

- Fig. 11. Kernteilungsstadium: Diasterstadium. Nicht ganz median geschnitten. Gentianaviolett-Orange-G.
- Fig. 12. Kerne im Zustande der Degeneration nach der Teilung; 1 Anfangsstadium. Saffranin-Gentianaviolett-Orange-G.
- Fig. 13. Junge Eianlage mit Kern. Ein Nukleolus ist noch nicht deutlich sichtbar. Gentianaviolett-Eosin.
- Fig. 14. Befruchtungsfähiges Ei mit Kern. Gentianaviolett-Eosin.
- Fig. 15. Ei, in das der noch verschlossene Befruchtungsschlauch, welcher den männlichen Kern *m* enthält, hineingewachsen ist. Das Ei ist tangential geschnitten, infolgedessen ist sein Kern nicht sichtbar. Gentianaviolett-Eosin.
- Fig. 16. Teil eines Eies, in welches gerade der männliche Kern *m* aus dem geöffneten Schlauch übertritt. Gentianaviolett-Orange-G.
- Fig. 17. Ei, in welches der in der Plasmaansammlung wenig sichtbare männliche Kern *m* eingetreten ist. Das Schlauchende ist abgeschnitten. Gentianaviolett-Eosin.

Berlin NW 7, Dorotheenstraße 5, den 3. Juni 1908.

Botanisches Institut.

43. W. Palladin: Die Verbreitung der Atmungschromogene bei den Pflanzen.

(Eingegangen am 5. Juni 1908.)

Die Untersuchungen G. BERTRANDS¹⁾ zeigten, daß die Oxydasen den molekularen Sauerstoff nur auf aromatische Verbindungen bestimmter Zusammensetzung übertragen können. Da die Produkte der genannten Oxydation verschiedenartig gefärbt sind, habe ich die Atmungsoxydasen als „pigmentbildende“ Oxydasen bezeichnet. Im Anschluß daran habe ich in meiner Theorie der Atmung²⁾ die Anschauung entwickelt, daß in den Pflanzen immer ein Chromogen vorhanden sein muß, das den Sauerstoff von der Oxydase auf die zu oxydierenden Stoffe (Spaltungsprodukte der Eiweißstoffe, Kohlenhydrate und Fette) überträgt.

1) G. BERTRAND, Comptes rendus t. 122, 1896, S. 1132, Annales de chimie et de physique, 7 série, t. 12, 1897, S. 115.

2) PALLADIN, Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 55, 1908, S. 207; Diese Berichte, Bd. 26, 1908, S. 125.

Den Untersuchungen BERTRANDS zufolge sind diese Chromogene den aromatischen Verbindungen beizuzählen. Die große Bedeutung der genannten Chromogene im Atmungsprozesse der Pflanzen hat schon längst REINKE¹⁾ hervorgehoben; späterhin wurden aber die Arbeiten REINKEs nicht genügend berücksichtigt, was sich dadurch erklären läßt, daß die Verbreitung der Atmungschromogene sehr beschränkt erschien. Der Hauptzweck der vorliegenden Abhandlung ist, nachzuweisen, daß die Atmungschromogene im Pflanzenreiche sehr verbreitet sind. Nur für wenige Pflanzen läßt sich aber der Nachweis des Chromogens direkt dadurch erbringen, daß der ausgepreßte Saft sich bei Luftzutritt oxydiert und ein Pigment liefert. Als solche Objekte sind zu erwähnen: weiße Zuckerrübe, Kartoffelknollen, Keimlinge von *Vicia Faba*, Fruchtkörper von *Agaricus campestris*. Bei anderen Pflanzen (z. B. bei Weizenkeimen) kann das Chromogen erst nach erfolgter Autolyse unter sterilen Verhältnissen nachgewiesen werden. Diese Methode ist aber einerseits ziemlich umständlich, andererseits zuweilen unzureichend, da der Nachweis des Chromogens auch nach der Autolyse nicht immer gelingt. Demnach habe ich in der vorliegenden Arbeit eine andere Methode angewendet, die einen unmittelbaren Nachweis des Chromogens ermöglicht. Die zu untersuchenden Pflanzen oder Pflanzenteile wurden zerkleinert, mit Wasser versetzt und ausgekocht. Da die Oxydase durch Kochen zerstört wird, so erhält man dabei mehr oder weniger farblose Chromogenlösungen. Bei vielen Pflanzen wird jedoch das Chromogen durch die Zerkleinerung allein zu einem Pigment oxydiert; in diesen Fällen muß man in das bereits kochende Wasser größere Pflanzenstücke hineintun und zwar nicht in großer Menge, damit die Temperatur des Wassers nicht sehr stark herabgesetzt wird; die ausgekochten Pflanzen werden dann zerkleinert. Nur auf diese Weise erhält man mehr oder weniger farblose Chromogenlösungen. Um das etwa vorhandene Chromogen in ein Pigment zu oxydieren, setzte ich eine geringe Menge der nach BACH und CHODAT²⁾ aus Meerrettich dargestellten Peroxydase und ein paar Tropfen verdünnter (0,5—1,0 pCt.) Wasserstoffsperoxydlösung hinzu. In Gegenwart des Chromogens wird dann die Lösung schnell gefärbt. Die zuerst erscheinende rote Färbung (14. Ruber oder 13. Purpu-

