

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Entstehung
des Carotins
und
auf die Zersetzung der Enzyme
von
F. A. F. C. WENT.

In einer vorläufigen Mittheilung ¹⁾ habe ich erwähnt, dass *Monilia sitophila* (Mont.) Sacc. im Dunklen gezogen farblos ist, dass der Pilz dagegen im Lichte orangefarbig wird. Hier möchte ich etwas näher auf diese Sache eingehen, welche auf den ersten Blick ziemlich vereinzelt zu sein scheint; mir sind wenigstens keine Fälle bekannt, wo Pilze im Dunklen eine andere Farbe annehmen, als wenn dieselben während einiger Zeit belichtet werden.

Wenn man *Monilia sitophila* in einem dunklen Raume zieht, z. B. in einem Thermostaten, so bleibt der Pilz farblos. Nur kann sich in vielen Fällen das Substrat dunkel färben. Wie ich früher nachwies ²⁾, bildet *Monilia* ein proteolytisches Enzym und daneben Tyrosinase. Befindet sich im Nährboden irgend ein Eiweissstoff, so wird der selbe gespalten, dabei entsteht Tyrosin, und dieses wird wieder oxydirt, wobei die bekannte dunkelbraune Farbe der Homogentisinsäure auftritt.

1) Zittingsverslag der Kon. Akademie v. Wetenschappen Afd. Wis- en Natuurkunde. Amsterdam. 26 Januari 1901.

2) Ueber den Einfluss der Nahrung auf die Enzybildung durch *Monilia sitophila* (Mont.) Sacc. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVI 1901. p. 611.

Wenn man unseren Pilz also z. B. auf gedämpftem Reis kultivirt, wird letzterer bald grau und später braun bis braunschwarz. Das wird aber einigermassen verdeckt wenn das Luftmycel und die Conidiën die hellorange Farbe besitzen welche sie unter dem Einfluss des Lichtes erhalten. In Dunkelkulturen tritt deshalb die braune Färbung des Nährsubstrats mehr hervor; dieselbe wurde hier aber nur nebenbei erwähnt, und kann weiter unerörtert bleiben.

Wird eine Dunkelkultur in diffuses Tageslicht gestellt, so sieht man nach etwa 8 oder 4 Stunden eine hellrosa Farbe auftreten im Mycel, welche allmählich dunkler wird und zuletzt in intensiv orange übergeht. Hat man die Kulturen vor einem Fenster gestellt, sodass die eine Seite stärker belichtet wird, so fängt die Färbung des Mycels auch hier zuerst an. Vergleichsweise wurden z. B. 2 Glasdosen mit gedämpftem Reis und 2 mit Arachissamen mit *Monilia sitophila* geimpft, je eine dunkelgestellt, die andere Tags über dem diffusen Tageslichte ausgesetzt. Nach 8 Tagen waren die Dunkelkulturen farblos, die Lichtkulturen dunkelorange; Erstere wurden dann ebenfalls der Wirkung des diffusen Tageslichtes ausgesetzt und fingen nach 4 Stunden an sich hellrosa zu färben. Nach 48 Stunden war die Farbe von allen vier Kulturen vollkommen gleich geworden, wenigstens dem Augenschein nach nicht zu unterscheiden.

Es fragte sich jetzt ob sich der Einfluss des Lichtes auf die Entstehung des Farbstoffes augenblicklich geltend macht, oder ob eine gewisse Schwelle überschritten werden muss. Darum wurden 8 Glasdosen beschickt mit 10 Proz. Arrowrootstärke in Wasser, welches 0.5 Proz. Salpeter, 0.1 Proz. phosphorsaures Kalium und 0.05 Proz. schwefelsaures Magnesium enthielt. Nach der Sterilisation wurde geimpft mit *Monilia sitophila* und alles in den Dunkelschrank gestellt. Als die Kulturen 6 Tage alt geworden waren, wurde eine Kontrolldose im Dunkelschrank belassen, diese blieb farblos.

