentlich beeinflussen.

M. Hayduck[2]) zeigte dann, dass bestimmte Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Phosphorsäure, Milch- und Buttersäure) die Gährthätigkeit der Hefe beeinträchtigen, wenn der Säuregehalt der Gährflüssigkeit einen gewissen Grad überschreitet. Und zwar wirken die verschiedenen Säuren in sehr ungleichem Maasse gährungsstörend. Doch äussert sich der schädigende Einfluss der Säuren auf die Gährwirkung nicht in derselben Stärke wie auf das Wachsthum der Hefezellen.

Gewöhnlich wird das Wachsthum schon durch einen geringeren Säuregehalt gestört als die Gährthätigkeit. Uebrigens können geringe Säuremengen die Gährung und die Hefeentwickelung auch fördern. So wird z. B. durch Schwefelsäure die Gährung gefördert bei 0,02 %, geschädigt bei 0,2 % und unterdrückt bei 0,7 %. Die Entwickelung der Hefe aber wird schon bei 0,2 % Schwefelsäure aufgehoben.

Zu denselben Resultaten kam auch Heinzelmann[3]), welcher fand, dass bei einem Zusatz von 0,15 g Salicylsäure zu 400 l einer 10proc. Zuckerlösung die darin sich befindende Hefe vollständig getödtet wurde, während ein Zusatz von 0,0375 g Salicylsäure zu der angegebenen Menge Gährflüssigkeit die grösste Gährthätigkeit hervorrief.

Ebenso wie die genannten Autoren für bestimmte Concentrationen eine Verminderung der Athmungsenergie bei der Hefe feststellten, constatirte Märker[4]) dieselbe Erscheinung, wenn er Essigsäure, Ameisensäure, Propionsäure, Buttersäure oder Capronsäure auf den Pilz einwirken liess.

Die aus den bisher angeführten Versuchsresultaten abzuleitende physiologische Erkenntniss hatte Hugo Schulz schon früher (1877) ganz allgemein formuliert, indem er — allerdings zunächst mit

---

1) Untersuchungen über alkoholische Gährung. 1869.

2) Hayduck, M., Ueber den Einfluss einiger Säuren auf die Entwickelung und Gährthätigkeit der Hefe. Zeitschrift für Spiritusindustrie, Neue Folge IV, 1881, pag. 341.

3) Heinzelmann, G., Einfluss der Salicylsäure auf die Gährkraft der Hefe. Zeitschrift für Spiritusindustrie 1882. (Referat im bot. Centralbl. 1883, XIV.)

4) Märker, M., Ueber die Störung der Gährung durch verschiedene Substanzen. Zeitschrift für Spiritusindustrie, Neue Folge IV, 1881.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00294-9

Rücksicht auf die thierische Zelle — die Theorie aufstellte[1]), dass jeder Reiz auf eine Zelle oder einen Zellcomplex eine Steigerung oder Herabdrückung der physiologischen Leistungen, entsprechend der geringeren oder grösseren Intensität des Reizes, bedinge. Um diesen Satz nun noch durch Untersuchungen an pflanzlichen Objekten stützen zu können, studirte auch Schulz[2]) die Einwirkung von gewissen Giften auf die Gährthätigkeit der Hefezelle und kam im Wesentlichen zu denselben Resultaten wie Hayduck und Heinzelmann. Sublimat z. B. erhöhte in einer Verdünnung von 1:500000 anfangs die Gährthätigkeit; weiterhin aber gewöhnte sich der Organismus an das Gift, und die Intensität der Gährung ging nach Ablauf von drei Stunden wieder auf das normale Maass zurück. Wurde dagegen Sublimat in einer etwas höheren Concentration angewandt, so war anfänglich eine bedeutende Steigerung der Gährungsenergie zu beobachten, dann aber wurde weniger Kohlensäure producirt als unter normalen Verhältnissen. In demselben Sinne wie Sublimat — aber graduell verschieden — wirken nach Schulz auch metallisches Jod, Jodkalium, Brom, arsenige Säure, Chromsäure, salicylsaures Natron und Ameisensäure.[3])

Verschwindend gering alledem gegenüber ist die Zahl der Untersuchungen über gewisse stoffliche Einflüsse auf die Athmung höherer Pflanzen.

Die ersten Mittheilungen über zielbewusste Versuche in dieser Richtung haben wir wohl von Oskar Kellner.[4]) Kellner stellte vergleichende Versuche an über die Athmung von Erbsenkeimpflanzen, welche sich theils mit destillirtem Wasser, theils mit 0,5 proc. Salpeterlösung in Berührung fanden. „Alle diese Versuche stimmen darin überein, dass bei den mit Salpeterlösung behandelten Erbsen sich ein Plus in der Kohlensäurebildung bemerklich macht, dass ferner diese Beschleunigung der Athmung Hand in Hand geht mit dem (oben bewiesenen) Verschwinden der Salpetersäure“ (l. c. pag. 423).

Fernere Versuche von Ad. Mayer[5]) über die Wirkung der Blau-

1) Virchow's Archiv 1877 Bd. 108 pag. 427.

2) Pflüger's Archiv Bd. 42 Heft 11, 12. März 1888. (Referat im bot. Centralbl. 1888 pag. 610.)

3) Ueber weitere Versuche bezüglich stofflicher Einflüsse auf die Gährung vgl. Ad. Mayer, Die Gährungschemie, 4. Aufl., 1895.

4) Kellner, O., Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung von Pisum sativum. Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen, 1874, Bd. 17.

5) Mayer, Ad., Ueber den Einfluss der Blausäure auf Pflanzenathmung. Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen Bd. XXIII, 1879, pag. 335.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00295-5

säure ergaben, dass durch dieses Gift die Athmung der Pflanzen herabgedrückt oder auch ganz verhindert werden kann, während andere Processe bei Einwirkung des Giftes auf die Pflanze selbst bei Fortgang der Athmung völlig sistirt werden.

Schliesslich wurde noch die Einwirkung untersucht, welche mässig starkes Aetherisiren und Chloroformiren der Pflanze auf die Athmung derselben hervorrufen. Elfving[1]) und Laurén[2]) fanden hierbei vielfach eine Steigerung der Athmung. Detmer[3]) dagegen, sowie auch Bonnier und Mangin[4]) konnten keine Steigerung constatiren, wohl aber eine relativ energische Athmung. Der hier scheinbar vorhandene Widerspruch löst sich sofort, wenn man mit Pfeffer[5]) annimmt, dass Detmer, Bonnier und Mangin die Aetherdämpfe bis zur Schädigung auf die Objecte einwirken liessen. So aufgefasst, ergänzen sich die Resultate der genannten Forscher und geben uns ein Bild von den thatsächlichen Verhältnissen: bei schwacher Einwirkung der Chloroformdämpfe Steigerung, bei zu starker (oder vielleicht auch zu lange anhaltender) dagegen Herabdrückung der Athmung.

Dass diese Deutung der eben besprochenen Untersuchungsresultate berechtigt ist, dafür sprechen auch die Erfahrungen von Johannsen[6]): „als Nachwirkung der Aethernarkose wird eine stark gesteigerte Respiration beobachtet, wenn nur nicht die Dosis tödtlich oder zum Tode schädlich wirkt“ (l. c. pag. 338).

Was nun die stofflichen Einflüsse auf die Assimilation anbetrifft, so kommen dieselben nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen zum Ausdruck in einer transitorischen Sistirung der assimilatorischen Thätigkeit, sofern nicht infolge zu kräftiger oder zu lange anhaltender Einwirkung der Tod des Organismus herbeigeführt wird.

Schon Boussingault[7]) beobachtete die unter dem Namen der „Asphyxie“ bekannte Erscheinung, dass ein Uebermaass von Kohlensäure die Assimilation schwächt.

Vom Chloroform behauptet Claude Bernard[8]), dass es bei

1) Siehe bei Pfeffer, Pflanzenphysiologie I, pag. 575, 2. Aufl., 1897.

2) Botanischer Jahresbericht 1892 pag. 92.

3) Landwirthschaftliche Jahrbücher 1882, Bd. 11, pag. 227.

4) Cit. nach Pfeffer, Pflanzenphysiologie I, pag. 575, 2. Aufl., 1897.

5) Physiologie I, pag. 575.

6) Johannsen, W., Aether- und Chloroformnarkose und deren Nachwirkungen. Bot. Centralbl. Bd. LXVIII, pag. 337, 338.

7) Siehe bei Pfeffer, Physiologie pag. 320.

8) Claude Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie, 1878, pag. 278, 279.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00296-1

Wasserpflanzen die Assimilationsthätigkeit sofort aufhebe, während die Respiration fortdaure.

Frank Schwarz[1]) jedoch hat durch Chloroformversuche an Elodea und Ceratophyllum gezeigt, dass die auf assimilatorische Thätigkeit der Objecte hindeutende Blasenentwicklung, „nicht eher ganz aufhört, als bis die Pflanze so weit Schaden gelitten, dass sie, auch in reines Wasser versetzt, zu Grunde geht".

Detmer[2]) hat dann die Richtigkeit der Schwarz'schen Beobachtungen bestätigt und weiterhin festgestellt, dass schwefelsaures Kupferoxyd bei Elodea die Sauerstoffabscheidung viel energischer herabstimmt als Chloroform, einige Tropfen Kalilauge aber die Assimilation fast momentan zum Stillstand bringen.

Eine Abschwächung und endliche Sistirung der Assimilationsfähigkeit beobachtete auch Ewart[3]) bei Einwirkung von Aether, Chloroform und Kohlensäure auf seine Objekte.

Bezüglich der Einwirkung von Kochsalz und Kalisalpeter hat A. F. W. Schimper[4]) gefunden, dass Lösungen dieser Salze in bestimmten Concentrationen und bei gewissen Pflanzen „die Assimilation derart beeinträchtigen, dass Stärke und Zucker in nachweisbarer Menge nicht mehr erzeugt werden".

Für die Richtigkeit der Schimper'schen Behauptungen im Allgemeinen sprechen auch die Vermuthungen von Stange[5]) und die Erfahrungen von Lesage[6]), obgleich Richter[7]) den Schimper-schen Satz für manche Algen nicht gelten lassen will.

Eine weitere Bestätigung und tiefere Begründung fanden die Versuchsergebnisse Schimper's dann durch Stahl[8]), welcher, ausgehend von den Versuchen Schimper's, sich die Frage nach dem kausalen Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt des Substrates und

---

1) Frank Schwarz, Zur Kritik der Methode des Gasblasenzählens an submersen Wasserpflanzen. Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, 1. Bd. pag. 102.

2) Landwirthschaftliche Jahrbücher Bd. 11 pag. 228.

3) Ewart, Journal of Linnean Soc. 1896 Bd. 31 pag. 364.

4) Schimper, A. F. W., Die indo-malayische Strandflora 1891 pag. 26.

5) Stange, B., Beziehungen zwischen Substratconcentrationen, Turgor etc. Bot. Ztg. 1892 pag. 394.

6) Comptes rendus 112, pag. 672 u. 891.

7) Richter, A., Ueber die Anpassung der Süsswasseralgen an Kochsalzlösungen. Flora 1892, pag. 56.

8) Stahl, Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg. 1894 pag. 135.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00297-7

der geschwächten Assimilation der in diesem Substrat vegetirenden Pflanzen vorlegte. Stahl stellte dabei die interessante Thatsache fest, dass bei nichthalophytischen Landpflanzen eine Schwächung oder Verhinderung der Assimilation durch Verschluss der Spaltöffnungen herbeigeführt wird.

Betrachtet man nun die zur Zeit vorliegenden Untersuchungen mehr kritisch, so ergibt sich, dass sie bei weitem noch nicht ausreichen, um uns eine einigermaassen befriedigende Vorstellung zu vermitteln über die Beeinflussung der Assimilation und der Athmung durch gewisse Substanzen.

