

Alltägliches und Absonderliches
vom
Speisezettel der Pflanze.

Von
Univ.-Prof. Dr. Oswald Richter.

Vortrag, gehalten den 5. Februar 1913.

Mit 4 Tafeln und 1 Tabelle.

Hochverehrte Anwesende!

Während wir heute noch immer nicht mit völliger Sicherheit sagen können, welche chemischen Elemente der Mensch für seine Ernährung benötigt — ich erinnere nur an das große Aufsehen, das die Entdeckung der Notwendigkeit des Jods für den Menschen und die Klarlegung der Funktion der Schilddrüse als Jodspeicher vor kurzem gemacht hat — sind wir über das Nährstoffbedürfnis der großen Menge von Pflanzen völlig im klaren. Da kann denn gleich vorausgeschickt werden, daß nicht alle Pflanzen das gleiche Nährstoffbedürfnis haben, man kann vielmehr danach zwei große Gruppen unter ihnen unterscheiden: die grünen und die nichtgrünen Pflanzen, unter denen es dann wieder einige Untergruppen gibt, von denen die einen auf dieses, die anderen auf jenes Element verzichten, oder die einen das eine, die anderen ein anderes noch außer den gewöhnlich verlangten chemischen Elementen benötigen.

Die Zusammenstellung einiger Nährlösungen¹⁾ auf der beigegebenen Tabelle, gewissermaßen die Revue der Kochrezepte oder Speisezetteln unserer Pflöglinge, möge Sie sofort über die durch das Nährstoffbedürfnis diktierten

¹⁾ Näheres S. 374.

verschiedenen Gruppen und Untergruppen der Pflanzen orientieren.

Beschäftigen wir uns nun einmal zunächst eingehender mit dem Nährstoffbedürfnis der höheren grünen Pflanze. Was lehrt uns das erste hier notierte Rezept? Im ganzen sind 9 Elemente in der Nährlösung vorhanden, unter denen C, der Kohlenstoff, fehlt. Nun besteht aber doch die Pflanze geradeso wie Tier und Mensch aus einer Unzahl organischer Verbindungen. Die höhere grüne Pflanze, und das gilt auch von den Algen, wie Kolonne 2 und 3 zeigen, beziehen also den C nicht aus der Nährlösung, sondern aus der Luft in Form von CO_2 (Kohlensäure). Wir nennen diesen Vorgang den CO_2 -Assimilationsprozeß. Er besteht im wesentlichen darin, daß die Pflanze aus CO_2 und H_2O im Chlorophyllkorn als erstes chemisch nachweisbares Assimilationsprodukt Stärke bildet. Diese Stärke wird, da sie an Ort und Stelle (*αὐτοχθῶν* autochthon) entsteht, autochthone Stärke genannt. Dieser Prozeß geht nur im Lichte vor sich und erfolgt unter Ausscheidung von O-Bläschen¹⁾. Die heute best begründete und ziemlich allgemein angenommene Hypothese über die einzelnen Phasen des Prozesses ist die

von Bayer, nach der $\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{array}$ und $\text{H} \begin{array}{l} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{H} \end{array}$ unter Abspaltung von Sauerstoff¹⁾: $\text{CH}_2\text{O} = \text{Formaldehyd}$ bilden, der

¹⁾ Im Vorjahre haben wir bereits Engelmanns geniale Methode des Nachweises des ausgeschiedenen Sauerstoffes durch O-empfindliche Bakterien beschrieben. (Richter O. III.)

durch Polymerisation (gewissermaßen: Vervielfältigung) $6(\text{C H}_2 \text{ O}) = \text{C}_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6 = \text{Zucker}$ liefert, der wieder unter Wasserabgabe $\text{C}_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6 - \text{H}_2 \text{ O} = \text{C}_6 \text{ H}_{10} \text{ O}_5$, die Stärke, das erste nachweisbare Assimilationsprodukt, erzeugt. Die Bayersche Hypothese, die insbesondere durch wertvolle Versuche von Böhm über die Bildung von Stärke in entstärkten, auf Zucker gelegten Blättern höherer Pflanzen im Dunkeln und von Bokorny und Löw mit Algen weitgehend gestützt wurde, hat gerade in der letzten Zeit durch Grafes mit v. Portheim und Fräulein Wieser ausgeführte Arbeiten über die Assimilation des Formaldehyds ganz wesentliche Stützen erhalten. Grafe bot nämlich seinen im CO_2 -freien Raume gehaltenen Versuchspflanzen gasförmigen reinsten Formaldehyd, der tatsächlich aufgenommen und bis zur Zuckerbildung verarbeitet wurde. Von großem Interesse sind auch die Befunde von Stoklasa, Franke und Przibram, über die Bildung von organischen Substanzen wie Glykolaldehyd und Zucker aus CO_2 und H_2O in alkalischen Lösungen sowie Butlerows, Tollens, Löws und E. Fischers schon 1861, 1882/3, 1887/9, 1888/90 publizierte grundlegende Experimente über die Polymerisation des Formaldehyds zu Zucker, die alle außerordentlich für die Giltigkeit der Bayerschen Hypothese sprechen.

Eine der elegantesten Methoden des Stärkenachweises ist nun die Sachs'sche Jodprobe, die uns sofort die Verteilung der Stärke in der ganzen Pflanze vorführt. Man verfährt dabei so, daß man zunächst die Pflanze oder das zu untersuchende Organ, Blatt, Stengel, Wurzel, absiedet, dann den grünen Farbstoff, das Chlorophyll, mit Alkohol

auszieht, die Objekte wieder in Wasser aufkocht und in eine schwach alkoholische Lösung von Jod eintaucht.

Um sich von der Tatsache zu überzeugen, daß die Assimilation nur im Lichte vor sich geht, benützt man ausgestanzte Schablonen, die man nach vorangegangener Verdunklung der Pflanze oder des betreffenden Blattes auf die Blattfläche legt und dann belichtet. Durch die Verdunklung wurden in der Pflanze chemische Prozesse ausgelöst, die zur Umwandlung der Stärke in Zucker und zu dessen Wanderung an die Bedarfstellen führten, so daß also nachher der Experimentator mit völlig entstärkten Blättern arbeitet. Da sich nun nur im Lichte Stärke neu bildet, muß uns die Sachs'sche Jodprobe durch Auftauchenlassen der Buchstaben sicheren Aufschluß darüber geben. (Fig 1.)

Nachdem wir uns also über die C-Aufnahme durch die höhere grüne Pflanze Rechenschaft gegeben haben und sahen, wie sie in ihrem Chlorophyllkorn ein chemisches Laboratorium besitzt, von dem eigentlich die übrigen Lebewesen durchaus abhängen, weil weder Tier noch Mensch eine anologe Fähigkeit besitzen, sich organische Substanzen aus anorganischen Verbindungen in zureichender Menge zu verschaffen, — denn die heute bereits vorliegenden oben erwähnten Versuche von Stoklasa, Franke und Przibram¹⁾ sind doch, so interessant und fundamental sie auch sein mögen, noch zu wenig ausgebaut, um derzeit praktisch in Betracht zu kommen,¹⁾ — so wollen wir uns nun einmal 1. fragen, welche Folgen sich zeigen, wenn man das eine oder andere der neun in der Nährlösung verzeichneten Elemente wegläßt, und 2. uns

¹⁾ Vgl. die einschlägige Literatur bei Grafe.

begreiflich machen, wozu die verschiedenen Elemente von der Pflanze gebraucht werden.

Besonders sinnfällig ist der Effekt, den das Weglassen des Ca hervorruft, das übrigens schon in der Knopschen Nährlösung mit 1 pro mille vertreten ist. Bohnen, die man in einer Ca-freien Nährlösung hält, entwickeln zwar zunächst Wurzel und Stengel, haben sie jedoch die Höhe von etwa 2 cm erreicht, so bemerkt man in der sogenannten Wachstumszone des Stengels glasige Stellen, während gleichzeitig die Wurzeln ihr Wachstum einstellen und braun werden (Fig. 2). Diese Erscheinungen sind insbesondere von Böhm und v. Portheim studiert worden. Solche Pflanzen müßten einfach zugrunde gehen, wenn ihnen nicht rechtzeitig Ca als Nitrat, Chlorid oder Sulfat zugeführt würde. Diese Zufuhr braucht dabei nicht etwa gerade von den Wurzeln her zu erfolgen, auch ein Bestreichen der glasigen Stelle am Stengel mit Ca-Salzen genügt völlig zur Erholung der kranken Pflanzen und bald haben die zurückgebliebenen Versuchskeimlinge ihre gleichalten Genossen aus den kompletten Nährlösungen völlig eingeholt. Ähnlich anschaulich läßt sich der K-Mangel durch die erzeugten Wachstumsunterschiede demonstrieren.