1) REINKE, Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 6, 1882, S. 263; Botanische Zeitung, 1883, S. 65; Einleitung in die theoretische Biologie, 1901, S. 281.

2) CHODAT et BACH, Archives des sciences physiques et naturelles, 1904.

reus)¹⁾ geht schnell in eine dunkelbraune über (19. Latericius oder 20. Badius). Seltener beobachtet man eine lilaviolette Färbung (49. Lividus, 12. Atropurpureus oder 6. Fumosus), die dann ebenfalls in eine rote und schließlich in eine dunkelbraune Färbung übergeht. Durch Zusatz von 1—3 Tropfen verdünnter Essigsäure wird das Erscheinen der Rotfärbung befördert; ein Überschuß der Säure wirkt dagegen schädlich²⁾. Zusatz von Natriumcarbonat beschleunigt die Reaktion: die Lösung färbt sich dann sogleich dunkelbraun.

Die nach der beschriebenen Methode ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß die Atmungschromogene im Pflanzenreiche sehr verbreitet sind. Stark atmende Organe, wie z. B. Blüten und junge Sprosse, enthalten besonders große Mengen des Chromogens; auch Speicherorgane sind reich an Chromogen.

Die Atmungschromogene wurden von mir bisher in folgenden Pflanzen aufgefunden³⁾.

Kryptogamen.

Marchantia polymorpha. Unbedeutende Menge.

Mnium sp. Unbedeutende Menge.

Polypodium nervifolium. Oberirdisches grünes Rhizom: Sehr große Menge des roten Pigmentes, das alsdann eine schwarze Färbung annimmt.

Polypodium leiorhizon. Blätter: viel rotbraunes Pigment. Oberirdisches grünes Rhizom: sehr viel rotes Pigment; die Menge des Farbstoffes scheint jedoch geringer zu sein als bei der vorstehenden Art.

Asplenium viviparum. Blätter: rotbraunes Pigment.

Asplenium nidus. Blätter: rotbraunes Pigment.

Salvinia auriculata. Unbedeutende Menge des Pigmentes.

Selaginella Martensii. Unbedeutende Menge des Pigmentes.

Gymnospermen.

Abies nordmanniana. Blätter: wenig Pigment.

Araucaria brasiliensis. Wenig Pigment.

1) P. A. SACCARDO, Chromotaxia seu nomenclator colorum. Editio altera. Patavii. 1894.

2) G. BERTRAND, Comptes rendus, t. 145, S. 240. Annales de l'Institut Pasteur. XXI. S. 673, 1907.

3) Die Untersuchung wurde vom 8. bis zum 25. Mai ausgeführt. Der heurige kalte Frühling hat die Entwicklung der im Freien wachsenden Pflanzen bedeutend verzögert.

Biota orientalis. Viel Pigment. Die Färbung ist zunächst violett, dann rot, schließlich braun.

Cycas revoluta. Wenig Pigment.

Picea alba. Viel dunkelbraunes Pigment.

Thuja occidentalis. Viel violettes Pigment; die Färbung geht dann in eine rote und braune über.

Monokotylen.

Allium Cepa. Zwiebel: wenig Pigment; Färbung rosa.