Ganz besonders gilt dies für den Athmungsprozess. Die angeführten Gährungsversuche sind bei Behandlung der Frage vielleicht zunächst am besten zu eliminiren, da es sich jedenfalls nicht empfiehlt, vom Verhalten des Hefepilzes direct zu schliessen auf die Vorgänge bei den doch ganz anders organisirten höheren Pflanzen. Und selbst wenn derartige Schlussfolgerungen vollberechtigt wären, so wäre doch — worauf auch Pfeffer[1]) hinweist — auf Grund der bisherigen Untersuchungen nicht sicher zu entscheiden, „was durch Wachsen und Vermehren und was durch erhöhte Thätigkeit der einzelnen Zelle erreicht wird".

Zuverlässigere Resultate sind daher jedenfalls durch Untersuchungen an entwickelten Theilen höherer Pflanzen zu erreichen. Die mit derartigen Objecten vorgenommenen Versuche leiden jedoch zum Theil an nicht unwesentlichen Mängeln. So liess z. B. Adolf Mayer bei seinen schon erwähnten Versuchen mit Blausäure die Tropaeolumsprosse mit den Schnittflächen in die Lösung tauchen, wodurch natürlich bewirkt wurde, dass die Blausäure auf die Pflanze äusserst ungleichmässig einwirkte, da sie mit den einzelnen Zellen derselben nur successive in Berührung kam. Diesen Mangel selbst zugebend (l. c. p. 337), operirte Mayer dann mit Blättern von Elodea canadensis, welche in Wasser suspendirt waren, dem dann grössere oder geringere Mengen Blausäure zugeführt wurden. Die Athmungsenergie maass er an dem Verlauf der Protoplasmaströmungen, die er als einen Maassstab für die Grösse der Athmungsthätigkeit betrachtet (?). Ausserdem ist noch zu berücksichtigen, dass in diesen Versuchen die Verwundung der Objecte eine nicht unwesentliche Rolle gespielt haben kann, da doch die Wundflächen relativ bedeutend gewesen sein dürften und die Objecte jedenfalls bald nach der Verwundung (Lostrennung vom Spross) verwendet worden sind.

1) Pfeffer, Physiologie I, pag. 575, 2. Aufl., 1897.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00298-3

Auch Kellner scheint bei seinen Untersuchungen trotz der grössten Sorgfalt die methodischen Schwierigkeiten nicht vollständig überwunden zu haben. Wenigstens lassen sich die negativen Resultate (ganz schwache Verminderung der CO_2-Produktion bei KNO_3-Gegenwart) in einigen Fällen (l. c. pag. 422 Versuch IV und VI) nicht gut anders erklären als durch individuelle Verschiedenheit der betreffenden Erbsenkeimpflanzen.

Nach alledem schien es daher wünschenswert, die angeregte Frage weiterhin experimentell zu verfolgen. Und besonders dürfte es von Interesse sein, vergleichende Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Stoffe auf die Athmung einerseits und auf die Assimilation andererseits durchzuführen.

II. Der Einfluss verschiedener Substanzen auf die Athmung submerser Pflanzen.

A. Methodisches.

Bei der Auswahl der Versuchspflanzen waren die verschiedensten Gesichtspunkte ins Auge zu fassen, falls die Resultate nicht durch nebensächliche und zum Theil ganz uncontrollirbare Verhältnisse getrübt werden sollten.

Zunächst musste den betreffenden Pflanzen oder Pflanzentheilen natürlich das nöthige Athmungsmaterial zur Verfügung stehen, und es waren solche Pflanzen zu wählen, bei denen ein hinreichender Stärkegehalt nachgewiesen werden konnte, da die Athmungsversuche natürlich im Dunkeln ausgeführt werden mussten.

Sodann war es nöthig, dass eine möglichst schnelle, allseitige und gleichmässige Einwirkung der betreffenden Substanz auf den pflanzlichen Organismus erfolgen konnte.

Dabei erschien es wünschenswerth, dass die Objecte auch während des Versuchs unter äusseren Umständen gehalten wurden, welche den natürlichen Vegetationsbedingungen möglichst nahe kamen.

Falls nicht ganze Pflanzen, sondern nur Theile derselben Verwendung finden sollten, war mit der von Stich[1]) festgestellten Thatsache zu rechnen, dass durch Verletzung die Athmung der Pflanzen erheblich gesteigert wird. Und da — wie Stich ebenfalls (l. c. pag. 18) mit annähernder Sicherheit gezeigt hat — der Grad dieser Athmungs-

1) Stich, Die Athmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora 1891 pag. 18 u. 19.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00299-1

steigerung wesentlich abhängt von der Grösse der Wundfläche, so mussten solche Objecte den Vorzug verdienen, bei denen die eventuell nicht zu vermeidenden Wundflächen möglichst klein waren im Verhältniss zu der den Gasaustausch vermittelnden Gesammtoberfläche.

Schliesslich war noch der Umstand zu berücksichtigen, dass durch Lichtmangel und Salzgehalt der Pflanzen in vielen Fällen der Mechanismus des Spaltöffnungsapparates wesentlich beeinflusst wird, so dass bei Benutzung mit Spaltöffnungen versehener Objecte eine secundäre Einwirkung der genannten Agentien auf den Verlauf der Athmung nicht ausgeschlossen war.

Nach alledem erschien es zweckmässig, hauptsächlich mit untergetauchten Wasserpflanzen zu experimentiren.

Die Athmungsenergie wurde festgestellt durch quantitative Bestimmung der jeweilig produzirten Kohlensäure nach Pettenkofer'scher Methode.[1])

Diese Methode beruht bekanntlich auf dem Princip, die von den Versuchspflanzen exspirirte Kohlensäure in Barytwasser aufzufangen und dann durch die Titrirmethode zu bestimmen. Der zu diesem Zwecke mit Hilfe eines Aspirators durch den ganzen Apparat geleitete Luftstrom passirt zunächst eine Waschflasche mit Kalilauge (1 Gew.-Theil Aetzkali + 2 Gew.-Theile Wasser) und zwei mit Aetzkalistückchen gefüllte grosse U-Röhren, um dann völlig kohlensäurefrei in das Respirationsgefäss zu gelangen, in welchem sich die Versuchspflanzen befinden. Die letzteren geben ihre Kohlensäure an den Luftstrom ab, der nun durch das Barytwasser hindurchstreicht, welches die Kohlensäure aufnimmt und als kohlensaures Baryt niederschlägt. Die nöthige Gleichmässigkeit des Stromes wird erreicht durch sorgfältige Regulirung des aus dem Aspirator ausfliessenden Wasserstromes. Die Temperatur im Respirationsgefäss konnte ohne besondere Schwierigkeiten durch Zugiessen von warmem oder kaltem Wasser zu dem im Umhüllungsgefäss befindlichen Wasser constant erhalten werden. Zum Titriren wurde Oxalsäure benutzt, während alkoholische Phenolphtaleinlösung als Indicator diente. Jedes Versuchsergebniss wurde doppelt festgestellt, indem von den bei jedem einzelnen Versuche angewandten 100 ccm Barytwasser zweimal je 25 ccm titrirt wurden. Da die Methode ausserordentlich zuverlässig ist, stimmten diese beiden Proben oft überein. Bei Differenzen, die übrigens nur selten über 0,2 mg hinausgingen, wurde die Durchschnittszahl festgehalten.

1) Eine ausführliche Beschreibung des Respirationsapparates mit Abbildungen siehe bei Detmer, Das pflanzenphysiologische Praktikum, 2. Aufl., 1895, pag. 222.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00300-6

Der Apparat, welchen ich benutzte, besass übrigens nicht genau die bei Detmer abgebildete Form; kleine Abänderungen waren bedingt durch das besondere Ziel der Untersuchungen und durch das Untersuchungsobjekt selbst.

Es wurde nämlich anstatt des sonst gebräuchlichen 12—15 l fassenden Aspirators ein solcher verwandt, der etwa 50 l aufnehmen konnte. Der hierdurch erreichte Vortheil war ein zweifacher. Einmal brauchte der Strom nicht zu oft regulirt zu werden, da infolge der bedeutenden Grösse des Wasserspiegels die Höhe desselben im Aspirator sich in der Zeiteinheit nicht so schnell änderte. Dann aber — und das war für unsere Versuche wesentlich — konnten die Versuche viele Stunden durchgeführt werden, ohne durch das Füllen des Aspirators Unterbrechung zu erleiden.

Eine zweite Abänderung betrifft das Respirationsgefäss. Die Pflanzen sollten sich während des Versuches unter Wasser befinden. Der Luftstrom musste also durch die ganze Wassermasse hindurch geleitet werden, um die von den Pflanzen producirte Kohlensäure mit fortzuführen. Das Gefäss wurde daher nach dem Princip der chemischen Waschflasche eingerichtet. Ein circa 1500 ccm fassendes Glasgefäss wurde mit einem 3fach durchbohrten, gut schliessenden Gummikork versehen. Durch die mittlere Bohrung wurde ein Thermometer eingeführt, welches etwa bis in die Mitte des Gefässes reichte. In die zweite Durchbohrung war das fast bis zum Boden des Gefässes reichende Luftzuleitungsrohr eingeschoben. Die Luft, welche in dasselbe eintrat, hatte zunächst zur Vorwärmung ein in dem Wasser des Umhüllungsgefässes ruhendes Schlangenrohr zu passiren. Die dritte Durchbohrung des Korkes diente zur Aufnahme des Luftableitungsrohres.

Zu jedem Versuche wurden 1000 ccm destillirten Wassers verwandt, aus dem zuvor durch längeres Kochen die Kohlensäure ausgetrieben worden war. Kohlensäurefreies Wasser war erforderlich, wenn die Durchführung einwandfreier Controllversuche möglich sein sollte. Pflanzenmaterial wurde so viel verwandt, als in dieser Wassermenge bei völligem Untertauchen Platz fand.

Der Gang bei den Versuchen war im Wesentlichen folgender: mit den in destillirtem Wasser sich befindenden Pflanzen wurde zunächst ein zweistündiger Vorversuch durchgeführt, der den Zweck hatte, die Temperatur im Respirationsgefäss auf einen constanten Grad einzustellen und die statischen Momente der CO_2-Abgabe zu regeln. Nun wurde die Barytröhre eingeschoben und so die Kohlen-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00301-2

säure fixirt, welche die in destillirtem Wasser gehaltenen Pflanzen in einer bestimmten Zeiteinheit producirten. Darauf wurde das Wasser in einem Becherglase aufgesammelt und mit der Substanz gemischt, deren Einfluss auf die Pflanzenathmung geprüft werden sollte. Die so entstandene Lösung kam jetzt wieder in das Respirationsgefäss zu den Objecten. Nach einem 40 Minuten dauernden Vorversuch wurde dann abermals die Barytröhre eingeschoben und so die Kohlensäure aufgefangen, welche die Pflanzen unter dem Einfluss der betreffenden Substanz in der Zeiteinheit producirten. Die Stärke des Luftstromes wurde bei allen diesen Versuchen (eingeschlossen die beiden Vorversuche) so regulirt, dass pro Stunde genau 3 l Wasser aus dem Aspirator ausflossen.

Die Versuchspflanzen wurden — mit Ausnahme von einigen später besonders hervorzuhebenden Fällen — drei bis vier Stunden vor der Verwendung von ihrem natürlichen Standorte weggeholt, sorgfältig abgespült und in destillirtem Wasser aufbewahrt bis zu ihrer Verwendung. In den Apparat gelangten sie nicht erst unmittelbar vor Beginn des Vorversuchs (früh morgens), sondern schon am Abend zuvor. Der während der Nacht durch den Apparat geleitete Luftstrom hatte nur $^2/_3$ der normalen Stärke (also 2 l pro Stunde). Die Temperatur des Respirationsgefässes war am Morgen (vor Beginn des Vorversuchs) meist einige Grad C. unter der normalen Versuchstemperatur und diese dann leicht zu erzielen.