In etwas anderer, aber nicht weniger deutlicher Weise prägt sich der Fe-Mangel aus. Man hat die Eisenmangelkrankheit als Bleichsucht der Gewächse bezeichnet. Kultiviert man z. B. bei vorzüglichem Tageslichte, wie es von März, April an bis zum September herrscht — viel Licht ist nämlich Vorbedingung für das gute Gelingen

dieses Versuches — Maispflanzen in völlig eisenfreien Lösungen, so bemerkt man vom zweiten Blattpaar an ein immer weitergehendes Blaßwerden der neuerzeugten Blätter, bis schließlich völlig weißgelbe Blätter hervorsprossen. Der Pflanze geht es also bei Fe-Mangel ähnlich wie dem Menschen, sie wird bleichsüchtig¹⁾, chlorotisch. Dabei besteht aber doch ein wesentlicher Unterschied zwischen der Bleichsucht der Pflanze und der des Menschen, wenn auch beide Krankheiten dadurch bedingt sind, daß bei ihnen die Farbstoffbildung gehemmt wird oder unterbleibt. Der Blutfarbstoff enthält nämlich Eisen, das Chlorophyll aber ist, wie Molisch gezeigt hat, Fe-frei.

Und wenn wir uns nun noch fragen, wieso in dem letzten Beispiel die ersten Blätter grün werden und im früheren sich die Stengel und Würzelchen trotz Ca-Mangels in der Lösung bis zu einem gewissen Stadium entwickeln konnten, so lautet die Antwort: jeder Keimling bekommt von seiner Mutter etwas von jedem Nährstoff mit, so daß er von diesem Reserve-Fe oder Reserve-Ca usw. während der ersten Stadien seiner Entwicklung zehren kann, bis er, gewissermaßen flügge, aus eigener Kraft seine Nährstoffe suchen und seine Leibessubstanz fabrizieren kann.

¹⁾ Diese Erscheinung der Chlorose ist wohl zu unterscheiden von dem Etiolement, dem Gelbbleiben durch Lichtmangel und der Weißscheckigkeit, auch Buntblättrigkeit oder Panachure genannt, die auf gewissen Fermentwirkungen beruht.

Selbstverständlich kann man die Chlorose auch wieder durch Eisenzutat heilen: ein Nagel oder eine Spur Eisensulfat o. dgl. in die Nährlösung gegeben, ermöglicht das Ergrünen, aber auch ein leichtes Bestreichen der verblaßten Blattflächen mit einer sehr verdünnten Eisenlösung führt zum Ergrünen, und zwar zunächst nur an jenen Stellen, wo die Eisenlösung aufgetragen wurde, so daß man etwa gewählte Schriftzüge nach einiger Zeit in tief grüner Farbe auf weißem Grunde aufleuchten sieht.

Was das Magnesium anlangt, so haben insbesondere Löw, Asō, dann v. Portheim und Samec eine eigentümliche Beziehung zur Ca-Darbietung in der Nährlösung feststellen können, Mg und Ca müssen nach diesen Autoren stets in einem ganz charakteristischen Verhältnis stehen, sollen die Keimpflanzen optimal gedeihen. Löw hat dafür den Namen Kalk-Magnesium-Faktor geprägt und ihn für eine ganze Anzahl Pflanzen ermittelt. Es läßt sich nun auch, wie eingehende mikrochemische Analysen in den südlichen Dolomiten bei Meran 1905 und in den nördlichen bei Lunz 1907 ergeben haben, durch mikrochemische Methoden die Existenz eines solchen Ca/Mg-Faktors erweisen. Die einschlägigen Versuche sollen demnächst veröffentlicht werden.

Und wenn wir nun 2. der Frage nach der Bedeutung der verschiedenen Nährstoffe nachgehen, so lehren uns die chemischen Untersuchungen der Pflanze folgendes: O und H kommen als Wasser in jeder Pflanze in größerer oder geringerer Menge vor und sind für den Transport der Nährsalze, den einer Unzahl von Assimila-

tionsprodukten als Lösungsmittel, für Quellung und Wachstum, endlich aber auch im Verein mit C zur Bildung von Kohlehydraten nach dem Typus $n(C H_2 O)$, die keiner Pflanze fehlen, und beim Assimilationsprozeß der grünen Pflanze so notwendig, daß man völlig begreift, daß sie auch in der Nährlösung nicht fehlen dürfen.

Der N ist ein nie fehlender Bestandteil des Eiweißes und seine Anführung auf dem Speisezettel der höheren grünen Pflanze somit völlig begreiflich.

P kommt nach den Analysen der Kernsubstanz im Nuklein vor. Da es nun keine höhere Pflanze gibt, in der Kerne fehlen, begreifen wir auch die Notwendigkeit des P als Nährsubstanz.

S ist ein niemals fehlender Bestandteil des Eiweißes und damit seine Unentbehrlichkeit gleichfalls verständlich.

Böhm nahm an, daß das Ca zum Aufbau der Membran, also für das Gerüst der Pflanze etwa wie für das Knochengerüste von Tier und Mensch, notwendig sei. Mangin hat diese Anschauung durch bestimmte Versuche gestützt und jüngst gelang es Molisch mit Hilfe einer passend verdünnten Schwefelsäure bei der Zwiebel, das Ca als Gips gerade nur in der Mittellamelle, der die Zellen verbindenden Substanz, zur Kristallisation zu bringen. Danach würde es uns nicht schwierig sein, auch für das Ca-Bedürfnis der höheren Pflanze einen Grund ausfindig zu machen. Das Ca wäre eben für die Zellhautbildung der höheren Pflanze nötig. Vielleicht darf ich gleich hier anfügen, was diesbezüglich von der niederen grünen Pflanze, der Alge, bekannt ist. Spirogyren brauchen Ca, andere

Grünalgen benötigen es nicht. Es spricht nun gerade für die Bedeutung des Ca bei der Membranbildung, wenn man sieht, wie in Ca-freier Sr (Strontium)-haltiger Nährlösung nach Molisch die Quermembranen von Spirogyren nur ganz unvollkommen ausgebildet werden (Fig. 3). Natürlich könnte in diesem Falle die abnorme Membranbildung auch auf eine spezifische Giftwirkung des Sr zurückgeführt werden. Was ist nun aber mit den Algen *Stichococcus* usw., die auch Zellhäute haben und doch nach Molisch ohne Ca auskommen? Hier versagt die Böhmische Hypothese völlig. Löw will das Ca zur Bildung von Ca-Chlorophyllverbindungen verwendet wissen. Doch fehlen auch für diese Ansicht die nötigen, völlig befriedigenden experimentellen Grundlagen. Wir können also bezüglich des Ca nur sagen: Wir sehen, daß das Ca zweifellos notwendig ist, über das Wozu und Warum muß erst die Zukunft Aufschluß geben.

Diese Resignation, die die Beantwortung der Frage nach dem Wozu betrifft, gilt in noch weit höherem Maße vom K. Der Stoff soll angeblich für den Aufbau des Pflanzeneiweißes von Bedeutung sein, eine vorläufig noch nicht hinreichend gestützte Hypothese.

Bezüglich des Mg scheint die Chemie derzeit eine plausible Erklärung für die Notwendigkeit des Stoffes gefunden zu haben. Nach Willstätter enthält nämlich das Chlorophyll Mg. Wir würden also begreifen, warum grünen Pflanzen Mg in der Nährlösung geboten werden muß. Nun haben aber Molisch und Benecke gezeigt, daß auch für Pilze das Mg notwendig ist. Diese sind aber

chlorophyllfreie Organismen. Wir sind also auch über das Mg in seiner biologischen Bedeutung noch recht im Unklaren.

Von der Bedeutung des Fe für die Chlorophyllbildung war bereits oben die Rede.

Ich möchte Sie nun bitten, die Posten der 1. Nährlösung unserer Tabelle zusammenzuzählen. Sie kommen dabei zu dem Ergebnis, daß die Nährlösung bloß 1.77, also etwa 2 Promille g Salze enthält ($= 0.177\%$), sie ist also relativ sehr verdünnt. Die gleiche Addition bei der Pilznährlösung (Nr. 8) durchgeführt, gibt viel höhere Werte (3.7%). Endlich sei auf dieschwachsaure Reaktion hingewiesen, die sich bei solchen Wasserkulturen als vorteilhaft erwies¹⁾. Auch da weichen wieder die niederen Pflanzen, abgesehen von den Pilzen, recht bedeutend von den höheren Pflanzen ab: Algen brauchen meist eine schwach alkalische, Bakterien oft eine stark alkalische Reaktion des Substrates (vgl. die Tabelle).

Es wird Sie nun, nachdem Sie so viel über die Ergebnisse der Ernährungsphysiologie der höheren Pflanze gehört haben, vielleicht auch interessieren, etwas von der Methodik solcher ernährungsphysiologischer Versuche zu erfahren.