Aloe arborescens. Wenig rotes Pigment.

Aloe soccotrina. Der Saft nimmt beim Kochen rote Färbung an. In Gegenwart der Peroxydase und des Wasserstoffsperoxyds tritt intensive dunkelrote Färbung auf. MOLISCH¹⁾ wies nach, daß sich der Saft nach dem Verweilen in Äther- oder Chloroformdampf (also bei Selbstverdauung) rot färbt, was auf eine Oxydation des Aloins zurückzuführen ist. Gegenwärtig wird Aloin als Reagens auf Peroxydase angewendet²⁾.

Canna sp. Junge Sprosse: viel rotbraunes Pigment.

Cymbidium aloefolium. Blätter: wenig Pigment.

Phoenix reclinata. Blätter: wenig Pigment.

Scilla cernua, Junge Blätter: sehr wenig Pigment.

Getrenntblumenblättrige Dikotylen.

Aconitum vulparia. Junge Blätter: viel rotbraunes Pigment.

Brassica oleracea. Blumenkohl. Wenig rosarotes Pigment. Bei der Selbstverdauung im Chloroformdampf tritt eine hellbraune Färbung auf, infolge Oxydation des Chromogens. Nach einer 10 Tage dauernden Selbstverdauung im Chloroformwasser lieferte das helle Filtrat ebenfalls eine nur schwache Farbenreaktion mit Peroxydase und Wasserstoffsperoxyd. Nach einer 2 Tage dauernden Behandlung mit 1 proz. Cyankaliumlösung wurde gar kein Pigment erhalten.

Cinnamomum Reinwardii. Alte und junge Blätter. Junge Blätter sind gelblichlila gefärbt. Viel rotbraunes Pigment. Im Beginn der Oxydation erinnert die Farbe des Pigmentes an diejenige junger Blätter.

Euphorbia Gerardiana. Junge Stengel, die noch rötlich gefärbt sind. Filtrat farblos. Viel rotbraunes Pigment.

1) MOLISCH, Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen, 1901, S. 105.

2) SCHAER, Archiv für Pharm., Band 221, S. 363, 1883.

Helleborus viridis. Junge Stengel mit Blüten. Viel rotbraunes Pigment.

Heracleum sibiricum. Junge Blätter. Viel dunkelbraunes Pigment.

Kochia trichophila. Ausgesäete Pflanzen. Wenig Pigment.

Levisticum officinale. Junge, noch gefärbte Sprosse. Viel rötlichbraunes Pigment.

Paeonia chinensis. Dunkelrote junge Sprosse. Viel rotbraunes Pigment.

Pisum sativum. Junge beblätterte Stengel. Wenig rosarotes Pigment. Die Menge des Pigmentes vergrößert sich beträchtlich bei einer Selbstverdauung.

Populus suaveolens. Männliche Blütenstände. Filtrat hellgelb. Sehr große Menge des bald schwarz werdenden Pigmentes. Bei einer Selbstverdauung im Chloroformwasser bildet sich an der Oberfläche der Flüssigkeit eine schwarze Haut, die an japanischen Lack erinnert.

Pirus Malus. Apfel. Viel braunes Pigment¹⁾.

Raphanus sativus. Junge Blätter. Wenig rotbraunes Pigment.

Rheum palmatum. Junge rotgefärbte Stengel. Sehr viel violettes Pigment, das alsdann schnell eine rotbraune Färbung annimmt. Nach der Selbstverdauung im Chloroformwasser findet man noch größere Mengen des Chromogens.

Rumex Patientia. Junge Blätter. Viel rotbraunes Pigment.

Saxifraga orbiculata. a) Alte überwinterte Blätter. Viel braunes Pigment. b) Rhizom. Die Schnittflächen färben sich schnell dunkelgelb. Nach dem Kochen findet man dagegen wenig Pigment. Es ist wahrscheinlich, daß das Pigment hauptsächlich als Glukosid abgelagert ist.