Bezweckt wurde durch dieses frühzeitige Einsetzen der Pflanzen in den Apparat eine möglichst weitgehende Anpassung derselben an die veränderten Existenzbedingungen. Dass der angedeutete Zweck erreicht wurde, beweist folgender Versuch, bei welchem ein Object 56 Stunden hindurch beobachtet wurde.

Versuch 1.

Myriophyllum verticillatum: 89 Sprosse.

1. Tag	1.+2.	Stunde	bei	+ 22°	C.	=	31,2 mg	CO_2
	3.+4.	„	„	„	„	=	31,6 „	„
	5.+6.	„	„	„	„	=	31,6 „	„
	7.+8.	„	„	„	„	=	32,4 „	„
	9.+10.	„	„	„	„	=	31,6 „	„
	11.+12.	„	„	„	„	=	31,2 „	„
	13.+14.	„	„	„	„	=	31,4 „	„

Während der Nacht einen Luftstrom von 2 l pro Stunde durch den Apparat geleitet, darauf

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00302-8

2. Tag { Vorversuch = 2 Stunden und dann
29.+30. Stunde bei + 22° C. = 30,8 mg CO_2
31.+32. „ „ „ „ = 30,2 „ „

Abermals während der Nacht den Luftstrom durchgeleitet

3. Tag { Vorversuch = 2 Stunden, dann
47.+48. Stunde bei + 22° C. = 30,4 mg CO_2
Vorversuch $1^1/_2$ Stunde, dann
53.+54. Stunde bei + 22° C. = 30,6 mg CO_2
55.+56. „ „ „ „ = 30,2 „ „

Durch die Resultate dieses Versuches fallen nun zugleich alle übrigen Bedenken gegen die Brauchbarkeit des Verfahrens. Besonders zeigt sich, dass die Verminderung der Kohlehydrate infolge der Oxydation während der ersten 14 Stunden des Versuchs auf die Athmungsenergie keinen Einfluss ausübt, trotzdem eine Regeneration der verbrauchten Stoffe durch die Assimilation nicht erfolgen kann.

Es ist nach diesem Versuch auch ausgeschlossen, dass die Verwundung der Untersuchungsobjecte z. B. bei Benutzung von Elodea- und Myriophyllumsprossen einen irgendwie in Betracht kommenden Einfluss auf das Resultat der Versuche geltend machte.

Schliesslich ist auch dargethan, dass unter Berücksichtigung unserer sonstigen Versuchsbedingungen ein Vorversuch von zwei Stunden vollkommen ausreicht. (Siehe Versuch 1, 3. Tag, wo schon ein Vorversuch von $1^1/_2$ Stunden genügte!)

Dass die für den zweiten Vorversuch (zu Beginn der Einwirkung der Substanz) vorgesehene Zeit von 40 Minuten ebenfalls genügt, beweist Versuch 2, bei welchem nach der 6. Stunde das Wasser abgehoben, einige Zeit im Becherglas umgeschüttelt (wie bei den sonstigen Versuchen) und dann ohne jeglichen Zusatz wieder in das Respirationsgefäss gebracht wurde.

Versuch 2.

Elodea canadensis: 130 Sprosse.

Vorversuch: 2 Sunden und dann
1.—3. Stunde bei + 22° C. = 22,8 mg CO_2
4.—6. „ „ „ „ = 23,2 „ „

Vorversuch: 40 Minuten, dann
1.—3. Stunde bei + 22° C. = 23,0 mg CO_2
4.—6. „ „ „ „ = 23,0 „ „

Dieser Versuch controllirt und bestätigt ausserdem noch die Resultate des vorigen in allen Stücken, und es zeigt sich, dass die dort

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00303-4

beobachteten Erscheinungen nicht etwa begründet liegen in den spezifischen Organisationsverhältnissen von Myriophyllum, sondern ebenso bei Elodea — und wahrscheinlich auch bei anderen Submersen — zu constatiren sind.

Schliesslich war nun noch zu prüfen, ob überhaupt der Apparat zuverlässig functionirte insofern, als alle in den Respirationsraum eintretende Luft auch wirklich kohlensäurefrei war. Die zu diesem Zweck von Zeit zu Zeit ausgeführten Controllversuche nahmen folgenden Verlauf. Das Respirationsgefäss enhielt nur ausgekochtes destillirtes Wasser. Der Vorversuch wurde auf 20 Minuten ausgedehnt. Für die beim Versuche erforderlichen Manipulationen wurde das reichlichste Zeitmaass in Anspruch genommen, um möglichst weite Fehlergrenzen zu erhalten. Bei Versuch d) war das Respirationsgefäss ohne Wasser.

Controllversuche.

a) In 3 Stunden bei $+22^0$ C. = 0,8 mg CO_2
b) „ 2 „ „ „ „ = 1,0 „ „
c) „ 3 „ „ „ „ = 0,6 „ „
d) „ $1^1/_2$ „ „ „ „ = 0,6 „ „

B. Die Versuchsergebnisse.

Kalisalpeter. Chlornatrium. Chlorkalium.

Dass Kalisalpeter in 0,5proc. Lösung die Athmung der Erbsenkeimpflanzen wesentlich steigert, konnte schon durch vorläufig orientirende Versuche, bei welchen die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes bestimmt wurde, festgestellt werden.

Diese Erscheinung wurde nun nach der oben angegebenen Methode der Kohlensäurebestimmung an submersen Pflanzen weiter verfolgt. Und die Versuche führten ebenfalls zu positiven Resultaten, wie dies aus folgender Tabelle hervorgeht.

Versuch 3: KNO_3 0,5 % (Elodea canadensis).
Temp.: $+22^0$ C.

Elodea can.	Die Objecte in aqua dest. gaben CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3 0,5 % gaben CO_2 in mg			
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	28.—30. Std.	31.—33. Std.
a) 93 Sprosse[1])	13,2	12,8	19,6	19,2	18,2	17,6
b) 125 Sprosse	17,6	17,6	22,4	22,4	20,8	19,2

1) Das Gewicht des Untersuchungsmaterials (frisch) schwankte bei den einzelnen Versuchen zwischen 80 und 140 g.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00304-0

Aus diesen Versuchen ergibt sich also, dass durch Einwirkung von Kalinitrat die Athmung bei Elodea wesentlich gesteigert und längere Zeit hindurch (hier 6 Stunden) auf dieser Höhe constant erhalten wird. Nach Verlauf von 33 Stunden war die Athmungsgrösse wohl wieder gesunken, jedoch nicht bis zum Normalmaass herab.

Ueber das Wesen dieser Athmungssteigerung aber, besonders über ihre kausalen Zusammenhänge mit dem Lebensprozess, lassen die eben besprochenen Versuchsresultate kein Urtheil zu. A priori ist eine dreifache Erklärungsmöglichkeit gegeben. Die erhöhte Athemthätigkeit könnte zurückzuführen sein auf einen Reiz, welchen die Salzlösung auf das Protoplasma ausübt. Zweitens könnte sie hinweisen auf eine Förderung eines mit gesteigerter CO_2-Produktion verbundenen synthetischen Vorganges. Diese Annahme liegt deshalb nahe, weil durch das Hinzutreten reichlicher Nitratmengen zu den in der Pflanze aufgespeicherten Kohlehydraten die stofflichen Voraussetzungen zu ausgiebigerer Eiweissbildung gegeben sind. Endlich aber wäre es nicht unmöglich, dass die intensivere Athmung eine verwickelte Resultante von Reizen einerseits und Synthesen andererseits sei.

Der Lösung dieser Frage etwas näher zu kommen, war nun der Zweck einer Reihe von vergleichenden Versuchen über die Einwirkung zweier N-freien Salze, des NaCl und KCl, auf unsere Objecte. Damit die Resultate dieser Versuche direct vergleichbar wurden mit denen der Salpeterreihe, mussten die Chloride in Concentrationen angewandt werden, die der einer 0,5proc. KNO_3-Lösung isotonisch waren. Demgemäss kamen auf 1000 ccm destillirten Wassers in dem einen Falle 2,9 g NaCl, im anderen Falle 3,7 g KCl.[1]) Die auf diese Weise hergestellten Lösungen waren osmotisch völlig gleichartig einer KNO_3-Lösung von 0,5 %. Es durfte daher erwartet werden, dass nun die einzelnen Stoffe, entsprechend ihrer chemischen Individualität und ihrer Bedeutung für den Stoffwechsel der Pflanze, auch die Athmung der letzteren in einer Weise beeinflussten, die einen Rückschluss zuliess auf das Wesen der Salpeterwirkung. Der Controlle halber wurden die Salpeterversuche selbst bei dieser Gelegenheit nochmals wiederholt.

Die Resultate dieser in der ersten Hälfte des August durchgeführten Versuche sind folgende:

---

1) Vgl. De Vries, Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1884, Bd. 14, und Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. 1897, Bd. 1, pag. 129.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00305-6

Versuch 4: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 22° C.

Elodea canadens.	Die Objecte gaben in aqua dest. CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3-Lösung gaben CO_2 in mg		
	1.–3. Std.	4.–6. Std.	1.–3. Std.	4.–6. Std.	durchschnittl. Differenz
a) 120 Sprosse . .	18,4	18,8	26,8	26,8	+ 44 %
b) 97 „ . .	13,6	13,2	19,8	19,2	+ 44 %
c) 128 „ . .	17,8	17,8	23,0	23,0	+ 29 %

Versuch 5: NaCl (2,9 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 22° C.

Elodea canadens.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in NaCl-Lösung gaben CO_2 in mg		
	1.–3. Std.	4.–6. Std.	1.–3. Std.	4.–6. Std.	durchschnittl. Differenz
a) 140 Sprosse . .	20,8	21,6	34,8	28,8	+ 50 %
b) 131 „ . .	23,2	22,8	33,2	31,8	+ 37 %
c) 119 „ . .	12,8	13,2	17,8	14,8	+ 25 %

Versuch 6: KCl (3,7 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 22° C.

Elodea canadens.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KCl-Lösung gaben CO_2 in mg		
	1.–3. Std.	4.–6. Std.	1.–3. Std.	4.–6. Std.	durchschnittl. Differenz
a) 147 Sprosse . .	18,8	18,4	22,0	20,0	+ 13 %
b) 110 „ . .	22,2	22,2	24,0	23,0	+ 6 %
c) 125 „ . .	24,0	24,6	28,0	26,2	+ 11 %

Was lehren nun diese Versuche?

Bezüglich der Einwirkung der Salpeterlösung bestätigen sie die schon durch Versuch 3 (a und b) festgestellte Thatsache, dass unter dem Einfluss der erwähnten Lösung die Athmung erheblich steigt und mehrere Stunden hindurch sich auf gleicher Höhe hält.

Chlornatrium beschleunigt ebenfalls die CO_2-Produktion sehr lebhaft, lebhafter manchmal sogar in den drei ersten Stunden als die isotonische Kalisalpeterlösung. In den zweiten drei Stunden dagegen sinkt unter der Einwirkung von NaCl die Athmungsenergie schon

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00306-1

wieder merklich unter das während der ersten drei Stunden erreichte Maximum herab, nicht jedoch bis auf die normale Ausgangsintensität.

Chlorkalium dagegen beeinflusst im Vergleich zu den beiden vorhergehenden Substanzen die Respirationsintensität in nur untergeordnetem Grade. Der Verlauf der Athmungscurve aber ist bei KCl im wesentlichen derselbe wie bei NaCl, indem auf das innerhalb der ersten drei Stunden liegende Maximum eine Verminderung der Kohlensäureproduktion folgt.