Da will ich Ihnen denn zunächst die Kultur schildern, wie Sie sie selbst betreiben können. Die Samen werden zunächst in Einsiedegläsern gequollen, dann auf

¹⁾ Doch möchte ich betonen, daß nach Molischs Untersuchungen unsere Fluß- und Bachwässer schwach alkalisch reagieren.

mit Filtrierpapier ausgekleideten Pörzellantellern oder Keimschalen zum Keimen ausgelegt und, nachdem sie eine Wurzellänge von etwa 1—2 cm erreicht haben, auf Einsiedegläser mit Leitungswasser „aufs Netz“, d. h. auf Organtin gebracht. Schwarzes Papier oder passende Blechbüchsen verdunkeln das Wurzelsystem und schaffen so analoge Bedingungen wie in der Natur, wo ja auch die Wurzeln im dunkeln Erdboden wachsen. Sind endlich die Keimlinge in diesen Kulturgefäßen groß genug geworden, so kommen sie auf die durchlocheten Korke der eigentlichen Kulturgefäße. Als Nährlösung empfehle ich Ihnen entweder Leitungswasser, das ja alle Nährsalze enthält, ohne weiteren Zusatz oder mit 0.2 g KNO_3 und 0.2 g KH_2PO_4 für den Liter. Besonders die prächtigen, stets leicht sichtbar zu machenden Wurzelsysteme werden Ihnen solche Wasser- als Zimmerkulturen ungemein beliebt werden lassen. Die Figuren 4, 5 und 6 mögen Ihnen eine Vorstellung von solchen gut ausgefallenen, lang andauernden Wasserkulturen geben¹⁾

Für exakte Versuche reicht die beschriebene Methode natürlich nicht aus. Da ist zum Quellen, nach langem Abwaschen der Samen mit destilliertem Wasser, nur destilliertes Wasser zu nehmen. Alle in Verwendung kommenden Gläser müssen mit Kalilauge, Salzsäure und

¹⁾ Es hat lange Zeit gebraucht, bevor man sich von dem Gedanken frei machen konnte, daß höhere Pflanzen nicht in festem Substrate eingewurzelt sein müssen, wenn sie wachsen sollen, und zwar saß dieses Vorurteil so fest, daß die beiden ersten Experimentatoren, die uns über das Nährstoffbedürfnis der höheren Pflanzen orientierten, Wiegmann und Polstorff, zunächst gewaschenen Sand und, als der wegen der Unmöglichkeit völlig exakter Reinigung versagte, Platinmohr (!) als Substrat verwendeten. Erst Knop ist der Begründer der Nährlösungskultur.

viel destilliertem Wasser gewaschen werden, zum Auskeimen sind nur so gereinigte Gläser zu verwenden, der Organtin fürs Netz muß in Salzsäure ausgekocht werden, da er viel Ca enthält; bei Untersuchungen über das Fe darf überhaupt kein eisernes Gerät, keine Nadel, Schere u. dgl. etwa zum Vorstechen der Löcher in Anwendung kommen. Da heißt es zu Glasstäbchen und Aluminiumpinzetten seine Zuflucht nehmen. Und will man gar über die Notwendigkeit des Ca oder K für Grünalgen (Molisch 1895) oder des Si für Kieselalgen (Richter Oswald 1906) arbeiten, dann muß man sich sogar von den Glasgefäßen, die bekanntlich Spuren der genannten Stoffe in Lösung gehen lassen, frei machen. Molisch versuchte es seinerzeit vergeblich, die Glaskölbchen durch Nickelgefäße zu ersetzen, da Nickel giftig wirkt. Ebenso würden teure Platingefäße wegen der Spuren von Pt, die im Wasser löslich sind und auf Algen giftig wirken, Glaskölbchen nicht zu ersetzen vermögen.

Molisch kam nun auf die Idee, die Glaskölbchen auszuparaffinieren, und dieser Paraffinausguß erfüllt seine Aufgabe so vorzüglich, daß z. B. das leicht lösliche $MgCl_2$ (Magnesiumchlorid) oder ein Stückchen Zucker, im Paraffinmantel eingeschlossen, auch noch nach Monaten nicht eine Spur von Auflösung aufweist und Kalziumsilikat, das sonst ein üppiges Gedeihen der Diatomeen bedingt, monatelang wirkungslos bleibt, wenn es vom Paraffinmantel umgeben ist. Man verfährt bei diesen ganz besonders heiklen Versuchen wie folgt:

Alle notwendigen Glasgefäße, wie Vorratskolben, Vorstoß-, Kulturkölbchen, Meßzylinder, werden mit konzentrierter Lauge, dann, nach Auswaschen mit destilliertem Wasser, mit konzentrierter Salzsäure gewaschen, mit viel destilliertem Wasser bis zur neutralen Reaktion ausgespült und in einem Heißluftbad bei 100° — 110° getrocknet, dann wird reinstes, weißes Paraffin vom Schmelzpunkt 72 — 75°

mit reinem Messer hineingeschnitten, bis etwa 76° bis 80° erwärmt und das gelöste Paraffin unter Drehen der Gläser auf der kühlen Tischfläche so an der Innenseite der Gefäße erstarren gelassen, daß auch nicht an einer einzigen Stelle das Glas freiliegt.

Das destillierte Wasser für die Nährlösung wird nochmals destilliert, und zwar, da ein Glaskühler Spuren von Si, Ca oder K in Lösung gehen lassen könnte, mittels Platinkühler. Auf diese Art kommt das destillierte destillierte Wasser überhaupt nicht mehr mit dem Glas in Berührung. Die zur Verwendung kommenden reinsten Salze werden umkristallisiert und so wird tatsächlich eine Ca-, K-, Si-freie Stammlösung erzielt, mit der man die weit schwierigeren Fragen der Algenernährung studieren kann.

Einen Nachteil hat die Paraffinauskleidung allerdings. Eine Sterilisation der einmal hergestellten Paraffinkölbchen erscheint ausgeschlossen, da das Paraffin durch die Hitze wieder losgelöst würde. Damit sind analoge Versuche wie mit Grünalgen und braunen Diatomeen mit auf organische Substanz angewiesenen Pflanzen ausgeschlossen. Man muß in solchen Fällen, wie dies Benecke (1907) bei seinen Bakterienversuchen tat, zu sehr schwer löslichen Gläsern und Quarzkölbchen seine Zuflucht nehmen, die allerdings sehr teuer sind. Ein solches Quarzkölbchen allein kostet 40 Mark. Über einen anderen Fall, wo die Notwendigkeit des Si für eine farblose Diatomee mit Kölbchen aus Jenenser Glas mit einem großen Grade von Wahrscheinlichkeit positiv beantwortet werden konnte, vgl. Richter Oswald, 1909. (Kolonne 6 der Tabelle.)

Die zweite Kolonne der Tabelle zeigt ihnen zwei Rezepte von Molisch, wie sie sich für die Grünalgen *Stictococcus bacillaris*, *Microthamnium Kützingerianum*, *Ulothrix subtilis* (?) und *Protococcus* sp. einer-

und *Spirogyra* und *Vaucheria* andererseits als vorteilhaft herausgestellt haben. In dem ersten Rezepte fehlt das Ca, im zweiten ist es vorhanden. Bezüglich aller anderen Elemente stimmen die Rezepte überein. Davon, daß bei *Spirogyra* das Ca auch zum Teile durch Sr (Strontium) ersetzbar ist und daß das Sr der Alge unter pathologischen Veränderungen der Membran eine Zeitlang ein kümmerliches Dasein gestattet, war bereits oben (p. 373) die Rede.

Wir sehen also durch Vergleich beider in Kolonne II notierten Rezepte, daß die Grünalgen nicht ein völlig gleiches Nährstoffbedürfnis aufweisen, daß vielmehr die eine Gruppe (3. Rezept) im Nährstoffbedürfnis mit der höheren grünen Pflanze übereinstimmt, während sich die andere Gruppe (2. Rezept) durch die Entwicklung ohne Ca ganz wesentlich von dem Nährstoffbedürfnis der höheren grünen Pflanze unterscheidet.

Was das Verhalten von Algen zum Sauerstoff anlangt, so sind wir durch Klebs mit einem interessanten Falle bekannt gemacht worden. Die Alge *Vaucheria* bildet nämlich normalerweise je ein Oogonium, weibliches Geschlechtsorgan ♀, und ein oder zwei Antheridien ♂, männliche Geschlechtsorgane, aus. Hält man nun die Kultur bei sehr geringer Sauerstoffspannung und hoher Temperatur, so werden alle ♀ unterdrückt und nur die ♂ kommen zur Ausbildung: ein durch Ernährungsverhältnisse bedingter Fall der Geschlechtsbestimmung (Fig. 7, Taf. II).

In Kolonne III stehen dann Rezepte, die sich auf die Ernährung der braunen Kieselalgen beziehen.

4. zeigt gewissermaßen den Speisezettel der braunen Süßwasser-, 5. den der braunen Meeresdiatomeen.

Sie sehen, daß diese nicht nur alle jene Elemente verlangen, die die höhere grüne Pflanze benötigt, beide Diatomeenformen brauchen vielmehr überdies noch Kieselsäure und die Meeresdiatomeen außerdem noch Natrium.