Schenkia Blumenaviana. Diese interessante Pflanze wurde schon längst von MOLISCH²⁾ beschrieben. Bei Selbstverdauung im Chloroformdampfe nimmt sie eine hochrote Färbung an, infolge Färbung des Zellsaftes. Das nach dem Kochen erhaltene Filtrat ist zwar farblos, hat aber eine schöne hellblaue Fluoreszenz. Nach der Bearbeitung mit Peroxydase und Wasserstoffsuperoxyd tritt eine schwache rote Färbung auf. Es ist wohl möglich, daß auch in dieser Pflanze das Pigment als Glukosid abgelagert ist.

Thea Bohea. Blätter. Viel rotviolettes Pigment; diese Farbe geht dann in eine braune über.

1) LINDET, Comptes rendus, t. 120, 1895, S. 370.

2) MOLISCH, Diese Berichte, 1901, S. 149.

Vicia Faba. Junge beblätterte Stengel. Viel schönes rotes Pigment, welches nach und nach braun wird und am anderen Tage bereits schwarz erscheint.

Verwachsenblumenblättrige Dikotylen.

Cynara Scolymus. Blütenstände. Viel dunkelbraunes Pigment.

Dahlia variabilis. Junge beblätterte Stengel. Viel rötlich-braunes Pigment.

Hyosciamus orientalis. Junge Pflanzen. Die Oberfläche der Blätter ist dunkelblau gefärbt. Viel rotbraunes Pigment.

Scorzonera hispanica. Wurzeln. Viel dunkelbraunes Pigment.

Serratula tinctoria. Junge Blätter. Rotbraunes Pigment.

Tanacetum vulgare. Junge Blätter. Dunkelbraunes Pigment.

Außer den oben erwähnten lebenden Pflanzen habe ich auch in folgenden, von einer Drogenhandlung bezogenen getrockneten Pflanzen Chromogene aufgefunden.

*Cortex Chinae ruber*¹⁾. Farbloses Filtrat, das sich nach Zusatz von Peroxydase und Wasserstoffsperoxyd intensiv rot färbt; nach dem Stehen bildet sich eine beträchtliche Menge des ziegelroten Niederschlags. Interessant ist es, daß die Oxydation des Chromogens auch bei Zusatz von Peroxydase allein, also ohne Mitwirkung des Wasserstoffsperoxyds erfolgt. Diese Tatsache beweist, daß Peroxydase tatsächlich ein oxydierendes Enzym ist.

Cortex Piscidiae. Braunes Pigment.

Cortex Salicis. Viel rotbraunes Pigment. Ein Zusatz von Emulsin, Peroxydase und Wasserstoffsperoxyd ruft intensivere Färbung hervor.

Flores Althaeae. Rötlichbraunes Pigment.

Flores Lamii albi. Rötlichbraunes Pigment.

Flores Tiliae. Rötlichbraunes Pigment.

Flores Viburni Opuli. Viel rotbraunes Pigment.

Folia Fraxini. Rötlichbraunes Pigment.

Folia Juglandis regiae. Viel dunkelbraunes Pigment.

Folia Patschouli. Braunes Pigment.

Herba Belladonnae. Viel rotbraunes Pigment.

Herba Ephedrae. Schönes violettes Pigment, das langsam eine rote Färbung annimmt.

Herba Equiseti majoris. Rötlichgelbes Pigment.

1) TSCHIRCH, Schweiz. Wochenschrift f. Chem. u. Pharmazie. Bd. 46, 1905, S. 501. Zitiert nach LAFAR, Technische Mykologie. Bd. I, S. 689.

Herba Ledi palustris. Viel rötlichbraunes Pigment.

Herba Polygoni avicularis. Violettes Pigment, das alsdann in ein rotbraunes übergeht,

Herba Uvae Ursi, Wenig braunes Pigment.

Herba Viburni. Ziemlich viel rötlichbraunes Pigment.

Radix Asari. Viel rotbraunes Pigment.

Radix Filicis maris pulv. Sehr viel lilaviolettes Pigment, das schnell in ein karminrotes, schließlich aber in ein rotbraunes übergeht.

Radix Jalapae. Wenig braunes Pigment.