Die in Durchschnittsprocenten ausgedrückte Steigerung der CO_2-Produktion ist bei den einzelnen Versuchen innerhalb der KCl-Reihe, sowie auch der NaCl- und KNO_3-Reihe verschieden. Das dürfte jedenfalls zum grössten Theil von der individuellen Beschaffenheit der verwendeten Objecte (grössere oder geringere Zahl der Blätter, Vorherrschen von Stengeltheilen, grössere oder geringere Stärke der letzteren etc.) herrühren. Auf die Brauchbarkeit der Versuchsresultate hat dieser Umstand jedoch keinen nennenswerthen Einfluss, da ja die eigentlichen vergleichenden Untersuchungen innerhalb einer Versuchsreihe immer an demselben Objecte durchgeführt wurden.

Ueber das Wesen der constatirten Athmungssteigerung wird ein gewisser Anhalt gegeben in dem schon erwähnten Verlaufe der Athmungscurven. Das bei den NaCl- und KCl-Versuchen stets schon in den zweiten drei Stunden deutlich zu beobachtende Sinken der Athmung gibt ganz dasselbe Bild, welches wir sonst bei Reizwirkungen anzutreffen gewöhnt sind. Die längere Zeit anhaltende Gleichmässigkeit dagegen in der Einwirkung der Salpeterlösung macht es bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich, dass die erhöhte Respiration in diesem Falle, abgesehen von einer Reizwirkung des Nitrates, auch durch Steigerung eines mit erhöhter Athmung verbundenen synthetischen Processes (vielleicht Eiweissbildung) herbeigeführt wird. Das auch bei den KNO_3-Versuchen (Versuch 3a und b) später eintretende Herabsinken der Athmungsenergie steht nicht nothwendigerweise im Widerspruch zu dieser Vermuthung, wenn man annimmt, dass dasselbe abhängt von einer allmählich eintretenden Verminderung der Kohlehydrate, die ja bei stattfindenden Synthesen in erhöhtem Maasse in Anspruch genommen würden.

Wenn sich somit aus den bisherigen Versuchen über das Wesen der durch die verschiedenen Stoffe bewirkten Athmungssteigerung etwas absolut Sicheres nicht ableiten liess, so durfte eine noch weiter gehende Aufklärung von vergleichenden Untersuchungen an kohlehydratarmen Objecten erwartet werden. Beruhte die durch Salpeter-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00307-7

lösung herbeigeführte Steigerung der CO_2-Produktion zum Theil auf Förderung synthetischer Processe, so musste sie in solchen Versuchen bedeutend geringer ausfallen als bei stärkereichen Objecten, während die an Stärke armen Objecte auf NaCl dann noch in ähnlicher Weise wie stärkereiches Material reagiren dürften.

Die zu den nachfolgenden Experimenten benutzten Elodeapflanzen hatten sich genau unter denselben äusseren Bedingungen entwickelt wie die bisher verwendeten. Sie wurden in hinreichender Menge zum Zwecke partieller Entstärkung vom 28./VIII. bis 7./IX. in einem ziemlich geräumigen (etwa 24 l fassenden) cylindrischen Glasgefäss im Dunkeln gehalten. Um das erstrebte Ziel schneller und sicherer zu erreichen, wurden zu dem Leitungswasser (20 l), in welchem die Pflanzen vegetirten, geringe Mengen von schwefelsaurer Magnesia, Chlorkalium und phosphorsaurem Kalk gegeben. Die erforderliche Menge von Nitraten war im Wasser schon vorhanden. — Der Controlle halber wurde ein zweites Glasgefäss während derselben Zeit so gestellt, dass die darin sich befindenden Objecte genügend assimiliren konnten. In diesem Falle wurden die betreffenden Salze nicht beigegeben.

Nach zehn Tagen wurden die Objecte beider Kulturgefässe auf mikroskopischem Wege mit Hilfe der Jodreaction auf ihren Stärkegehalt geprüft. Die im Lichte gehaltenen Pflanzen erwiesen sich noch stärkereich wie zuvor. Die im Dunkeln kultivirten Sprosse dagegen hatten ganz bedeutend an Stärke abgenommen. Dabei waren sie — wie auch die Lichtobjecte — völlig gesund geblieben.

Zur Untersuchung kamen zuerst die Lichtobjecte. Hierbei sollte sich zeigen, ob nicht vielleicht schon der Wechsel in den Lebensbedingungen überhaupt die Reactionsfähigkeit der Pflanzen beeinflusst hatte. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Reaction auf KNO_3 und NaCl (mit KCl wurden Versuche nicht angestellt) genau in derselben Weise erfolgte wie bei den früheren Versuchen.

Die im Dunkeln gehaltenen Objecte aber producirten unter Einwirkung von 0,5proc. KNO_3-Lösung nur wenig mehr Kohlensäure als im destillirten Wasser, wie dies aus dem folgenden Versuche hervorgeht.

Versuch 7: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 22° C.

Elodea, partiell entstärkt	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3 0,5 % gaben mg CO_2	
	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.
140 Sprosse	13,2	12,8	14,0	14,0

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00308-3

Diese geringe Athmungssteigerung ist als Folge einer Reizwirkung aufzufassen. Eine viel stärkere Reizwirkung trat in Uebereinstimmung mit unseren früher ausgesprochenen Erwartungen durch den Einfluss des NaCl hervor.

Versuch 8: NaCl (2,9 g in 1000 ccm aqua dest).
Temp.: + 22° C.

Elodea, partiell entstärkt	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in NaCl-Lösung gaben mg CO_2	
	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.
120 Sprosse	11,2	11,0	14,8	12,4

Nach allem, was wir hier gesehen haben, ist die Erhöhung der Athmung unserer Untersuchungsobjecte durch Chloride als eine Reizwirkug anzusprechen, während das Nitrat allerdings in derselben Richtung thätig ist, aber ausserdem noch, wenn nur genügende Mengen von Kohlehydraten vorhanden sind, die Athmung durch Förderung synthetischer Processe erhöht. Diese Deutung steht wenigstens nicht in Widerspruch mit bekannten Thatsachen und mit dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft.

Auf die erwähnte Erhöhung der CO_2-Produktion z. B. bei der Eiweissbildung hat namentlich Adolf Mayer[1]) hingewiesen. Und dass die Synthese der Proteinstoffe auf Kosten von Nitraten im Dunkeln nur bei Gegenwart reichlicher Kohlehydratmengen erfolgen kann, ist neuerdings von Hanstein, Zaleski, Susuki u. A. hervorgehoben worden.[2])

Von den gewonnenen Gesichtspunkten aus lassen sich nun auch die Ergebnisse einiger weiteren Versuche verstehen, für welche anfangs jede Erklärung fehlte. Es zeigte sich nämlich im Laufe der Untersuchungen, dass Objecte, welche nicht, wie die in den Versuchen 1—8 benutzten, aus dem frei liegenden und gut beleuchteten Bassin im Garten des zoologischen Instituts zu Jena, sondern aus einem Durchstichgraben im Saalethal stammten, auf KNO_3-Lösung kaum reagirten. Dies letztere Untersuchungsmaterial war in einem an

1) Ad. Mayer, Agrikulturchemie, 3. Aufl. 1886, 1. Tl. pag. 161.

2) Hanstein: in den Berichten der deutschen Bot. Gesellschaft 1896; Zaleski ebenda 1898; Susuki: Botan. Centralblatt 1898, Bd. LXXV, pag. 289. Vgl. Jacobi, B., Die Resultate der neuesten Forschungen über den Ort und die Bedingungen der Eiweissbildung in der grünen Pflanze. Biologisches Centralblatt 1898, Bd. XVIII, Nr. 16.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00309-1

Nitraten[1]) — und wohl auch an anderen Salzen — relativ reichen Wasser unter ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen gewachsen (der Graben war von hohem Buschwerk und dichtstehenden Pappeln eingeschlossen). Die dem Graben entnommenen Elodeapflanzen waren thatsächlich sehr arm an Stärke. Sie reagirten auf die Wirkung der Chloride und des Nitrats bei den Athmungsversuchen sehr schwach, während eine erheblich stärkere Reaction — wenigstens auf Nitrat — dann zu erzielen war, wenn die Elodea zunächst zehn Tage im Zimmer an einem Fenster günstigen Assimilationsbedingungen ausgesetzt blieb.

Versuch 9: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 22° C.

Elodea (vorher zehn Tage am Fenster)	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3-Lösung gaben mg CO_2	
	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.	1.—3. Stde.	4.—6. Stde.
135 Sprosse	12,2	12,6	14,6	14,4

Die Resultate dieses Versuches lassen also erkennen, dass auch hier die athmungssteigernde Wirkung des Nitrats Hand in Hand geht mit der durch reicheren Stärkevorrath gegebenen Möglichkeit einer Förderung synthetischer Processe. Wenn diese Athmungssteigerung nicht die bei den früheren Versuchen (3 und 4) constatirte Höhe erreichte, so mag das wohl seinen Grund darin haben, dass hier die zweite Seite der Nitratwirkung, der Reiz nämlich, gar nicht oder nur in geringerem Grade zur Geltung kam, weil diese Objecte ihrem salzreichen Substrat angepasst waren. Auf eine solche Anpassung weist übrigens auch die Thatsache hin, dass Chlornatrium, welches doch sonst (S. Versuch 5!) ziemlich energisch wirkt, bei frisch verwendeten Individuen dieser stärkearmen Elodea die Athmung nicht merklich beeinflusste.

Ebenso können die Resultate der folgenden Versuche mit unserer früher ausgesprochenen Ansicht in Einklang gebracht werden. Myriophyllum verticillatum reagirte nämlich Anfang Juli auf KNO_3 (0,5 %) mit einer deutlich wahrnehmbaren Steigerung in der CO_2-Produktion, während im September ein Einfluss des Nitrats auf die Athmung nicht constatirt werden konnte.

1) Beim Eindampfen von 2 ccm Wasser zeigte sich nach Anwendung von Diphenylamin-Schwefelsäure deutliche Nitratreaction, während vom Wasser jenes Bassins 35 ccm zu einer einigermaassen deutlichen Reaction erforderlich waren.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00310-2

Versuch 10: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 20° C.

	Myriophyllum verticill.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg			Dieselben Objecte in KNO_3 0,5 % gaben CO_2 in mg		
		1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	5. + 6. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	durchnittl. Differenz
Anfang Juli	a) 80 Sprosse (128 g)	22,4	22,8	22,8	27,0	27,6	+ 21 %
	b) 68 Sprosse (83 g)	13,6	13,4		16,8	16,8	+ 24 %

Versuch 11: KNO_3 0,5 %.
Temp.: + 20° C.

	Myriophyllum verticill.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in KNO_3 0,5 % gaben CO_2 in mg	
		1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
September	a) 53 Sprosse (108 g)	13,8	14,2	14,0	14,6
	b) 72 Sprosse (107 g)	19,8	19,6	20,2	19,8

Für die im Versuch 10 eingetretene Steigerung der Athmung ergibt sich aus dem früher Gesagten eine Erklärung ohne weiteres, zumal wenn man berücksichtigt, dass Anfang Juli alle Vegetationsprocesse lebhaft von statten gingen.

Aber auch das Ausbleiben der Reaction bei den September-Versuchen lässt sich verstehen, wenn man in Betracht zieht, dass zu dieser Zeit für Myriophyllum die Vegetation bereits ihren Abschluss gefunden hat durch Bildung der Wintersprosse. Solche Wintersprosse wurden in Versuch 11 benutzt. Da trotz des bedeutenden Stärkegehaltes dieser Organe eine Reaction nicht erfolgte, so muss man annehmen, dass in der Pflanze Bedingungen gegeben waren, welche einen Verbrauch der Reservestärke nicht ermöglichten. Die Wintersprosse von Myriophyllum bedürfen eben, genau so wie die Dauersporen und viele Samen einer Ruheperiode, um zur Weiterentwicklung gelangen zu können.