Die Fig. 8, Taf. II, gibt 2 Kölbchen aus einem der früher geschilderten, peinlich exakt durchgeführten Versuche wieder. In jener Kölbchenserie, in der das paraffinierte Kölbchen 9 stand, war $\text{Ca Si}_2 \text{O}_5$ (Kalziumsilikat) zur Nährlösung zugegeben worden. Kölbchen 10 war wie andere Kontrollkölbchen Si-frei. Man sieht nur in 9 üppige Diatomeenentwicklung, Assimilationsgasblasenbildung, kurz Gedeihen. Si erweist sich für Diatomeen als notwendiges Nährelement.

Zur Illustration der Notwendigkeit des Na für braune Meeresdiatomeen mag die Fig. 9, Taf. III, dienen. Verwendet man ein Stammagar, zu dem man die über den Epröuvetten verzeichneten Salze in isosmotischen Mengen, d. h. also in Mengen zufügt, die den gleichen osmotischen Druck ausüben, so zeigt sich nur bei Zutat der Na-Salze eine Entwicklung. Da ClNa , ClK , $\text{Cl}_2 \text{Mg}$, $\text{Cl}_2 \text{Ca}$ (s. Taf. III) alle Cl enthalten, von diesen vier Salzen aber nur das Na Cl ein Gedeihen der Diatomeen ermöglicht, so kann im Na Cl nicht das Cl das Maßgebende sein. Wenn nun im $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ eine so kümmerliche Entwicklung eintritt, so widerspricht das nicht etwa unserer oben gemachten Erfahrung, sondern hängt mit der Gift-

wirkung der SO_4 -Ionen zusammen, die bei dem Angriff auf das Na_2SO_4 frei werden. Eine mit den braunen Meeresdiatomeen etwa gleichzeitig rein gezogene grüne Meeresprotococcale (Fig. 10, Taf. III) zeigt ein ganz anderes Verhalten. Diese gedeiht auf allen mit den gleichen Salzen versehenen Nährböden mehr minder gut. Für sie kommt also das Kochsalz nur als osmotischer und keiner seiner Stoffe als Ernährungsfaktor in Betracht. Diese Verschiedenheit beider Objekte prägt sich auch in ihrem Verhalten zur Konzentration des ClNa aus, indem für die braunen Meeresdiatomeen das Optimum an Kochsalz bei rund 2% liegt, während die Meeresprotococcale noch bei 6% ClNa prächtig gedeiht und, wie wir aus anderen Versuchen schließen können, wohl noch viel höhere Konzentrationen unschwer ertragen hätte. Hat doch A. Richter eine Süßwassergrünalge, *Stichococcus bacillaris*, sogar auf 15% ClNa gedeihen und Osterhout Meeresalgen in Lösungen wohlbehalten gesehen, in denen das ClNa bereits auskristallisierte.

Was wir eben von den braunen Diatomeen bezüglich des Na -Bedürfnisses feststellten, gilt mit den entsprechenden Änderungen auch für die farblose Diatomee *Nitzschia putrida* B., nur benötigt sie selbstredend als phaeophyll- (farbstoff-)freie Form organische Substanzen zu ihrem Gedeihen (siehe Rezept Nr. 6, Oswald Richter, 1909).

Hier interessiert uns zunächst noch ihr Verhalten bei Na -Mangel. Die Diatomee, die normalerweise die Gestalt der Fig. 11 a, Taf. IV hat, verwandelt sich bei Na -Mangel ganz plötzlich in eine Gomphonemagestalt

(Fig. 11 b, Taf. IV), wobei sie die Zellhaut gleichzeitig auflöst. Die nackten Plasmen verschmelzen, es entstehen Plasmodien (Fig 11 e, Taf. IV) mit einem Riesenkerne. Diese Auflösung der Diatomeenschale, die übrigens auch bei Si-Mangel beobachtbar ist, legt nun die Vermutung nahe, daß der Na-, beziehungsweise Si-hungrige Protoplast aus der Schale sein Na-, beziehungsweise Si-Bedürfnis befriedigt, oder mit anderen Worten: daß die Membran der Meeresdiatomeen eine Na-Si-Verbindung darstellt. Warum nun die bisher absolut rein gezogenen Süßwasserdiatomeen Na nicht brauchen, wie sicher feststeht (Oswald Richter, 1906), warum also in diesem Falle die Si-Membran von anderer chemischer Konstitution sein muß, ob hier vielleicht eine K-Si-Verbindung vorliegt, entzieht sich heute völlig unserer Erkenntnis. Dabei beeinflussen die geschilderten Formen die Koloniengestalt der *Nitzschia putrida* B. außerordentlich. Wie nun überhaupt die Kulturen von Diatomeen makroskopisch aussehen und wie sich Reinkulturen dieser und anderer einzelliger kleiner pflanzlicher Organismen wie Algen, Pilze und Bakterien darstellen, mögen Fig. 12—14, Taf. IV, illustrieren. Diese Figuren zeigen insbesondere Resultate, wie sie durch passende Änderungen des R. Koch'schen Reinkulturverfahrens mit Diatomeen erzielt werden können.

Wir hätten nun noch ganz kurz auf die Ernährung anderer nicht grüner Pflanzen einzugehen. Da haben wir denn als wesentlichen Unterschied in der Ernährung grüner und nicht grüner Pflanzen die mit ganz wenigen Ausnahmen notwendige Darbietung von C in Form

organischer Substanzen im Substrate hervorzuheben. Wie Rezept 8 zeigt, sind diese Mengen ganz ansehnlich (3·7%). Die große Zahl der saprophytischen und parasitischen Pilze, von denen Sie hier nur die gewöhnlichsten Schimmel in Reinkulturen auf Brot sehen, den Pinzel-, den Köpfchen- und den schwarzen Gießkannenschimmel, *Penicillium crustaceum*, *Mucor stolonifer* und *Aspergillus niger*, gehören dazu. Ein technisch besonders bedeutungsvoller Pilz ist die Hefe. Ein weiteres Präparat zeigt ihnen den von Molisch zur Fruchtkörperbildung gebrachten Hallimasch. Ebenso hat Duggar den Champignon, die Morchel und andere eßbare Pilze im Laboratorium rein gezogen. Die gleiche Anforderung stellen an das Substrat nebst den parasitischen die saprophytischen Bakterien (Rezept 9), die sich von sich zersetzenden organischen Substanzen nähren. Sie sehen hier den Wunderbazillus, *Bacterium prodigiosum*, das *Bacterium pyocyaneum* und das von Zikes reinkultivierte *Bacterium chlororaphis*. Auch die früher wegen ihres Gedeihens im Lichte und wegen ihrer Farbstoffverhältnisse stets für CO₂-assimilierend angesehenen Purpurbakterien brauchen nach Molisch organische Verbindungen (Rezept 13) zu ihrem Gedeihen, die sie freilich nur im Lichte assimilieren.

Auf stickstofffreie organische Substanzen wie Zucker, Glycerin u. a. oder stickstoffhaltige wie Pepton, Asparagin, Leuzin u. a. sind endlich auch die chlorophyllarmen höheren Pflanzen wie gewisse Orchideen, *Epipogon Gmelini*, *Neottia nidus avis*, *Coralliorrhiza innata* oder die farblose

Pirolacee *Monotropa Hypopitys* angewiesen. Solche Pflanzen vergesellschafteten sich nun sehr gerne mit Pilzen, mit denen sie unter gegenseitiger Förderung zusammenleben. Solche Vergesellschaftungen werden Symbiosen genannt. Diese gestatten ihnen, die organischen Substanzen des Humus möglichst ausgiebig auszunützen. Man unterscheidet bei diesen Symbiosen ektotrophe (*Mykorrhiza* = Pilzwurzel), wenn der Pilz die Wurzelspitzen wie ein Handschuhfinger den Finger umgibt, und endotrophe, wenn der Pilz ins Innere der Wurzeln eindringt. Über die endotrophen Mykorrhizen sind wir derzeit am besten unterrichtet. Nach Magnus wird der Pilz in eigenen Pilzwirtszellen gehalten, um in anderen, den Verdauungszellen, von der Pflanze verspeist zu werden. Die höhere Pflanze bietet nach Burgeffs Untersuchungen an Orchideen dem Pilze Zuckerarten und die Wohnung, er holt ihr dafür aus dem Substrate, dem Humus, die mineralischen Nährstoffe und organische Verbindungen und erlaubt ihr, sich seine Eiweißverbindungen anzueignen. Durch diese Vergesellschaftung sind also auch die geschilderten farblosen höheren Pflanzen in den Stand gesetzt, sich die organischen Substanzen aus dem Boden zu holen. Es gibt dann auch fast farblose höhere Pflanzen wie die Kleeseide, die ihrer Wirtspflanze als Parasiten die organischen C-Verbindungen entziehen, um daraus ihre Körpersubstanz zu bilden. Molliard kultivierte sie als Saprophyt. (Rezept 7.)

Eine Sonderstellung innerhalb der Gruppe der nicht chlorophyllgrünen Pflanzen nehmen nach Winogradsky nur die Nitrifikationserreger ein, jene Bak-

terien, die das kohlen saure Ammonium (Rezept 10), das durch die Harnstoffvergärer aus dem Harn gebildet wird, zu Nitrit und Nitrat oxydieren. Nach Winogradsky soll es ganz unnötig sein, diesen C als organische Substanz zu bieten, ja für sie sind auch die harmlosesten organischen Stoffe geradezu starke Gifte. In diesen Bakterien hätten wir somit die einzige Gruppe nicht grüner Organismen zu erblicken, die ohne Farbstoff in der Nährlösung vorhandenes CO_2 zu assimilieren vermögen.