Von den obigen Objekten sind für Vorlesungsversuche folgende besonders zu empfehlen: Keimlinge von *Vicia Faba*, grüne oberirdische Rhizome von *Polypodium nervifolium* und *P. leiorhizon*, *Radix Filicis maris*, Zweige von *Biota orientalis* oder von *Thuja occidentalis*, auch *Cortex Chinae ruber*. Diese Objekte liefern nach dem Kochen mit destilliertem Wasser schwach gefärbte oder beinahe farblose Filtrate, die sich unter Zusatz von Meerrettichperoxydase und Wasserstoffsuperoxyd schnell (mit Ausnahme von *Vicia Faba*) violett oder rot färben. Für Pigmentbildung nach 1—2tägigem Verweilen im Chloroformdampfe eignen sich sehr gut die bereits von MOLISCH beschriebenen *Aloe soccotrina* und *Schenkia blumenaviana*. Weizenkeime erzeugen ein schönes Pigment nach einer 10—15tägigen Autolyse bei Luftabschluß. Das farblose Filtrat nimmt bei Filtration unter Luftzutritt eine hochrote Färbung an.

Von den 71 untersuchten Pflanzen wurden die Atmungschromogene in 67 aufgefunden. In den übrigen 4 konnten die Chromogene nach obiger Methode nicht nachgewiesen werden. Die Pflanzen sind: *Agaricus campestris*, *Helvella esculenta*, Weizenkeime und Spargel; davon kann nur Spargel als eine Ausnahme von der allgemeinen Regel betrachtet werden, denn in den übrigen drei Objekten sind große Mengen des Chromogens enthalten, das aber durch die Meerrettichperoxydase nicht entdeckt werden kann. In Weizenkeimen kann eine Anhäufung des Chromogens nach erfolgter Autolyse wahrgenommen werden. Das Chromogen der höheren Pilze muß durch Tyrosinase oxydiert werden, wie es BOURQUELOT und BERTRAND¹⁾ hervorheben. Die von einer Oxydation der Chromogene herrührenden Pigmente²⁾ sind in Pilzen sehr verbreitet,

1) BOURQUELOT et G. BERTRAND, Journal de pharm. et de chimie (6) t. 3, S. 177, 1896; Bulletin de la société mycologique de France 1896, S. 18, 27; BOURQUELOT, ebenda 1897, S. 65; Comptes rendus de la soc. de biologie. 1896, S. 811.

2) G. ZELLNER, Chemie der höheren Pilze. 1907.

wie es bereits SCHÖNBEIN¹⁾ betont. Zu den Atmungschromogenen sind wohl auch diejenigen zu zählen, die MOLISCH²⁾ in *Lathraea Squammaria*, *Rhinanthus crista galli*, *Melampyrum nemorosum*, *M. silvaticum*, *Bartsia alpina*, *Euphrasia officinalis*, *Utricularia vulgaris*, *Galium Mollugo* und *Monotropa Hypopitys* entdeckt hatte. FAMINTZIN³⁾ hat das Chromogen in *Helianthus*-Samen gefunden.

Nach A. HANSEN sind die Nebenpigmente der Algen (Phycocyan, Phycoerithrin und Phycophäin) Atmungspigmente. „Ich möchte hier einen ganz anderen Gedanken aussprechen, nämlich, daß die Farbstoffe zwar zum Gaswechsel der Meeresalgen, aber zur Atmung in Beziehung stehen, daß sie die Bedeutung besitzen, den Sauerstoff anzuziehen, also als Atmungspigmente zu bezeichnen wären“⁴⁾. Nach PFEFFER „besitzen einzelne Bakterien, in analoger Weise wie das Blut (Hämoglobin) die Fähigkeit, ein erhebliches Quantum von Sauerstoff in der Art locker zu binden, daß die so aufgespeicherte Menge allmählich an einen sauerstofffreien Raum abgegeben wird“⁵⁾.

Die große Verbreitung der Atmungs-Chromogene ist also nach dem oben Erörterten als nachgewiesen anzusehen; die Erforschung ihrer chemischer Zusammensetzung ist künftigen Untersuchungen vorbehalten; gegenwärtig wissen wir nur, daß die Atmungschromogene aromatische Verbindungen sind. Den Arbeiten von CHODAT und STAUB⁶⁾, ABDERHALDEN und GUGGENHEIM⁷⁾ und BERTRAND⁸⁾ zufolge sind die Chromogene vieler Pilze und einiger Samenpflanzen nichts anderes als Tyrosin, oder dem Tyrosin sehr nahestehende Verbindungen.