Das Verhalten der Dauersprosse zeigt also ganz klar, dass nicht etwa das Vorhandensein reichlicher Stärkemengen an sich schon genügt, um eine Athmungssteigerung infolge Nitratzufuhr herbeiführen. Es sind vielmehr

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00311-8

synthetische Vorgänge nöthig, d. h. die vorhandenen Kohlehydrate müssen thatsächlich mit den zugeführten Nitraten unter Mitwirkung des lebensthätigen Protoplasmas in chemische Wechselwirkung treten, wenn eine vermehrte CO_2-Produktion erfolgen soll.

Aber auch die Fähigkeit der Reizperception scheint den Wintersprossen von Myriophyllum zu fehlen; es war wenigstens im September und Oktober eine Einwirkung von NaCl und KCl nicht zu beobachten, selbst Lösungen dieser Salze, die einer 1proc. KNO_3-Lösung isotonisch waren, vermochten die CO_2-Produktion nicht zu beeinflussen. Und auch die Salpeterversuche — sowohl die mit 0,5proc. (Versuch 11) als auch solche mit 1proc. Lösung — lassen nichts von einer Reizwirkung erkennen.[1])

Die biologische Bedeutung des physiologisch-exceptionellen Verhaltens der Wintersprosse wird klar, wenn man sich die Immunität dieser Organe gegenüber den Lösungen gewisser Salze wegdenkt. Eine durch nebensächliche Ursachen eingetretene Erhöhung des Nitratgehaltes im Wasser könnte dann durch Anregung synthetischer Processe unter Umständen die Weiterentwicklung der Sprosse einleiten zu einer Zeit, welche die sonstigen Bedingungen zu einer gedeihlichen Fortentwickelung nicht zu bieten vermag. — Auch eine blosse athmungssteigernde Reizwirkung der betreffenden Salze müsste von Nachtheil sein, da doch bei gesteigerter CO_2-Produktion Stoffe verbraucht würden, welche sonst beim Aufbau der jungen Pflanze im Frühjahr eine rationellere Verwendung fänden.

Chinin.

Der Einfluss des Chinins auf den Stoffwechsel der Menschen und Thiere kommt in einer Einschränkung des Eiweissumsatzes zum Ausdruck, wie das durch Versuche am Menschen und Hunde nachgewiesen wurde.[2])

Die Einwirkung von Chininsalzen auf die thierische Athmung ist auch verschiedentlich studirt worden, doch stimmen die hierbei

---

1) Weitere Aufklärung über diese Frage würde sich vielleicht ergeben, wenn es gelänge, durch Aether- oder Chloroformnarkose im Johannsen'schen Sinne die Winterruhe der Sprosse zu unterbrechen.

2) Kremer, Pflüger's Archiv 3 pag. 93. — Prior, Pflüger's Archiv 34 pag. 237. — Unruhe, Virchow's Archiv 48 pag. 291. — Kumagawa, Virchow's Archiv 93.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00312-4

gewonnenen Versuchsresultate nicht genügend überein. Zuntz[1]) beobachtete bei gesunden Menschen nach Darreichung von Chinin eine erhöhte Sauerstoffabsorption. Arntz[2]) dagegen konnte bei gesunden Kaninchen eine Einwirkung des Chinins auf den O-Verbrauch nicht feststellen, während er bei fiebernden Thieren durch das Gift eine ziemlich starke Herabsetzung der Sauerstoffaufnahme beobachtete. Auch Strassburg[3]) fand das Chinin ohne Einfluss auf die Athmung (CO_2-Ausscheidung) und zwar bei tracheotomirten, sonst normalen Kaninchen. Bauer und Böck[4]) wieder kommen zu dem Resultat, dass Chinin die Athmung herabsetzt (bei Hunden und Katzen), was Buss[5]) auch vom fiebernden Kranken angibt.

Einigermassen sicher scheint es daher nach diesen Versuchen, dass Chinin im fiebernden thierischen Organismus die Athmungsenergie herabsetzt. Auf gesunde Menschen und Thiere dürfte das Gift in eben derselben Richtung einwirken, wenigstens gewinnt diese Ansicht an Wahrscheinlichkeit durch die Thatsache, dass Zuntz selbst gegen seine Resultate Bedenken hegt.

Um so überraschender war nun die aus unseren Versuchen sich ergebende Thatsache, dass Chinin die Kohlensäureproduktion bei Elodea ganz bedeutend steigert.

Versuch 12: Chin. hydrochl. 0,01 %.
(0,1 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chinin 0,1 % gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 180 Sprosse	16,4	17,2	23,2 (+38 %)	29,2
b) 140 „	14,8	14,6	20,4 (+39 %)	25,6

1) Du Bois, Archiv 1894 pag. 203.
2) Arntz, Pflüger's Archiv 31 pag. 531.
3) Strassburg, Archiv für exp. Pathologie 2 pag. 334.
4) Bauer und Böck, Zeitschrift für Biologie 10.
5) Buss, Ueber Wesen und Behandlung des Fiebers, Stuttgart 1878, pag. 75.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00313-0

Versuch 13: Chin. hydrochlor. 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chinin 0,25 % gaben CO_2 in mg			
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	18.—21. St.	22.—24. St.
a) 167 Sprosse	20,4	20,8	32,0 (+ 55 %)	24,0	20,8	20,8
b) 83 „	12,6	12,6	22,0 (+ 74 %)	17,0		

Versuch 14: Chin. hydrochlor. 1 %.
(10 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chinin 1 % gaben CO_2 in mg			
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.	10.—13. St.	22.—24. St.
116 Sprosse	11,6	11,4	35,6 (+ 209 %)	20,7	12,0	8,2

Das Chinin wirkt also, wie aus diesen Versuchen zu ersehen ist, ähnlich wie die Chloride, nur der Intensität nach energischer. Je nachdem es in schwacher oder starker Concentration zur Anwendung kommt, tritt das Maximum der Reizwirkung später (Versuch 12) oder früher (Versuch 13 und 14) ein.

Die Dauer der athmungssteigernden Wirkung ist ebenfalls abhängig vom Concentrationsgrad der Lösung. Bei 0,25proc. Lösung (Versuch 13) ist die Athmungsenergie in der 18.—24. Stunde (vielleicht auch schon früher) auf der normalen Ausgangsgrösse angelangt und sinkt während dieser Zeit nicht unter die Norm herab; bei Anwendung von 1proc. Lösung aber ist die Steigerungscurve schon nach zehn Stunden überwunden, und während der 22.—24. Stunde zeigt sich unternormale CO_2-Produktion.

Wie weit hierbei theilweises Absterben oder weitgehende Schädigungen der Versuchsobjecte in Betracht kommen, ist nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Wenn aber in Versuch 13 zuletzt noch (18.—24. Std.) sechs Stunden hindurch die Athmungsenergie gleichmässig normal blieb, so darf man annehmen, dass tiefgreifende Schädigungen der Objecte nicht vorlagen. Wohl aber wird die bei Anwendung 1proc. Lösung (Versuch 14) in der 22.—24. Stunde ein-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00314-5

tretende unternormale Athmung auf derartige Ursachen zurückzuführen sein. Dafür spricht auch der ganze äussere Eindruck, den die Objecte nach Abschluss des Versuchs machten. Die Pflanzen hatten eine eigenthümliche bläulichgrüne Farbe angenommen und gingen, in Leitungswasser gebracht, zu Grunde.

Uebrigens entsprechen die Resultate in Versuch 14 nicht genau der bei diesem Versuche in Anwendung gebrachten Menge des Chinins, da infolge der relativ geringen Löslichkeit dieses Körpers ein beträchtlicher Theil des Salzes sich ungelöst zu Boden setzte.

Dass die Resultate der Chininversuche durch etwaige Zersetzung des Chinins ausserhalb des Pflanzenkörpers bedingt sein könnten, schien von vornherein ausgeschlossen, da ja Chinin als ein ziemlich beständiger Körper bekannt ist. Trotzdem aber waren einige Controllversuche sum Zwecke der Sicherstellung unserer Versuchsergebnisse nothwendig.

Zunächst war nachzusehen, ob salzsaures Chinin etwa schon beim Auflösen in destillirtem Wasser von + 20° C. Kohlensäure abspaltet. In 1000 ccm ausgekochten Wassers von der angegebenen Temperatur wurden 10 g Chinin gelöst. Diese Lösung gab — nach einem Vorversuch von 30 Minuten —

in 3 Stdn.: 0,6 mg CO_2,

also eine CO_2-Menge, welche innerhalb der gewöhnlichen Fehlergrenze liegt.

Nun war aber die Möglichkeit einer Kohlensäureentwickelung ausserhalb der Pflanzen durch diesen Controllversuch immer noch nicht ausgeschlossen, denn das Chinin konnte ja in chemische Wechselwirkung treten mit Stoffen, welche von den Pflanzen infolge des Giftreizes ausgeschieden wurden. Dieses Bedenken sollte ein Versuch mit todtem Pflanzenmaterial haben. 130 Elodeasprosse wurden durch Kochen in einem Becherglase mit destillirtem Wasser (1000 ccm) getödtet. Nachdem das Glas mit seinem Inhalte in einem CO_2-freien Raume abgekühlt war, gelangten die Objecte sammt der Flüssigkeit unter Zusatz von 10 g salzsaurem Chinin in das Respirationsgefäss. Nach Beendigung eines Vorversuches von 35 Minten ergab sich in zwei Stunden bei + 20° C. eine CO_2-Menge von 1,6 mg. Dieses Versuchsresultat überschreitet also die durchschnittliche Fehlergrenze um ein Geringes; das wird aber begreiflich, wenn man bedenkt, dass die getödteten CO_2-freien Objecte bei der Ueberführung in den Apparat eine grosse Absorptionsfläche für Aufnahme athmosphärischer Kohlensäure bieten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00315-1

Durch das Abtödten der Pflanzen bei dem eben besprochenen Controllversuche waren aber Bedingungen gegeben, die einen directen Vergleich mit den an lebenden Objecten durchgeführten Hauptversuchen (12—14) nicht zuliessen. Es konnten z. B. die von der Pflanze eventuell ausgeschiedenen Stoffe durch das Kochen ihre Constitution verändert haben, so dass sie nun der Chininlösung gegenüber sich ganz anders verhielten als sonst. Es gelangte daher noch ein weiterer Controllversuch zur Durchführung. Ausgegangen wurde dabei von der Thatsache (Versuch 12a und b), dass eine 0,01proc. Chininlösung während der ersten sechs Stunden ihrer Einwirkung auf die Objecte ganz sicher eine allmähliche Steigerung der CO_2-Produktion verursacht. Wenn daher das Chinin thatsächlich auf von der Pflanze ausgeschiedene Stoffe zersetzend einwirkt, so musste auch die Steigerung in der CO_2-Abgabe im Prinzip fortdauern, selbst wenn etwa nach den ersten zwei Stunden die lebenden Objecte aus der Lösung herausgenommen wurden.

Versuch 15: Chin. hydrochlor. 0,01 %.
(0,1 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20° C.

Elodea canadensis (frisch)	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselb. Objecte in Chinin 0,01 %	Dieselbe Chininlösung ohne die Objecte	
	1.+2. Std.	3.+4. Std.	1.+2. Std.	3.+4. Std.	5.+6. Std.
120 Sprosse	15,4	15,2	20,2	9,4	5,6

Es wurden hier also die Objecte, nachdem sie zwei Stunden hindurch mit der Chininlösung in Berührung gewesen waren, aus dem Respirationsgefäss entfernt. Die Lösung selbst ging zum Zwecke der Reinigung von pflanzlichen Bestandtheilen durch feine Gaze und gelangte dann wieder in den Apparat. Die Kohlensäure, welche sich noch in der 3.—6. Stunde aus der Chininlösung ergab, war im Versuchswasser noch gelöst und wurde nun in allmählich sich vermindernder Quantität an das Barytwasser abgegeben.