Als Ausnahmen von der Regel wären dann noch Bakterien wie der von Kaserer entdeckte *Bacillus pantotrophus* (gewissermaßen: der Allesfresser) zu erwähnen, der mit dem CO (Kohlenoxyd) der Luft und H_2 sein Auslangen findet (Rezept 12), die er zu Formaldehyd kondensiert und der in gleicher Weise üppig auf Formaldehyd selbst zu wachsen vermag. Daß z. B. die Spuren von Laboratoriumsluft auch zum Gedeihen gewisser Bakterien ausreichen, beweisen die Untersuchungen von Beijerinck und van Delden mit *Bacillus oligocarbophilus* (d. h. Liebhaber geringer Mengen von flüchtigen organischen Substanzen.)

Endlich gibt es Pflanzen, die chlorophyllgrün sind und gewissermaßen zwischen beiden Gruppen, den autotrophen, sich selbst ernährenden, und heterotrophen oder durch gebotene organische Verbindungen erhaltbaren Pflanzen stehen, die mixotrophen oder Anhänger der gemischten Kost. Fast alle absolut rein gezogenen Grünalgen (Krüger, Beijerinck, Artari, Pringsheim, Treboux), Diatomeen, (Oswald Richter, Meinhold),

die Euglenen (Zumstein, Pringsheim, Ternetz) haben sich auf organischen Substanzen ziehen lassen und vermochten im Lichte neben der CO_2 -Assimilation auch noch organische Substanzen aufzunehmen. Mit Ausnahme der braunen Diatomeen gediehen sie bei Darbietung passender organischer Verbindungen sogar bei völligem Lichtabschluß.

Es kommt diesen Organismen dabei die Ausscheidung tryptischer (= Gelatine-, eiweißlösender) Fermente (s. Fig. 13 a, b, Taf. IV), die man bei den Diatomeen auch durch Auflösung des Kaseïns in einem Milchagar (Fig. 12, Taf. IV) nachweisen konnte, zu stanno. Von höheren Pflanzen gehören in diese Gruppe viele grüne Mykorrhizapflanzen, die mit ihrem Chlorophyll wohl die CO_2 direkt, dank der Vergesellschaftung mit dem Pilze aber auch organische Substanzen des Bodens zu assimilieren vermögen; weiter die besonders von Heinricher studierten Halbschmarotzer, die sich die organischen Substanzen auch vom Wirte holen (Jost, p. 217), trotzdem ihnen Chlorophyll zur Assimilation zur Verfügung steht, endlich die fleischfressenden Pflanzen, die außer der CO_2 -Assimilation eine kleine Extraportion Insektenfleisch nicht verschmähen. Nach Darwin haben sich diese Pflanzen so sehr an ihre eigenartige Nahrung gewöhnt, daß sie ohne Eiweißfütterung überhaupt nicht zur Bildung keimfähiger Samen gelangen.

Gehen wir nun noch die übrigen Elemente der Ernährung der nicht grünen Pflanze durch, so ist gleich bei der Behandlung des N jener von Winogradsky und Alfred Koch studierten hochinteressanten Bakterien zu

gedenken, die die Fähigkeit besitzen, den elementaren N zu assimilieren und so den ungeheuren N-Ozean der Luft auszuwerten vermögen. Es sind dies das *Clostridium Pastorianum* und der *Azotobacter chroococcum* (Rezept 11). Eine Bakterie, der diese wichtige Fähigkeit anscheinend gleichfalls zukommt, der *Bacillus radicola* Beijerinck, vergesellschaftet sich nun auch mit bekannten grünen Pflanzen, den Hülsenfrüchtlern oder Leguminosen, an denen er eigentümliche Knöllchen der Wurzeln hervorruft. In einigen Zellen dieser Knöllchen entwickeln sich die Bakterien üppig (gewissermaßen Bakterien-Wirtszellen), in anderen werden sie verdaut (Verdauungszellen) und zu Bakterioiden (Bakterienzerrformen) verarbeitet. So steht also der höheren Pflanze der von den Bakterien in Bakterieneiweiß umgewandelte elementare N zur Verfügung, dafür hat die Bakterie Wohnung und Kohlehydrate (Zucker) von der höheren Pflanze.

Auch bei den Blattbakterien von Pavetten hat v. Faber 1912 die Fähigkeit der Assimilation elementaren N erwiesen und damit die von Zimmermann entdeckte Symbiose klargelegt. Endlich fand Ternetz bei dem in Ericaceen vorkommenden Wurzelpilz und Peklo bei den Mykobakterien (pilzartig wachsenden Bakterien) der Erle und *Myrica* die gleiche Fähigkeit.

Was über die übrigen Elemente bei der höheren grünen Pflanze gesagt wurde, gilt, natürlich entsprechend geändert, auch hier, nur nehmen sie den N im allgemeinen aus Ammonium oder organischen N-Verbindungen lieber auf als aus Nitraten.

Den elementaren Wasserstoff verarbeitet, wie wir oben sahen, direkt der *Bacillus pantotrophus*. (Rezept 12.)

Ich möchte hier auch im Vorbeigehen jener Bakterien und Pilze gedenken, die ohne Sauerstoff gedeihen und denen der Name Anaerobe (von ἀήρ [aer] die Luft und βίω [bio] ich lebe) beigelegt wurde. Es sind natürlich für deren Zucht besondere Vorsichtsmaßregeln wie Entfernung des Sauerstoffs aus den Kulturgefäßen durch alkalisches Pyrogallol oder durch Auspumpen der Luft u. a. nötig.

Kalzium benötigen niedere Pilze nicht (Molisch 1894, Benecke 1894). Mit höheren Pilzen hat man diesbezüglich und in bezug auf andere mineralische Elemente keine Erfahrungen. Mg ist für alle daraufhin untersuchten nichtgrünen pflanzlichen Organismen sicher notwendig, die Notwendigkeit des Fe steht für Pilze nach Molisch unzweifelhaft fest, bei Bakterien hält sie Benecke nicht für unwahrscheinlich: K kann unter Umständen durch die chemisch nahe verwandten Elemente Rubidium (Rb) und Cäsium (Cs) ersetzt werden.

Es sind also Mg und Fe für gewisse nichtgrüne Pflanzen erwiesenermaßen nötig, trotzdem diese kein Chlorophyll enthalten (vgl. p. 373/4). Wozu demnach die beiden Stoffe den farblosen Pflanzen dienen, kann man heute nicht einmal vermuten, da tatsächlich jeder Anhaltspunkt fehlt.

Ein bedeutendes Interesse birgt auch die eben erwähnte, von Löw entdeckte und von Benecke bestätigte Tatsache, daß bei Hefen und Schimmelpilzen K durch Rb

ersetzt werden kann und daß nach Benecke Bakterien außer Rb auch Cs als Ersatz des K gestatten.

Auch ist ihre K-Genügsamkeit bei Rb und Cs-Mangel ganzerstaunlich. Es genügt die Menge K, die in 0·00025% K_2SO_4 (Kaliumsulfat) oder in 0·0000015% KCl (Kaliumchlorid) vorhanden ist, womit sich die von Benecke studierten Bakterien würdig den im vorigen Jahre (Richter O. III) angeführten Beispielen empfindlicher Pflanzen anreihen lassen.

Fassen wir also die Erfahrungen über die Ernährung der Pflanze zusammen, so gipfeln unsere Ausführungen in dem in der Tabelle wiedergegebenen Schema: es gibt Pflanzen, die die CO_2 der Luft assimilieren, und solche, denen diese Fähigkeit abgeht. Diesen muß der C in organischer Bindung geboten werden, jenen nicht. Außerdem kommen die Elemente (O), H, (N), P, S, (Ca), (K), Mg, Fe, ((Na)) und ((Si)) als Nährelemente in Betracht, von denen die nicht eingeklammerten niemals fehlen dürfen, die eingeklammerten () von manchen Pflanzen entbehrt, die doppelt eingeklammerten (()) aber vorläufig nur für Diatomeen als notwendige Elemente erkannt wurden. Es gilt also auch hier, was man so oft bei pflanzenphysiologischen Versuchen sehen kann: eine ungemein weitgehende Variation, so daß man sich jeder Vorhersage über das Verhalten neu auf ihre Beziehungen zu den diversen Elementen zu überprüfender pflanzlichen Versuchsobjekte enthalten muß.

Alle diese ernährungsphysiologisch so wichtigen Elemente können, in zu konzentrierten Lösungen ihrer

Salze geboten, auch giftig wirken, wobei sie sich wieder gegenseitig in Schach zu halten vermögen. Damit lernen wir eine neue Funktion der Elemente kennen: die Schutzwirkung, die im sogenannten Loebischen physiologischen Gleichgewicht der Elemente ihren vollkommensten Ausdruck findet. Diese ist nach Benecke bei Ca und Sr, nach Osterhout bei Na besonders stark. Schon die Erwähnung des Na und Sr an dieser Stelle zeigt, daß auch in der Regel oder durchaus nicht notwendige Elemente eine solche Schutzwirkung auszuüben vermögen.