In der lebenden Pflanze findet eine Bildung des Pigmentes nur selten statt, indem der durch Oxydase auf das Chromogen übertragene Luftsauerstoff durch Reduktase sofort wieder abgespalten

1) SCHÖNBEIN, Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. 1856. S. 339.

2) MOLISCH, Sitzungsberichte, Wiener Akademie, Abt. I, Bd. 102, S. 289, 1893.

3) FAMINTZIN, Mémoires de l'Académie de St. Petersburg. 1893.

4) A. HANSEN, Mitteilungen aus der zoologischen Station zu Neapel. 11. Bd., S. 302, 1895.

5) W. PFEFFER, Sitzung, Sächs. Gesellschaft, Sitzung vom 27. Juli 1896.

6) CHODAT et STAUB, Archives des sciences physiques et naturelles (4) t. 23, 1907, t. 24, 1908.

7) ABDERHALDEN und GUGGENHEIM, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 56, S. 331, 1908.

8) G. BERTRAND, Comptes rendus, t. 145, p. 1352, 1907, t. 146, p. 304, 1908.

und zur Bildung der Produkte des anaeroben Stoffwechsels verbraucht wird. Die Reduktase ist auch an dem anaeroben Spaltungsprozesse der Glukose in Alkohol und Kohlensäure beteiligt, wie ich es neuerdings durch Versuche an Azetondauerhefe nachgewiesen habe¹⁾. Als Reagens auf Reduktase wurde selenigsaures Natrium verwendet. Da die enzymatische Natur der Reduktase zuweilen noch bezweifelt wird, so habe ich zunächst folgenden Vorversuch ausgeführt: es wurden zwei Portionen gewöhnlichen Zymins zu je 4 g abgewogen. Die eine Portion wurde mit 100 ccm 2,5 proz. Wasserlösung des selenigsauren Natriums und ein paar Tropfen Toluol übergossen. Nach 24 Stunden hat sich eine beträchtliche Menge des reinen Selens als roter Niederschlag abgesetzt. Die andere Portion wurde mit 50 ccm destilliertem Wasser gekocht und nach dem Erkalten mit 50 ccm 5 proz. Wasserlösung des selenigsauren Natriums und ein paar Tropfen Toluol versetzt. An dieser Portion wurden im Verlauf von mehreren Tagen gar keine Veränderungen wahrgenommen. Das Zym in blieb vollkommen weiß, und es hat sich keine Spur des roten Niederschlags gebildet. Durch diesen Versuch wird die enzymatische Natur der Hefereduktase außer jeden Zweifel gestellt.

In anderen Versuchen wurden gleiche Mengen des Zymins mit gleichen Mengen einer Wasserlösung des selenigsauren Natriums übergossen. Diejenigen Portionen, denen nichts mehr beigegeben wurde, färbten sich nach 24 Stunden rot infolge Abscheidung des metallischen Selens. Andere Portionen wurden mit Glukose versetzt. Je mehr Glukose zugesetzt worden war, desto unbedeutender war die Menge des nach Ablauf von 24 Stunden abgeschiedenen metallischen Selens; bei Zusatz von beträchtlichen Glukosemengen fand keine Abscheidung des Selens nach 24 Stunden statt: erst viel später erschien ein roter Niederschlag. Durch Zuckerzugabe wird also die Reduktion des Selens verlangsamt und eventuell auch vollkommen beseitigt. Daraus ist der Schluß zu ziehen, daß Reduktase am Spaltungsprozeß der Glukose in Alkohol und Kohlensäure unmittelbar beteiligt ist und daher das selenigsaure Natrium unberührt läßt.

Behufs Lösung der Frage, ob die hemmende Wirkung der Glukose tatsächlich auf Alkoholgärung zurückzuführen ist, habe ich in einer anderen Versuchsreihe Wasserlösungen des selenigsauren Natriums mit gleichen Mengen Zym in und mit verschiedenen nicht vergärbaren organischen Stoffen versetzt: es wurden nämlich

1) PALLADIN, Zeitschrift für physiol. Chemie, LVI. S. 81, 1908.