Somit geht aus alledem unter Berücksichtigung der Resultate unserer Controllversuche hervor, dass die in den Versuchen 12—14 beobachtete Steigerung der CO_2-Produktion als eine Folge der Reizwirkung des Chinins auf die lebenden Pflanzen betrachtet werden muss.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00316-7

Antipyrin.

Auf den animalischen Organismus wirkt Antipyrin ähnlich wie Chinin: es setzt den Stoffwechsel des thierischen Körpers herab, besonders verhindert es die febrile Steigerung des Eiweisszerfalles, wodurch eine Abnahme der N-Ausscheidung bedingt wird.[1])

Ueber die Einwirkung des Antipyrins auf die thierische Respiration speciell haben mir Mittheilungen nicht vorgelegen.

Die Untersuchungen über den Einfluss des Antipyrins auf die vegetabilischen Oxydationsprocesse ergaben, dass auch dieser Körper — wie Chinin und die Chloride — die Athmung von Elodea wesentlich beschleunigt.

Versuch 16: Antipyrin 0,01 %.
(0,1 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
123 Sprosse	14,6	14,8	18,4 (+ 25 %)	19,0 (+ 29 %)

Versuch 17: Antipyrin 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm auqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 0,25 % gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 134 Sprosse . . .	13,2	13,2	18,4 (+ 39 %)	19,8 (+ 50 %)
b) 130 „ . . .	16,4	16,2	20,2 (+ 24 %)	22,4 (+ 37 %)
c) 140 „ . . .	18,0	17,8	20,4 (+ 14 %)	23,8 (+ 33 %)

Versuch 18: Antipyrin 1 %.
(10 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 1 % gaben CO_2 in mg	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 115 Sprosse . . .	11,6	11,8	18,0 (+ 54 %)	19,8 (+ 69 %)
b) 138 „ . . .	14,8	14,6	20,8 (+ 42 %)	23,4 (+ 59 %)

1) Engel, Würzburger Dissertation. 1885.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00317-3

Wie aus der procentischen Zunahme der CO_2-Produktion in diesen Versuchen zu ersehen ist, wächst die Stärke der Reizwirkung mit zunehmender Concentration innerhalb der hier gegebenen Grenzen. Das Reizmaximum tritt bei Antipyrin nicht so früh ein, wie bei Chinin, was um so bemerkenswerther ist, als bei der 1proc. Antipyrinlösung die Substanz vollständig in Lösung geht und auf die Objecte einwirken kann, während, wie dies schon betont wurde, in der 1proc. Chininlösung die Substanz bei weitem nicht vollständig in ihrer Wirkung zur Geltung kommt. Es scheint also das Antipyrin weniger energisch auf die Athmung unserer Objecte einzuwirken, obgleich beide Körper in derselben Richtung thätig sind. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass wir es bei diesem Vergleich zwischen den Chinin- und Antipyrinversuchen nicht mit isotonischen Lösungen zu thun haben.

Eine Controlle der Resultate war für die Antipyrinversuche ebenso am Platze wie für die Versuche mit Chinin, zumal wir wissen, dass Antipyrin weniger beständig ist als Chinin. Die folgenden Controllversuche lassen aber die Resultate der Experimente 16—18 völlig einwandfrei erscheinen, indem sie zeigen, dass nebensächliche Processe auf die Versuchsergebnisse nicht von Einfluss waren.

Eine 0,25proc. Antipyrinlösung gab in drei Stunden 0,8 mg CO_2.

Ein zweiter, analog dem Versuche 15 durchgeführter Controllversuch lieferte folgendes Ergebniss:

Versuch 19: Antipyrin 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20 ° C.

Elodea (frisch)	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 0,25 %	Dieselbe Antipyrin-Lösg. ohne d. Objecte.	
	1.+2. Std.	3.+4. Std.	1.+2. Std.	3.+4. Std.	5.+6. Std.
145 Sprosse	15,6	15,8	19,8	8,6	5,0

Schilddrüse.

Die Schilddrüse spielt seit einigen Jahren in der Organtherapie eine hervorragende Rolle. Nachdem man beobachtet hatte, dass bei Kropf- und Myxoedemerkrankungen, sowie auch bei Fettleibigkeit infolge der Behandlung mit Hammelschilddrüse ein Schwinden des Unterhautfettgewebes eintrat, suchte man sich über die Art und Weise dieser

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00318-9

rapiden Wirkung der Schilddrüse durch Stoffwechselversuche weiter zu orientiren. Das gleichlautende Ergebniss einer grossen Anzahl von Versuchen war „eine Vermehrung der Stickstoffausscheidung unter gleichzeitiger Abnahme des Körpergewichts“ [1]); infolge dessen schloss man auf eine Beschleunigung des Eiweisszerfalles durch die Schilddrüse. Es soll jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass auch vereinzelte Untersuchungen vorliegen, nach denen die oben charakterisirte Wirkung der Schilddrüse ausblieb (vgl. Schöndorff l. c. pag. 397).

Andere Forscher [2]) suchten dann auf dem Wege des Respirationsversuches ein tieferes Verständniss über die Wirkungsweise der Thyreoidea zu gewinnen und beobachteten eine „bedeutende Steigerung des Oxydationsprocesses unter dem Einflusse der Schilddrüsenfütterung, wobei der Organismus, wie sich aus der Gewichtsabnahme kundgibt, seinen eigenen Bestand angreift“. (Schöndorff l. c. pag. 398.) Der Gewichtsverlust dürfte bei allen diesen nur kurze Zeit andauernden Versuchen zum grössten Theil zurückzuführen sein auf einen Verlust an Körperfett.

Die Frage, ob durch die Darreichung der Schilddrüse auch Eiweissstoffe angegriffen werden, beantwortet Schöndorff in seiner schon citirten Arbeit auf Grund ausgedehnter Untersuchungen folgendermaassen (pag. 413): „Die Schilddrüse ruft eine Steigerung der Oxydationsprocesse im Organismus hervor. Zur Deckung des gesteigerten Bedarfs wird zunächst das Körperfett angegriffen und verbraucht; wenn die Menge des Fettes, welches der Körper enthält, eine gewisse untere Grenze erreicht hat, dann wird auch das Eiweiss angegriffen. Die Menge des dann weiter verbrauchten Fettes ist natürlich dann entsprechend geringer.“

Die eigentlich wirksame Substanz in der Thyreoidea ist das von Baumann [3]) isolirte Thyrojodin, eine Jodverbindung, welche

---

1) Schöndorff, Ueber den Einfluss der Schilddrüsse auf den Stoffwechsel. Pflüger's Archiv Bd. 67 1897. Hier finden sich auch weitere Litteraturangaben über diesen Gegenstand.

2) Magnus-Levy, Versuche mit Thyreoantitoxin und Thyreojodin. Deutsche med. Wochenschrift 1896 Nr. 31. Stüve, Festschrift des städt. Krankenhauses in Frankfurt a. M. 1896. Nehring und Thiele, Zeitschrift f. klin. Med. Bd. 30, 1896, pag. 41.

3) Zeitschrift f. physiologische Chemie Bd. 31 Heft 4.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00319-7

nach Versuchen von Roos[1]) u. A. in derselben Weise auf den Stoffwechsel einwirkt wie die Schilddrüse in Substanz, während S. Fränkel's Thyreoantitoxyn nach Magnus-Levy (l. c. pag. 492) „so gut wie keine Wirkung" zeigt.

Es war nun von Interesse, die Wirkung der Schilddrüse auf unsere pflanzlichen Objecte kennen zu lernen. In dem einen Falle (Vers. 20) wurde frische Schilddrüse vom Schwein benutzt, im anderen Falle (Vers. 21) kam das Merck'sche Präparat pulverisirter Hammelschilddrüse zur Verwendung.

Versuch 20: Frische Schilddrüse (vom Schwein).

Es wurden 10 g frischer Schilddrüse, fein zerkleinert, mit 100 ccm aqua dest. (+16° C.) zusammen in eine verdeckte Glasschale gebracht und öfter umgeschüttelt. Nach 30 Minuten wurde die Mischung durch (zuvor in destillirtem Wasser gekochte) Leinwand gepresst und die durchgepresste dicke Flüssigkeit filtrirt. Von dem nun durch Filtration erhaltenen dünnflüssigen Extract kamen beim Versuch 50 ccm auf 1000 ccm Wasser. Selbstverständlich wurde der Extract zu Versuch b von neuem aus frischem Material hergestellt.

50 ccm Schilddrüsen-Extract
in 1000 ccm aqua dest.
Temp.: +16° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte bei Zusatz von 50 ccm Extract	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
a) 110 Sprosse (grosse)	19,6	19,2	24,8	27,2
b) 100 „	11,0	11,4	17,8	22,0

Versuch 21: Glandula Thyreoidea pulv.
(Präparat von Merck-Darmstadt.)

In diesem Falle wurden 5 g Schilddrüsenpulver mit 100 ccm aqua dest. zusammen in der beim vorigen Versuch angegebenen Weise behandelt. Von dem Extract kamen

in Versuch a: 5 ccm,
in Versuch b: 50 ccm auf je 1000 ccm aqua dest.

1) Zeitschrift f. physiologische Chemie Bd. 32 pag. 18.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00320-8

a: 5 ccm Extract in 1000 ccm aqua dest.
Temp.: + 16 °C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte bei Zusatz von 5 ccm Extract	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
130 Sprosse	14,0	14,0	19,2 (+37%)	19,8

b: 50 ccm Extract in 1000 ccm aqua dest.
Temp.: + 16 °C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte bei Zusatz von 50 ccm Extract	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
112 Sprosse	12,0	12,2	26,0 (+115%)	24,0

Nach diesen Versuchen bedingt also Schilddrüse, sowohl frisch, als auch im Trockenpräparat, eine bedeutende Steigerung der Respiration bei Elodea. Bei der ziemlich starken Concentration der Lösung ist in Versuch 21 b das Maximum bereits in den ersten drei Stunden erreicht, während bei Versuch 21 a mit bedeutend schwächerer Lösung die Steigerung in den zweiten drei Stunden noch ganz schwach weiter geht.

Gluzinski und Lemberger[1]) geben an, dass frische Schilddrüsensubstanz im animalischen Organismus unvergleichlich energischer wirkt als die von ihnen benutzten Tabletten. Ob auch bei Pflanzen das Trockenpräparat sich weniger wirksam zeigt, lässt sich nach unseren Versuchen nicht entscheiden, da ein einheitlicher Maassstab für diesen Vergleich gänzlich fehlt.

Zur Sicherstellung der Resultate wurden auch mit Schilddrüse Controllversuche durchgeführt, welche zeigten, dass die Extracte an sich keine Kohlensäure abgaben.

Controllversuche.
Temp.: + 16 °C.

a) 30 ccm Extract vom Merck'schen Präparat in 1000 ccm aqua dest. gaben in drei Stunden: 1,2 mg CO_2.
b) 50 ccm Extract von frischer Schilddrüse (Schwein) in 1000 ccm aqua dest. gaben in zwei Stunden: 0,6 mg CO_2.

1) Centralblatt f. innere Med. 1897 Nr. 4 pag. 101.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00321-4

Jod.

Versuch 22: Jodlösung.

(200 ccm einer bei + 15° C. gesättigten Lösung metallischen Jodes kamen zu 800 ccm aqua dest.)

Temp.: + 16° C.