Untersuchen wir nun die verschiedenen Elemente in ihrer Wirkung auf Pflanzen, so finden wir endlich solche, die meist giftig, in sehr geringen Dosen aber nach Richards, Onō u. a. wachstumsfördernd wirken, und haben damit unsere Rundschau unter den chemischen Elementen als notwendige, wertvolle, wertlose und giftige beendet.

Die vergleichenden Studien an der Tabelle über das Nährstoffbedürfnis der Pflanzen (p. 374) ergaben endlich die Bedeutung der Konzentrationen und der Reaktion der Nährlösung für die Versuchspflanzen. So beträgt die Konzentration der Knopschen Nährlösung $1\frac{3}{4}\text{‰} = 0\cdot177\text{‰}$, die der Pilznährlösung dagegen $37\text{‰} = 3\cdot7\text{‰}$. Die Nährlösungen der nichtgrünen Pflanzen sind also im allgemeinen viel konzentrierter als die der grünen. Dieser Unterschied entspricht auch dem natürlichen Vorkommen.

Endlich besagt eine Angabe, wie $\text{KH}_2\text{PO}_4 = \text{Monokalium-} = \text{saures Kaliumphosphat}$, daß die Nährlösung

sauer, ebenso die Notiz K_2HPO_4 = basisches = Dikaliumphosphat, daß die Gesamtlösung alkalisch reagiert: höhere grüne Pflanzen benötigen in der Nährlösung eine saure, Algen meist eine schwach alkalische; die Pilze lieben eine saure, die Bakterien dagegen eine alkalische Reaktion.

Im Anschluß an meine Ausführungen über die Ernährung durch Nährstoffaufnahme von außen mögen noch einige Belege von Ernährung durch Nährstoffaufnahme von innen folgen. Umwickeln Sie z. B. die Keimblätter eines Samens mit nasser Watte und spendeln ihn im feuchten Raume an einen Kork, so daß sein Würzelchen frei in die Luft hängt, so wächst der Keimling auch, aber ohne Nährstoffzufuhr von außen eine Zeitlang einfach dank der ihm aus den Kotyledonen zufließenden Nährstoffe. Es gibt nun zwei Gewächse, die ganz ohne Nährstoffzufuhr von außen im Frühjahr bis zur vollen Blütenentfaltung gelangen; die in Fig. 15 und 16, Tafel IV, dargestellten von Frl. Abranowicz zuletzt studierten Pflanzen *Amorphophallus* und *Sauromatum*. Die beiden interessanten Objekte sammeln durch große Blätter während des Sommers Reservestoffe, die sie in den Knollen aufspeichern, um sie im kommenden Frühjahr für die Blütenbildung zu mobilisieren.

Endlich möchte ich noch auf einen interessanten Fall aufmerksam machen, der uns die Folgen schlechter Ernährung illustriert. Bekanntlich haben die Japaner

an kleinen Bäumen eine ganz besondere Freude. Sie ziehen diese Zwergformen durch Einengung des Wurzelsystems in kleine glasierte Gefäße, stützen das Wurzelsystem und halten es möglichst trocken. Unter diesen Umständen zeigt nun die *Cryptomeria japonica* merkwürdige Steinzellen in ihren Rindenmarkstrahlen (Taf. IV, Fig. 17 a und b), während in den Kontrollpflanzen im Terrain nichts dergleichen wahrzunehmen ist.

Literatur.

Zur eingehenderen Orientierung über die in vorliegendem Vortrag behandelten Probleme sei auf die folgenden Werke verwiesen:

Benecke W., Bau und Leben der Bakterien. Naturwissenschaft und Technik in Lehre und Forschung. Verl. v. B. G. Teubner, Leipzig-Berlin 1912.

Burgeff, Die Wurzelpilze der Orchideen, ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Verl. v. G. Fischer. Jena 1909.

Faber F. C. v. Das erbliche Zusammenleben von Bakterien und tropischen Pflanzen. Jahrb. f. w. B. 1912. Bd. 51, 3. H., p. 285.

Grafe V., Einführung in die Biochemie. Verl. v. W. Deuticke, Wien 1912.

Jost L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena 1908. Verl. v. G. Fischer, II. Aufl., p. 94.

Lafar Fr., Handbuch d. technischen Mykologie. Verl. v. G. Fischer. Jena 1904—1908. 5 Bde.

Molisch H., Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. 2. Aufl., Jena 1912. Verl. v. G. Fischer.

- Molliard Martin M., Cultures saprophytiques de *Cuscuta monogyna*. Comptes Rendus de l'Acad. Scienc. Paris 1908. Bd. 147. p. 685.
- Pfeffer W., Pflanzenphysiologie. II. Aufl., 2 Bde., Leipzig 1897—1904. Verl. v. W. Engelmann.
- Richter Oswald, I. Reinkultur, eine Literaturstudie. Verl. v. Gebr. Borntraeger, Berlin 1907.
- — II. Die Ernährung der Algen. Leipzig 1911. Verl. v. Dr. Werner Klinkhardt.
- — III. Beispiele außerordentlicher Empfindlichkeit der Pflanzen. Diese Vorträge 1912, 52. Jg., H. 15, p. 15.
- — IV. Die Reinkultur und die durch sie erzielten Fortschritte vornehmlich auf botanischem Gebiete. Progressus rei bot., 4. Bd. 1911, p. 303.
- Wiesner J., Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1898. Verl. v. A. Hölder, 4. Aufl.

Figurenerklärung. Taf. I.

- Fig. 1. Stärkenachweis im Blatte mit Sachs' Jodprobe (s. p. 367; gez. von J. Gichlhorn).
- Fig. 2. Nachweis der Notwendigkeit des Ca für das Gedeihen von Bohnen: der sogenannte Böhmische Kalkversuch (s. p. 369, Original).
- Fig. 3. Spirogyrafäden in Strontiumlösungen (nach Molisch; s. p. 373).
- a. Die Querwände der Zellen werden unvollständig ausgebildet, wodurch zapfenartige, unregelmäßige Vorsprungsbildungen entstehen.
- b. Zellen plasmolysiert, um den Zusammenhang der Protoplasten benachbarter Zellen zu zeigen.
- Fig. 4. Junge Wasserkultur der Kastanie (s. p. 375, Original).
-

Taf. I.



Fig.1.



Fig.2



Fig.4

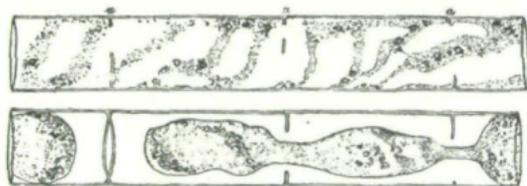


Fig.3.

Figurenerklärung. Taf. II.

Fig. 5. Ältere Wasserkultur der Kastanie (Original; s. p. 375).

Fig. 6. Wasserkultur von *Echeveria* (Original; s. p. 375).

Man beachte die Auflösung der Blattrosette beim Seitentrieb links.

Fig. 7. Überproduktion von männlichen Geschlechtsorganen bei der Alge *Vaucheria repens* infolge verminderter Teilpressung des Sauerstoffs bei gleichzeitiger Steigerung der Temperatur. (Nach Klebs; s. p. 378.)

A. ♀ und 3 ♂, gewonnen bei 12—16° C und 124 mm Luftdruck.

B. ♀ mit 4 entleerten und 3 unreifen ♂, das achte ♂ (*f*) ist unentwickelt. Vergr. 120.

Fig. 8. Der Nachweis der Notwendigkeit der Kieselsäure für braune Süßwasserdiatomeen (Original; s. p. 379).

9 : paraffiniertes Kölbchen mit Kieselsäurezusatz.

10 : " " ohne "



Fig. 6.

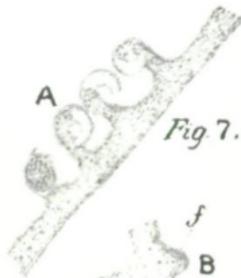


Fig. 7.



Fig. 7.