Glyzerin, Laktose und Mannit verwendet. Die genannten Substanzen übten keine hemmende Wirkung aus: es wurden vielmehr in Gegenwart des Milchzuckers und des Mannits, allem Anschein nach, größere Mengen des metallischen Selens abgeschieden als in destilliertem Wasser, und zwar hatte dann der Niederschlag eine hochrote Färbung, die in Wasserlösungen nicht wahrzunehmen war.

Durch Zusatz von vergärbaren Stoffen wird aber die Abscheidung des metallischen Selens gehemmt. Außer der Glukose habe ich von den genannten Stoffen Saccharose und Galaktose verwendet. Die hemmende Wirkung der beiden letztgenannten Stoffe war schwächer als diejenige der Glukose. Am schwächsten war die Wirkung der Galaktose. Diese unter Anwendung des selenigsauren Natriums ausgeführten Versuche bestätigen die alte Anschauung PASTEURS, daß bei der Alkoholgärung Sauerstoffabspaltung vom Zucker stattfindet, da der Luftsauerstoff den gärungserregenden Organismen nicht zur Verfügung steht. Es wurde tatsächlich nur bei Abwesenheit der Glukose der Sauerstoff vom selenigsauren Natrium, einem weniger geeigneten Nährstoffe, durch Zymin abgespalten. Diese intrazellulare Sauerstoffumlagerung von einem Moleküle zu dem anderen ebenso wie die Sauerstoffumlagerung innerhalb eines Moleküls beweist, wie scharfsinnig der von PFEFFER¹⁾ auf Grund der Auseinandersetzungen PFLÜGERS²⁾ angewendete Ausdruck „intramolekulare Atmung“ war. Der absorbierte Luftsauerstoff muß ebenfalls einer ganzen Reihe der intrazellularen Reduktions- und Oxydationsprozesse unterliegen, bis er schließlich wieder in Verbindung mit Kohlenstoff als Kohlensäure abgeschieden wird. In meinen unter Anwendung des selenigsauren Natriums ausgeführten Versuchen wurde das Zymin bei vollem Luftzutritt belassen, doch benutzte es nicht den Luftsauerstoff, sondern denjenigen des selenigsauren Natriums. Auch lebende Hefe erzeugt Alkoholgärung bei vollem Luftzutritt³⁾. Auf den ersten Blick scheinen diese Tatsachen der PASTEURSchen Anschauung „Gärung ist Leben ohne Sauerstoff“ zu widersprechen; in Wirklichkeit sprechen aber die mit selenigsaurem Natrium und ebenso die mit lebender Hefe ausgeführten Versuche gerade zugunsten der PASTEURSchen Theorie. Die Sauerstoffabsorption wird nicht einzig und allein dadurch bedingt, daß sich der betreffende

1) PFEFFER, Landw. Jahrbücher. 1878, S. 805.

2) PFLÜGER, PFLÜGERS Archiv X. S. 251, 1875.

3) IWANOWSKI, Mémoires de l'Acad. de St. Petersburg. LXXIII. Heft 2, 1894.

Organismus in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre befindet; es bedarf noch der die Sauerstoffabsorption bewirkenden Faktoren. Wie die CO_2 -Assimilation nicht nur durch die Anwesenheit der Kohlensäure in der Luft, sondern auch durch Chlorophyll bedingt ist, ebenso sind für Sauerstoffassimilation Oxydase und Atmungschromogen unentbehrlich. In der Hefe vermochte ich aber kein Chromogen zu finden. Meine Versuche, Oxydasen in verschiedenen Hefearten nachzuweisen, ergaben im allgemeinen negative Resultate¹⁾. Auch BACH²⁾ behauptet, daß in der Hefe keine Peroxydase enthalten ist. Dieser Verfasser wies nach, daß die Tätigkeit des Zymins durch Peroxydase herabgedrückt wird. GRÜSS³⁾ konnte nur Spuren der Oxydase in der Hefe nachweisen. Die scheinbar so eigenartige Fähigkeit der Hefe, Alkoholgärung bei vollem Luftzutritt hervorzurufen, ist einfach dadurch erklärlich, daß Hefe nur über sehr unbedeutende Mengen der Oxydationsenzyme verfügt.