Elodea canadensis	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in der angegebenen Jodlösung	
	1.—3. Std.	4.—6. Std.	1.—3. Std.	4.—6. Std.
112 Sprosse	11,6	11,2	23,6	16,4

Jod wirkt also in der hier angewandten Concentration ähnlich wie die stärkere Dosis des Schilddrüsenpräparates im Versuch 21 b. Für die Frage aber, ob Jod die conditio sine qua non der Thyrojodinwirkung sei, ist damit natürlich nichts gewonnen, denn in seinen chemischen Verbindungen wirkt ein Körper ja zumeist anders als im elementaren Zustande.[1])

Anhangsweise sollen hier noch einige Versuche mitgetheilt werden, aus denen hervorgeht, dass bei Erbsenkeimpflanzen die Respiration durch Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod in derselben Weise beeinflusst wird, wie bei Elodea.

Die für die Versuche bestimmten Erbsen gelangten nach 24stündigem Quellen in destillirtem Wasser in das aus feuchtem Sägemehl hergestellte Keimbett, verblieben in letzterem zwei Tage und wurden dann Athmungsversuchen unterworfen, bei denen sich die Objecte, genau wie früher die Elodeapflanzen, in Wasser resp. in einer Lösung der zu prüfenden Substanz befanden. Die Entwickelung der Keimpflänzchen war bis zum Beginn des Athmungsversuchs jedesmal so weit fortgeschritten, dass das Würzelchen eben die Samenschale durchbrach. Die CO_2-Produktion der Objecte war in diesem Entwickelungsstadium, wie besondere Versuche ergaben, normalerweise constant, wenigstens innerhalb einer für unsere Versuche erforderlichen Zeit von 10 Stunden. Die Keimlinge wurden unmittelbar vor Beginn des zweistündigen Vorversuchs in den Apparat gebracht.

---

1) Vgl. M. Matthes (Centralblatt f. innere Med. Bd. 18, 1897, pag. 156): „Es ist biologisch sehr schwer vorstellbar, dass Jod, obwohl es sicher bei manchen Säugethierarten in der Schilddrüse sich nicht finden lässt, trotzdem für andere Säuger eine so stupende Wirksamkeit haben sollte."

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00322-9

Versuch 23: Chin. hydrochlor. 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Chin. 0,25 % gaben CO_2 in mg	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
180 Stück	19,0	18,8	19,2	20,8

Versuch 24: Antipyrin 0,25 %.
(2,5 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Antipyrin 0,25 % gaben CO_2 in mg	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
180 Stück	18,8	18,8	23,2	25,4

Versuch 25: Glandula Thyreoidea (Merck's Präp.).
(50 ccm des in Versuch 21 benutzten Extractes in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte nach Zusatz von 50 ccm Extract	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
220 Stück	27,2	27,8	30,2	34,0

Versuch 26: Jod.
(200 ccm einer bei + 15° C. gesättigten Lösung metallisch. Jodes zu 800 ccm aqua dest.)
Temp.: + 16° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Jodlösung gaben CO_2 in mg	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
120 Stück	16,0	15,8	18,0	18,8

Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod wirken also auch auf Erbsenkeimpflanzen athmungssteigernd, jedoch in geringerem Grade und mehr allmählich als auf Elodea.

Eine nur schwache und vorübergehende Steigerung der Athmung

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00323-5

zeigten Erbsen bei Einwirkung einer 0,67proc. (isotonisch = 0,5 % KNO_3) Oxalsäurelösung, und nach Kupfersulfat[1]) 0,3 % trat ein Sinken der respiratorischen Thätigkeit unserer Objecte ein.

Versuch 27: Oxalsäure 0,67 %.
(6,7 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg			Dieselben Objecte in Oxalsäurelösung gaben CO_2 in mg		
	1. Std.	2. Std.	3. Std.	1. Std.	2. Std.	3. Std.
200 Stück	12,0	12,8	12,8	15,4	12,8	9,0

Versuch 28: Kupfersulfat 0,3 %.
(3 g in 1000 ccm aqua dest.)
Temp.: + 20° C.

Keimpflanzen von Pisum sat.	In aqua dest. gaben die Objecte CO_2 in mg		Dieselben Objecte in Kupfersulfat 0,3 %	
	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.	1. + 2. Std.	3. + 4. Std.
260 Stück	33,8	34,2	33,4	30,6

III. Die Veränderung der Assimilation durch Kalinitrat, Chlorkalium, Chlornatrium, Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod.

Die im vorhergehenden Abschnitte nachgewiesene Athmungssteigerung durch die in der Ueberschrift erwähnten Körper bedingt einen Aufwand an Kohlehydraten, der über das normalerweise erforderliche Maass hinausgeht. Es liegt nun die Frage nahe, ob dieser Mehraufwand einen thatsächlichen Verlust bedeutet oder ob dann, wenn die Pflanzen nicht — wie bei unseren bisherigen Versuchen — im Dunkeln, sondern im Licht gehalten werden, durch Beschleunigung der photosynthetischen Processe infolge der Wirkung jener Substanzen die gesteigerten Athmungsverluste wieder ausgeglichen werden können. Im Interesse der Entscheidung dieser Frage gelangte eine Reihe von Versuchen zur Durchführung, durch welche der Einfluss der oben genanten Substanzen auf die Assimilation festgestellt werden sollte. Es kamen hierbei die Stoffe in der den Athmungsversuchen zu Grunde liegenden Concentrationen zur Verwendung.

1) Vgl. Henri Coupin, Ueber die Giftigkeit der Kupfersalze für die höheren Pflanzen. Compt. rend. 1898, F. CXXVII, pag. 400. Coupin fand, dass eine Kupfersulfatlösung von 0,005555 % genügt, um beim Getreide die Keimung zu verhindern.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00324-1

A. Methodisches.

Als Versuchsobject dienten Elodeasprosse von 8—10 cm Länge. Die Assimilationsenergie wurde an der Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffs gemessen und zwar mit Hilfe der von Dutrochet[1]) zuerst angewendeten und durch Sachs[2]) dann weiter ausgebildeten Methode der Blasenzählung. Dass diese von verschiedenen Seiten[3]) als ungenau bezeichnete Methode bei Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln ein befriedigendes Bild der Assimilationsenergie liefern kann, geht aus den Arbeiten von Adolf Mayer[4]), Pfeffer[5]), Wolkoff[6]), Frank Schwarz[7]) u. A. zur Genüge hervor. Für unsere vergleichenden Versuche genügte das erwähnte Verfahren um so mehr, als eine quantitative Bestimmung der absoluten Menge des entweichenden Sauerstoffs nicht beabsichtigt war; es sollte nur im Allgemeinen festgestellt werden, in welcher Richtung die betreffenden Substanzen auf die Assimilation einwirken.

Der bei den Experimenten benutzte einfache Apparat bestand im Wesentlichen aus einem etwa 300 ccm fassenden cylindrischen Glasgefäss, dessen Kork dreifach durchbohrt war. Die mittlere Bohrung enthielt einen bis zum Boden des Gefässes reichenden Glasstab, an dem die Elodeasprosse mittelst dünnen Drahtes vorsichtig befestigt wurden. Von den beiden seitlichen Durchbohrungen blieb die eine offen, damit beim Flüssigkeitswechsel die Pipette in das Gefäss eingeführt werden konnte; die andere nahm ein Thermometer auf, welches, bis in die Mitte des Gefässes reichend, die Temperatur der im Gefäss sich befindenden Flüssigkeit angab.

Das für die Versuche zu benutzende Wasser wurde 24 Stunden zuvor der Leitung entnommen und bis zur Verwendung in einem verschlossenen Zweiliterkolben in dem Raum aufbewahrt, in welchem die Versuche ausgeführt wurden. Auf diese Weise blieb der CO_2-Gehalt des Wassers constant und die Zimmertemperatur übertrug sich auf das Wasser, so dass während des Versuches dann eine irgendwie erhebliche Temperaturschwankung nicht eintrat.

Beim einzelnen Versuch kamen stets 200 ccm von diesem Wasser

1) Dutrochet, Mémoires etc. Brüssel 1837 pag. 182.
2) Sachs, Bot. Zeitung 1864 pag. 363.
3) Vgl. N. C. Müller, Pringsheims Jahrbücher Bd. 6.
4) Agriculturchemie 3. Aufl. 1886.
5) Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg 1. Bd. 1874.
6) Pringheims Jahrbücher Bd. 5.
7) Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen 1. Bd.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00325-7

zur Verwendung. Es wurde zunächst durch Zählen der in je zwei Minuten ausgeschiedenen Gasblasen die Assimilationsenergie festgestellt, welche der Spross im Wasser zeigte. War die Gasabscheidung 15—25 Minuten hindurch gleichmässig geblieben, so wurde das Wasser mittelst einer genügend grossen Pipette vorsichtig abgehoben und in einem Erlmeyer'schen Kolben mit einer ziemlich concentrirten Lösung derjenigen Substanz gemischt, deren Einwirkung auf die Assimilation geprüft werden sollte. Wenn z. B. der Einfluss einer 0,5proc. KNO_3-Lösung festgestellt werden sollte, so kamen von den 200 ccm Wasser 195 ccm in den Kolben und wurden hier mit 5 ccm einer 20proc. KNO_3-Lösung [1]) gemischt. Die so erhaltene Lösung gelangte nun wieder durch die offene Bohrung des Korkes in den Apparat, ohne dass letzterer in irgend welcher Weise seine Stellung zum einfallenden Licht veränderte. Nun konnte durch Zählen der vom Elodeaspross abgeschiedenen Gasblasen die Assimilationsgrösse unter dem Einfluss der Substanz bestimmt werden. Die oben beschriebene Art des Flüssigkeitswechsels, welche im Durchschnitt eine Zeit von $1^1/_2$—2 Minuten in Anspruch nahm, wurde gewählt, damit das Object während des ganzen Versuchs die Position zum Lichte nicht änderte.

Die Experimente sind im Juli und August hinter einem nach Norden gelegenen Fenster vorgenommen worden. Nur solche Versuche sind vollständig durchgeführt worden, bei denen innerhalb des einzelnen Versuches Temperatur und Beleuchtungsverhältnisse fast völlig constant waren; schwankte einer dieser Factoren, so wurde der Versuch abgebrochen und ohne weitere Beachtung gelassen. Im Allgemeinen dagegen schwankte die Temperatur zwischen $+18^0$ C. und $+22^0$ C., so dass z. B. der ganze Versuch a) bei einer Temperatur von $+19^0$ C., der Versuch b) aber bei $+20^0$ C. durchgeführt wurde.

Nicht ohne Weiteres ausgeschlossen erschien von vornherein eine Beeinträchtigung der Versuchsresultate durch die infolge des Flüssigkeitswechsels etwa eintretende Veränderung im CO_2-Gehalt des Wassers. Um diesen Factor zu controlliren, wurde in verschiedenen Versuchen, nachdem 20 Minuten hindurch die Zahl der abgeschiedenen Gasblasen bestimmt worden war, das Wasser abgehoben, in den Kolben gebracht und dann ohne jeden Zusatz wieder in den Apparat übergeführt. Es zeigte sich da allerdings häufig während der ersten 3—4 Minuten nach der Berührung des Wassers mit den Objecten eine erhöhte Gasblasenabscheidung; diese rührt aber wohl daher, dass der Gasdruck

1) Zur Herstellung derselben diente ebenfalls Leitungswasser aus dem Zweiliterkolben.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00326-3

in den Intercellularen jetzt ein etwas höherer war, weil die Objecte nicht mehr von atmosphärischer Luft, wie in der kurzen Zwischenzeit, sondern wieder von Wasser umgeben waren. Von dieser also durch rein mechanische Ursachen herbeigeführten Steigerung der Gasabscheidung wurde bei den Versuchen abstrahirt, indem stets erst mit der 5. Minute nach Einwirkung der Substanzlösung die Zählung der Blasen begann.