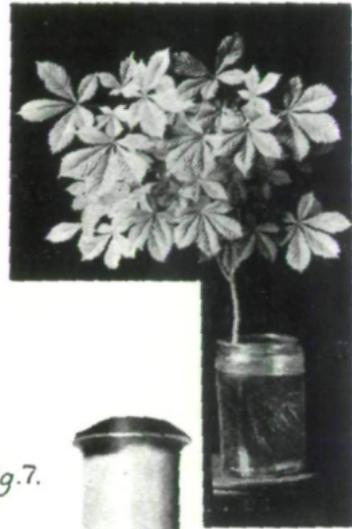
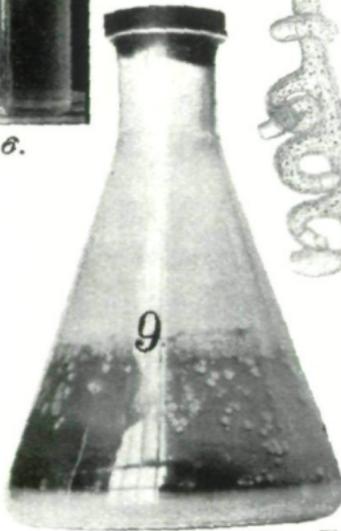
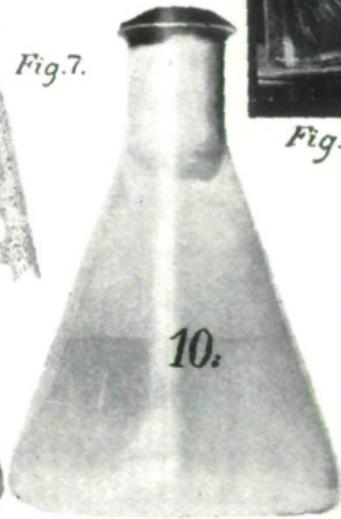


Fig. 5



9



10.

Fig. 8

Figurenerklärung. Taf. III.

- Fig. 9. Nachweis der Notwendigkeit des Natriums für eine braune Meeresdiatomee (Original; s. p. 379). Entwicklung nur in Na Cl und Na NO₃; das Na somit notwendiges Nährelement.
- Fig. 10. Wiedergabe des Verhaltens einer Meeresprotococcale in 1% Lösungen von Na₂ SO₄, Na NO₃, Mg SO₄, Ca Cl₂, Mg Cl₂, K Cl, Na Cl. (Original; s. p. 380). Die Grünalge kommt fast in allen Eprouvetten auf, in Cl Na entwickelt sie sich freilich am besten. Das Cl Na scheint daher hier lediglich als osmotischer Faktor zu wirken.
-

Taf. III.

Natriumsulfat	Natriumnitrat	Bittersalz (Magnesiumsulfat)	Kalziumchlorid	Magnesiumchlorid	Kaliumchlorid	Kochsalz (Natriumchlorid)	Stammlösung.
Na_2SO_4	NaNO_3	MgSO_4	CaCl_2	MgCl_2	KCl	NaCl	

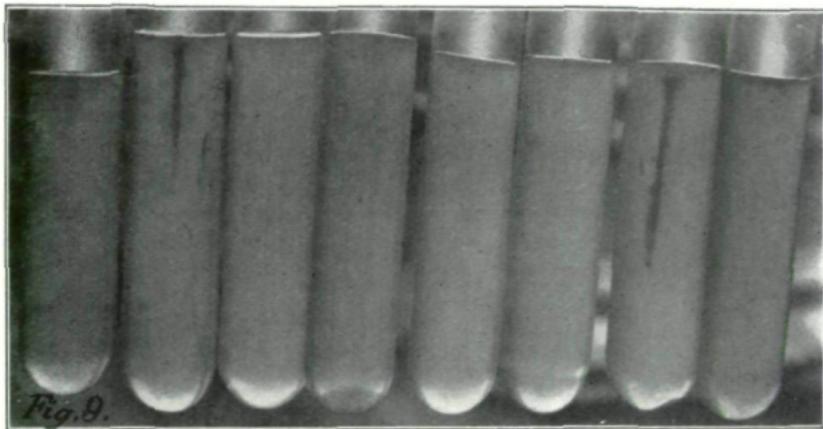


Fig. 9.

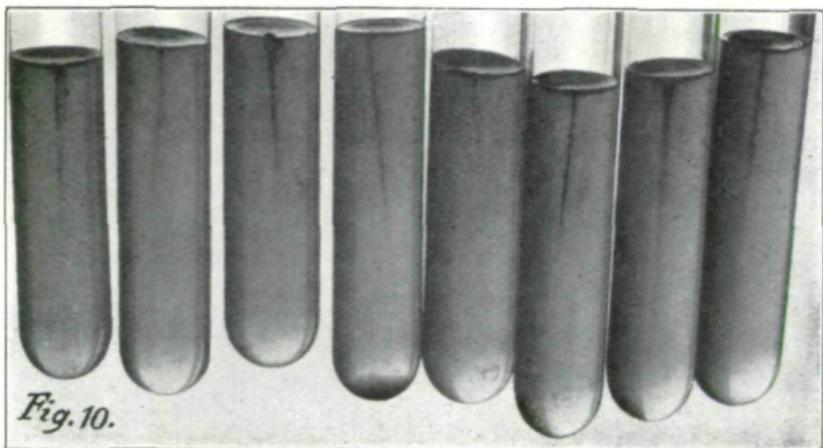


Fig. 10.

Figurenerklärung. Taf. IV.

Fig. 11 *a-c*. Darstellung des Einflusses niederer Kochsalzkonzentrationen und dadurch bedingten Na-Mangels, eventuell C- oder N-Mangels auf die Form der farblosen Meeresdiatomee *Nitzschia putrida* Benecke. (Original; s. p. 380.)

a. Nitzschiengestalt der Diatomee.

b. Gomphonemagestalt der Diatomee, hervorgerufen durch Zucht auf Na-armem Substrate (1% Cl Na etc.).

c. Plasmodium, fixiert mit 1% Osmiumsäure, gefärbt mit Anilingianaviolett (links oben der große Kern).

Fig. 12. Nachweis eines Eiweiß lösenden Fermentes bei der *Nitzschia putrida* B. durch Auflösung des Milchaseins im Hastingschen Milchagar. (Original; s. p. 385.)

Die dunkeln Zonen sind die durch die Auflösung des Kaseins durchsichtig gewordenen Partien der Milchagarplatte, die hellen Linien darin sind die Striche der weißen Diatomee. Der hellere Grund zeigt die noch unaufgelösten Milchaseinmassen im Agar. Das Bild ist vor schwarzem Hintergrunde aufgenommen.

Fig. 13 *a, b*. Darstellung des Verlaufes der durch die Tätigkeit von Diatomeen hervorgerufenen Gelatineverflüssigung. (Original; s. p. 385.)

a. Stichkulturen der braunen Diatomeen *Navicula minuscula* Grun. (links) und *Nitzschia Palea* Kütz. (rechts) in Gelatine, nach etwa 30 Tagen aufgenommen. Man sieht das allmähliche Fortschreiten der Verflüssigung der Gelatine und das Zusammensintern der Diatomeen. Überdies beachte man den wesentlichen Unterschied in der Stichform beider Diatomeen.

b. Etwa 1 Monat alte Gelatinestichkultur der *Nitzschia putrida* B. Die Diatomeen sind trichterförmig zusammengesintert.

Fig. 14. *a, b*. Darstellungen von Plattenkulturen:

a. der braunen Süßwasserdiatomee *Navicula minuscula*,

b. " " " " *Nitzschia Palea*

auf 1—1.5% Agar. (Original; s. p. 381.) Die größeren Flecke stellen Oberflächen-, die Pünktchen in *a* und die Zwickelgestalten in *b* untergetauchte Kolonien dar.

Fig. 15. *Amorphophallus Rivieri* Durieu. (Original; s. p. 390.)

Fig. 16. *Sauromatum guttatum* Schott. (Original; s. p. 390.)

Fig. 17 *a, b*. Schnitte durch die Rindenmarkstrahlen eines Zwergbäumchens von *Cryptomeria japonica* mit eigenartigen Steinzellen (Original; s. p. 391), gez. von H. J. Gicklhorn.

a. Tangential-,

b. Radialschnitt.