Der PASTEURSche Satz könnte also in folgender Weise erweitert werden: Die Gärung ist ein Leben ohne Sauerstoff, das dadurch bedingt ist, daß entweder kein Sauerstoff im umgebenden Gasmedium vorhanden ist, oder die die Sauerstoffabsorption bewirkenden Faktoren fehlen.

Mit Hilfe des selenigsauren Natriums kann man den Unterschied zwischen den typischen Gärungserregern und den aeroben Organismen scharf hervorheben. Wasserlösungen des selenigsauren Natriums werden vom Zymen sowohl bei Sauerstoffabschluß, als auch bei vollem Sauerstoffzutritt zerlegt unter Abscheidung des roten Niederschlags des metallischen Selens. Die durch Chloroform abgetöteten Weizenkeime spalten dagegen selenigsaures Natrium nur bei Sauerstoffabschluß; beim Umrühren und beim Luftzutritt findet gar keine Spaltung des selenigsauren Natriums statt; in diesem Falle erhält man nur eine dunkelbraune Lösung des oxydierten Chromogens.

Auch bei Samenpflanzen ist Alkoholgärung bei vollem Luftzutritt möglich, wie es durch unsere gemeinsam mit KOSTYTSCHEW⁴⁾ ausgeführten Versuche nachgewiesen wurde. Lebende Weizenkeime und lebende Erbsensamen bewirken eine Alkoholbildung nur

1) PALLADIN, Mémoires de l'Académie des sciences de St. Petersburg, sér. VIII, t. 20, No. 5, S. 60, 1907.

2) A. BACH, Chemische Berichte 1906, S. 1664.

3) GRÜSS, Wochenschrift f. Brauerei 1899, S. 522, 1901, S. 310.

4) PALLADIN und KOSTYTSCHEW, Zeitschrift f. physiologische Chemie, Bd. 48, S. 214, 1906.

bei Sauerstoffabschluß. Durch Abtöten der genannten Objekte mittels niedrigerer Temperatur wird aber ein noch nicht näher zu präzisierender Zusammenhang zwischen den aeroben und den anaeroben Prozessen gestört; infolgedessen findet Alkoholbildung bei vollem Luftzutritt statt, obschon in den genannten Objekten eine große Menge der Peroxydase enthalten ist.

St. Petersburg, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

44. W. Palladin: Über die Bildung der Atmungs- chromogene in den Pflanzen.

(Eingegangen am 5. Juni 1908.)

Nachdem ich in der vorstehenden Arbeit¹⁾ die große Verbreitung der Atmungschromogene im Pflanzenreiche dargetan habe, ist es notwendig geworden, die Bedingungen der Bildung und die chemische Struktur der Chromogene näher zu untersuchen. BORODIN²⁾ hat nachgewiesen, daß Kohlenhydrate für die Atmung der Pflanzen unentbehrlich sind. Die Auseinandersetzungen KOSTYTSCHEWS³⁾ zeigen ebenfalls, daß man gegenwärtig die Anschauung nicht mehr aufrecht halten kann, daß nur Eiweißstoffe als Atmungsmaterial dienen und daß Kohlenhydrate nur für die Regeneration der Eiweißstoffe aus deren Spaltungsprodukten verwendet werden. So habe ich⁴⁾ z. B. bereits vor einigen Jahren nachgewiesen, daß die Eiweißstoffe für die Atmung unzureichend sind, wie groß auch deren Menge sein mag. Etiolierte Blätter von *Vicia Faba* enthalten große Mengen der Eiweißstoffe, aber keine Kohlenhydrate und atmen schwach. Nach der Ernährung mit Saccharose vergrößert sich aber die Atmungsenergie der Bohnenblätter in ganz auffallender Weise. Da nun der Atmungsprozeß

1) PALLADIN, Diese Berichte, 1908, S. 378.

2) BORODIN, Physiologische Untersuchungen über die Atmung beblätterter Sprosse, St. Petersburg 1876 (russisch).

3) KOSTYTSCHEW, Untersuchungen über die anaerobe Atmung der Pflanzen, St. Petersburg 1907 (russisch).

4) PALLADIN, Revue générale de botanique t. 5, p. 448, 1893.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [26a](#)

Autor(en)/Author(s): Palladin Wladimir Iwanowitsch

Artikel/Article: [Die Verbreitung der Atmungschromogene bei den Pflanzen. 378-389](#)