Es ist auch stets eine grosse Zahl von Versuchen angestellt, um so ganz sicher das nur Zufällige von der regelmässigen Erscheinung zu trennen. Die in den folgenden Tabellen angeführten Resultate sind nur ein geringer Procentsatz der überhaupt gewonnenen Ergebnisse, mit denen sie dahin übereinstimmen, dass durch die bei den Athmungsversuchen angewandte Concentration von Kalisalpeter, Chlorkalium, Chlornatrium, Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod die Assimilation herabgedrückt, in manchen Fällen sogar sistirt wird.

B. Versuchsergebnisse.[1])

Reihe 1: KNO_3 0,5 % (Object Elodea canadensis).

a			b			c		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In KNO_3-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KNO_3-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KNO_3-Lösung. Bläschen
1.+2. Min.	128	82	1.+2. Min.	80	69	1.+2. Min.	39	22
5.+6. „	133	72	5.+6. „	81	65	5.+6. „	39	21
10.+11. „	134	70	10.+11. „	79	62	10.+11. „	37	21
15.+16. „	132	70	15.+16. „	80	61	15.+16. „	38	21
20.+21. „	133	70	20.+21. „	80	60	20.+21. „	38	21
25.+26. „	—	68	25.+26. „	—	60	25.+26. „	—	21
30.+31. „	—	69	30.+31. „	—	59	30.+31. „	—	21
35.+36. „	—	70	35.+36. „	—	60	35.+36. „	—	22
			40.+41. „	—	60	40.+41. „	—	21

In Versuch c ergaben sich weiter in KNO_3-Lösung nach drei Stunden ebenfalls 22, 21 Bläschen. — Jetzt wurde die 0,5proc. KNO_3-Lösung ersetzt durch Leitungswasser; es ergaben sich bei der Zählung in je zwei Minuten: 40, 38, 37, 36, 37, 37 Bläschen.

1) Die Ziffern in den einzelnen Rubriken sind in senkrechter Reihe zu verfolgen. Es wurde z. B. in Versuch a, Reihe 1, das Object erst 21 Min. nacheinander in Wasser beobachtet und kam dann erst in KNO_3-Lösung, in welcher es 36 Min. hindurch beobachtet wurde.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00327-9

Reihe 2: NaCl 0,29 % (is. = 0,5 % KNO_3).

Object: Elodea canadensis.

a			b			c		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In NaCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In NaCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In NaCl-Lösung. Bläschen
1.+2. Min.	19	12	1.+2. Min.	41	32	1.+2. Min.	49	49
5.+6. „	20	11	5.+6. „	42	32	5.+6. „	51	46
10.+11. „	20	10	10.+11. „	42	30	10.+11. „	50	42
15.+16. „	20	10	15.+16. „	42	28	15.+16. „	50	40
20.+21. „	—	11	20.+21. „	—	26	20.+21. „	51	39
25.+26. „	—	11	25.+26. „	—	24	25.+26. „	—	38
30.+31. „	—	12	30.+31. „	—	23	30.+31. „	—	36
35.+36. „	—	12	35.+36. „	—	22	35.+36. „	—	35
40.+41. „	—	11	40.+41. „	—	22			
45.+46. „	—	12	45.+46. „	—	23			
			50.+51. „	—	22			

In Versuch a: die NaCl-Lösung durch eine gleiche Menge von Leitungswasser ersetzt: 22, 20, 20, 19, 20 Bläschen in je 2 Minuten.

Reihe 3: KCl 0,37 % (is. = 0,5 % KNO_3).

Object: Elodea canadensis.

a			b			c		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In KCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KCl-Lösung. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In KCl-Lösung. Bläschen
1.+2. Min.	19	19	1.+2. Min.	43	34	1.+2. Min.	45	38
5.+6. „	20	17	5.+6. „	44	34	5.+6. „	47	30
10.+11. „	20	17	10.+11. „	43	33	10.+11. „	49	24
15.+16. „	20	16	15.+16. „	44	32	15.+16. „	49	20
20.+21. „	20	16	20.+21. „	44	32	20.+21. „	49	18
25.+26. „	—	16	25.+26. „	—	32	25.+26. „		18
30.+31. „	—	15	30.+31. „	—	32	30.+31. „		18
35.+36. „	—	15	35.+36. „	—	33	35.+36. „		19
40.+41. „	—	16	40.+41. „	—	42	40.+41. „		18

Nachdem in Versuch c die KCl-Lösung durch Wasser ersetzt worden war, ergaben sich in je zwei Minuten: 34, 39, 48, 46, 47, 48 Blasen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00328-5

Reihe 4: Chinin 0,5 %. Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In Chinin 0,5 %. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In Chinin 0,52 %. Bläschen
1.+2. Min.	23	8	1.+2. Min.	32	8
5.+6. „	25	0	5.+6. „	30	2
10.+11. „	26	0	10.+11. „	31	0
15.+16. „	26		15.+16. „	30	
20.+21. „	26		20.+21. „	30	
			25.+26. „		

In Versuch a scheidet der Spross noch, ausgewaschen und dann in Wasser gebracht, in je zwei Minuten 10 Bläschen aus. — In Versuch b kommt der Spross von der 25. Min. ab in Wasser: Die Assimilation ist zu Ende.

Reihe 5: Antipyrin 0,5 %. Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	In Antipyrinlösung 0,5 %. Bläschen	Zeit	In Wasser. Bläschen	In Antipyrinlösung 0,5 %. Bläschen
1.+2. Min.	41	25	1.+2. Min.	61	26
5.+6. „	40	22	5.+6. „	64	19
10.+11. „	41	21	10.+11. „	61	18
15.+16. „	40	20	15.+16. „	59	17
20.+21. „	40	19	20.+21. „	60	15
25.+26. „	—	20	25.+26. „	—	12
30.+31. „	—	19	30.+31. „	—	12
35.+36. „	—	19	35.+36. „	—	11

Der Spross in Versuch b gab dann in Wasser pro 2 Min. noch 24, 20, 19, 20, 20 Bläschen.

Reihe 6: Schilddrüse. (Zu 200 ccm Wasser kommen 5 ccm Extract, hergestellt vom Trockenpräparat). Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Extract	Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Extract
1.+2. Min.	24	22	1.+2. Min.	48	41
5.+6. „	25	16	5.+6. „	47	39
10.+11. „	25	16	10.+11. „	49	37
15.+16. „	22	16	15.+16. „	48	35
20.+21. „	23	17	20.+21. „	48	34
25.+26. „	23	17	25.+26. „	—	33
30.+31. „	—	16	30.+31. „	—	32
35.+36. „	—	16	35.+36. „	—	32

In beiden Fällen assimilirten die Objecte am nächsten Tage noch schwach.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00329-3

Reihe 7: Jod.

(Zu 200 ccm Wasser kommen 40 ccm einer bei + 15 °C. gesättigten Lösung metallischen Jodes.) Object: Elodea canadensis.

a			b		
Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Jodlösung	Zeit	In Wasser. Bläschen	Nach Zusatz von Jodlösung
1.+2. Min.	128	109	1.+2. Min.	60	48
5.+6. „	123	31	5.+6. „	61	4
10.+11. „	126	0	10.+11. „	60	0
15.+16. „	121	0	15.+16. „	60	0
20.+21. „	121		20.+21. „	61	

Sucht man sich nun Rechenschaft abzulegen über die Art und Weise der Einwirkung jener Substanzen auf die Assimilation, so ist zunächst zu bemerken, dass die beobachteten Erscheinungen, was die Wirkung der anorganischen Salze z. B. des NaCl anbetrifft, nicht unter dem von Stahl für einen Theil der terrestrischen Pflanzen (Nichthalophyten) geltend gemachten Gesichtspunkt zu verstehen sind. Der genannte Forscher fand, wie schon in der Einleitung bemerkt wurde, dass sich bei diesen Gewächsen durch eine 0,5proc. NaCl-Lösung die Stomata verschliessen, wodurch die Assimilation sistirt wird. Die Elodea, mit der wir experimentirten, ist aber spaltöffnungsfrei. Es ist nun aber keineswegs ausgeschlossen, dass die erwähnten Salze infolge ihrer osmotischen Wirkung auf den Zellinhalt der Untersuchungsobjecte die Assimilationsthätigkeit derselben herabminderten. Und dafür sprechen sogar die Beobachtungen (Reihe 1c, 2a, 3c), nach welchen infolge des Ersatzes der Chlorid- und Nitratlösung durch Brunnenwasser die Assimilationsthätigkeit wieder auf die alte Höhe stieg. Andrerseits ist aber eine chemische Einwirkung der genannten Stoffe auf das Protoplasma und eine dadurch bedingte Verminderung der assimilatorischen Thätigkeit nicht ausgeschlossen, und bezüglich der Wirkung von Chinin, Antipyrin etc. ist wohl in erster Linie an einen solchen physiologisch-chemischen Einfluss der betreffenden Substanzen zu denken.

Was die physiologische Wirkung anbetrifft, welche die benutzten Körper unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen auf die Athmung einerseits und die Assimilation andererseits ausüben, so ist mit besonderem Nachdruck auf die physiologisch gewiss interessante Thatsache hinzuweisen, dass ein Körper in bestimmter Concen-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00330-3

tration die Athmung steigert, während er gleichzeitig die Assimilation ganz bedeutend herabdrückt oder überhaupt aufhebt.

IV. Zusammenfassung.

Die Resultate der vorstehenden Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Durch Chloride (KCl und NaCl) wird unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen die Athmung infolge einer Reizwirkung gesteigert, wenn die Untersuchungsobjecte (Elodea, Myriophyllum) in kräftiger Vegetation begriffen sind.

2. Das Nitrat (KNO_3) wirkt in derselben Richtung, verursacht aber ausserdem noch eine Erhöhung der Respirationsintensität infolge der Förderung eines mit gesteigerter CO_2-Produktion verbundenen synthetischen Processes (vielleicht Eiweissbildung), wenn genügender Stärkevorrath vorhanden ist. Diese Auffassung ist allerdings nicht streng bewiesen, steht aber nicht im Widerspruch mit bekannten Thatsachen.

2. Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod steigern die Athmung ebenfalls durch Reizwirkung.

4. Die unter 3 genannten Körper beeinflussen bei 3—4 Tage alten Keimpflanzen von Pisum sativum die Respiration in derselben Richtung wie bei Elodea, jedoch der Intensität nach geringer.

5. Nur ganz schwach und vorübergehend beschleunigt Oxalsäure (0,67 %) die Athmung der Erbsen, während eine 0,3proc. Kupfersulfatlösung sofort ein Sinken der CO_2-Produktion bedingt.

6. Die Assimilation wird durch Kalinitrat, Chlorkalium, Chlornatrium, Chinin, Antipyrin, Schilddrüse und Jod herabgedrückt. Manche Stoffe (z. B. KCl) wirken nach dieser Richtung hin nur schwach, andere (z. B. Chinin) sehr energisch.

7. Die genannten Substanzen wirken also, in gleicher Concentration den Untersuchungsobjecten dargeboten, durchaus nicht in gleicher Richtung auf deren Athmung einerseits und Assimilation andrerseits ein.

Die Versuche, welche der vorstehenden Abhandlung zu Grunde liegen, wurden im botanischen Institut der Universität Jena unter Leitung des Herrn Professor Dr. Detmer, welcher mir jederzeit mit seinem geschätzten Rathe in freundlichster Weise zur Seite gestanden hat, ausgeführt. Durch die Güte des Herrn Professor Dr. Stahl und sein freundliches Interesse an meiner Arbeit standen mir die Räume und Mittel des Instituts zur Verfügung. Ich fühle mich daher gedrungen, meinen verehrten Herren Lehrern herzlich zu danken.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00331-9

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: 86

Autor(en)/Author(s): Jacobi Bernhard

Artikel/Article: Ueber den Einfluss verschiedener Substanzen auf die Athmung und Assimilation submerser Pflanzen. 289-327