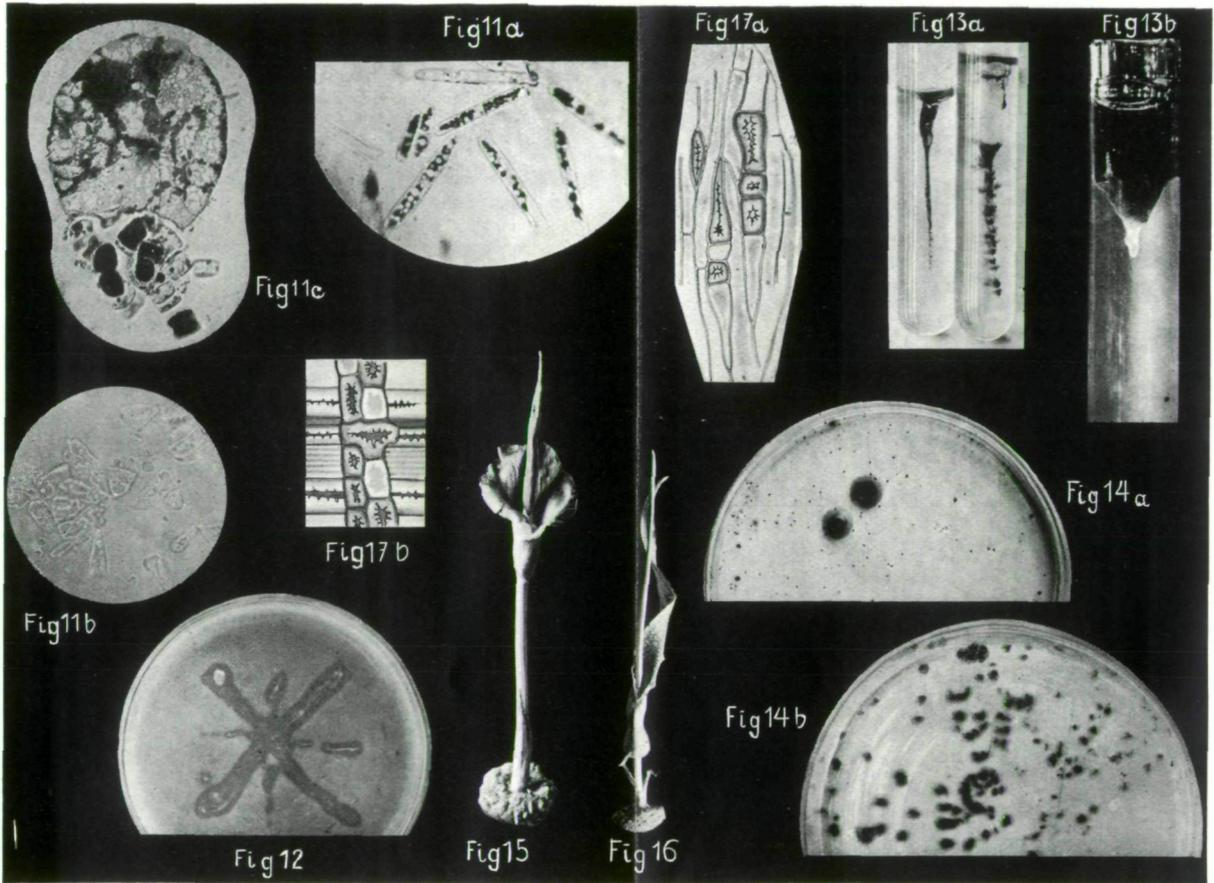




Tabelle über das Nährstoffbedürfnis der Pflanzen.

Grüne Pflanzen						Nichtgrüne Pflanzen								
Höhere grüne Pflanzen	Grünalgen		Kieselalgen = Diatomeen			Höhere nichtgrüne Pflanzen	Pilze	Bakterien						
	für <i>Stichococcus</i> etc.	für <i>Spirogyra</i> etc.	braune		farblose			für <i>Bac. fluorescens liquefaciens</i> u. <i>Bac. pyocyaneus</i>	für Nitrifikationsorganismen	für <i>Clostridium Pastorianum</i>	für <i>Bacillus pantotrophus</i>	für Purpurbakterien		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
<i>Knops Nährlösung:</i> ¹⁾ 1000 g H ₂ O (dest.) 1 " Ca (NO ₃) ₂ , salpetersaurer Kalk 0.25 " KNO ₃ , salpetersaures Kali 0.25 " KH ₂ PO ₄ , saures phosphors. Kali 0.25 " Mg SO ₄ , Bittersalz (schwefels. Magnesia) 0.02 " phosphors. Eisenoxyd	<i>Molischs Nährlösung:</i> 1000 g H ₂ O (dest.) 0.2 " KNO ₃ 0.2 " PO ₄ K ₂ H, bas. Kaliumphosphat 0.2 " Mg SO ₄ Spur Fe SO ₄ , schwefelsaures Eisen	<i>Molischs Nährlösung:</i> 1000 g H ₂ O (dest.) 0.2 " KNO ₃ 0.2 " PO ₄ K ₂ H 0.2 " Mg SO ₄ Spur Fe SO ₄	1000 g H ₂ O (dest.) 0.2 " K ₂ HPO ₄ 0.2 " KNO ₃ od. Ca (NO ₃) ₂ 0.05 " Mg SO ₄ Spur Fe SO ₄ 0.2 " Ca Si ₂ O ₅ oder Spur K ₂ Si ₂ O ₅ (kieselsaures Kalzium oder Kalium)	wie in 4 dazu noch 10 od 20 g Cl Na Natriumchlorid = Kochsalz	1000 g H ₂ O (dest.) 20 " Cl Na 1 " Leuzin 0.2 " K ₂ HPO ₄ 0.05 " Mg SO ₄ 0.2 " Ca (NO ₃) ₂ oder Ca Cl ₂ (Kalziumchlorid) Spur Fe SO ₄ 0.2 " Ca Si ₂ O ₅ oder Spur K ₂ Si ₂ O ₅	<i>Molliards Nährlösung für Kleeseide:</i> Eine mineralische Nährlösung mit 5-10% Glukose oder dtto und 1% Pepton oder 1% Asparagin	<i>Molischs Nährlösung:</i> 1000 g H ₂ O (dest.) 30 " Rohrzucker C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ 6 " NH ₄ Cl, Chlorammonium 0.5 " Mg SO ₄ 0.5 " KH ₂ PO ₄ Spur Fe SO ₄	<i>Beneckes Nährlösung:</i> 1000 g H ₂ O (dest.) 2.5 " Asparagin 0.5 " Mg SO ₄ 0.2 " K ₂ SO ₄ , Kaliumsulfat Fe (braucht nicht direkt zugegeben zu werden) ²⁾	<i>Lafarsche Nährlösung:</i> ³⁾ 1000 g H ₂ O (dest.) 2-2.5 " (NH ₄) ₂ SO ₄ , Ammoniumsulfat 1 " K ₂ HPO ₄ 0.5 " Mg SO ₄ Ca Cl ₂ , Chloralkalium-Spuren Mg (OH) ₂ · 3 Mg CO ₃ + 4 H ₂ O, basisches Magnesiumkarbonat im Überschuß	<i>Winogradskys Nährlösung:</i> 1000 g H ₂ O (dest.) 1 " K ₂ HPO ₄ 0.2 " Mg SO ₄ 0.01-0.02 " Na Cl Spur Fe SO ₄ , Mn SO ₄ 20-40 " C ₆ H ₁₂ O ₆ , Traubenzucker (Dextrose) Ca CO ₃ , Kalziumkarbonat als Kreide	<i>Kaserers Nährlösung:</i> 1000 g H ₂ O (dest.) 0.5 " K ₂ HPO ₄ 0.2 " Mg SO ₄ 1 " NH ₄ Cl 0.5 " Na HCO ₃ , Natriumbikarbonat Spur Fe ₂ Cl ₆ (Eisenchlorid) auch Formaldehyd	<i>Molischs Nährlösung:</i> 1000 g H ₂ O (dest.) 0.5 " Mg SO ₄ 0.5 " K ₂ HPO ₄ Spur Fe SO ₄ 10 " Pepton		
Die in den Nährlösungen notwendigen geborenen Nährelemente	1					C Kohlenstoff organisch geb. (o. g.)	C (o. g.)	C (o. g.)	C (o. g.)	C in anorg. Bindung	C (o. g.)	C anorg. (o. g.)	C (o. g.)	
	2	O Sauerstoff	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
	3	H Wasserstoff	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
	4	N Stickstoff	N	N	N	N	N (anorg. od. org. geb.)	N	N	N	N	N	N	N o. g., auch anorg.
	5	P Phosphor	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
	6	S Schwefel	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
	7	Ca Kalzium		Ca teilweise ersetzbar durch Sr (Strontium)	Ca	Ca	Ca	Ca		Ca?	Ca?		?	
	8	K Kalium	K	K	K	K	K	K	K ersetzbar durch Rb (Rubidium)	K	K	K	K	K
	9	Mg Magnesium	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg
	10	Fe Eisen	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe?	Fe	Fe	Fe	Fe
	11				Si Silizium	Si	Si					Na?	Na?	
	12				Na Natrium	Na	Na					Mn?		
Konzentration der Nährlösung	0.177 %	0.06 %	0.08 %	0.065 %	1.065 % od. 2.065 %	2.165 %		3.7 %	0.32 %	0.35 %	2.123 - 4.123 %	0.22 %	1.1 %	
Reaktion der Nährlösung	sauer	schwach alkalisch	schwach alkalisch	schwach alkalisch	schwach alkalisch	schwach alkalisch		schwach sauer	zweckmäßig alkalisch	schwach alkalisch	schwach alkalisch	schwach alkalisch	schwach alkalisch	

¹⁾ Nach v. Wiesner p. 225. ²⁾ Eine vorzügliche Nährlösung für Bakterien lautet: 1000 T Leitungswasser, 5g Pepton, 5g Dextrin, Spur Fleischextrakt. Die Fragezeichen bei den einzelnen Elementen bedeuten, daß man über ihre Notwendigkeit für die betreffenden Organismen noch nichts Bestimmtes weiß.

³⁾ Hergestellt im Anschlusse an die Winogradskys mit Leitungswasser.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [53](#)

Autor(en)/Author(s): Richter Oswald

Artikel/Article: [Alltägliches und Absonderliches vom Speisezettel der Pflanze. \(4 Tafeln, 1 Falttabelle.\) 363-392](#)