Vier andere Dosen wurden der Einwirkung diffusen Tageslichts in der Nähe eines Nordfensters (Mitte December) ausgesetzt und zwar, während je 1, 5, 15 und 30 Minuten und dann wieder dunkelgestellt; eine Dose wurde 6 Stunden lang belichtet; zwei Dosen wurden der Einwirkung farbigen Lichtes unterworfen, indem sie unter Sachs'sche Doppel-Glocken gestellt wurden, deren Eine eine Lösung von doppeltchromsaurem Kalium, die Andere eine Lösung von Kupferoxyd-Ammoniak enthielt.

Es stellte sich nun heraus, dass die Kalumbichromatlösung alle wirksamen Strahlen zurückhielt und die Kultur darunter also farblos blieb; dasselbe war der Fall mit der Kultur welche nur während einer Minute dem diffusen Lichte ausgesetzt war, und wahrscheinlich auch mit der 5 Minuten lang belichteten Kultur, wiewohl im letztgenannten Falle ein zweifelhafter Anflug von Rosa nach 3 Stunden sichtbar war, welcher indessen auch nach 48 Stunden nicht dunkler geworden war. Der Pilz, welcher während 15 Minuten im diffusen Tageslichte gestanden hatte, war drei Stunden später kaum rosafarbig, nach 24 Stunden war die Farbe deutlich hellrosa geworden und 48 Stunden später weiter unverändert geblieben. Bei halbstündiger Einwirkung des Lichtes war die Kultur nach 3 Stunden rosafarbig, nach 24 Stunden hell orangeroth; dieser Farbenton war nach weiteren 24 Stunden unverändert geblieben. Endlich verhielten sich die Kulturen, welche so lange es Tag war dem weissen oder blauvioletten Lichte ausgesetzt waren (also während 6 Stunden) vollkommen gleich; nach 3 Stunden waren sie rosafarbig, am folgenden Morgen hellorangeroth und nach weiteren 6 Stunden Einwirkung des diffusen Lichtes dunkelorange. Wie oben erwähnt fängt die Färbung immer mit hellrosa an, welches allmählig in dunkelorange übergeht; das scheinen nur Gradirungen eines und desselben Pigmentes zu sein.

Bevor ich zur Discussion des hier mitgetheilten über-

gehe, möchte ich noch eine Versuchsreihe erwähnen. Der Pilz wurde jetzt kultivirt auf gedämpftem Reis, Klebreis und Brot in Glasdosen, welche in 4 Gruppen getheilt waren. Die eine Gruppe stand im Dunkelschrank, die anderen unter Sachs'sche Doppelglocken, und zwar eine mit doppelt-chromsaurer Kalilösung, eine mit Kupferoxydammoniaklösung und eine mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin. Die drei letztgenannten waren täglich dem diffusen Tageslichte (im März) ausgesetzt an einem Nordfenster des Instituts. Der Versuch dauerte vier Wochen; nach dieser Zeit stellte sich heraus, dass die Dunkelkultur ebenso wie diejenige im rothen Lichte farblos war, während die beiden Anderen dunkelorange gefärbt waren.

Es hat sich also ergeben, dass für die Bildung des Farbstoffes eine Einwirkung des Lichtes auf den Pilz eine absolute Nothwendigkeit ist. Schon eine sehr kurze Belichtung durch diffuses Tageslicht genügt dazu; vielleicht schon 5 Minuten, jedenfalls 15 Minuten Lichteinwirkung ist Veranlassung zur Bildung von soviel Farbstoff, dass derselbe dem Auge sichtbar wird. Die Farbstoffbildung erfolgt erst allmählich, sodass sie erst einige Zeit nachdem die Belichtung aufgehört sichtbar wird. Wenn das Licht länger auf den Pilz einwirkt häuft sich die Wirkung und es wird mehr und mehr Farbstoff gebildet. Es hat den Anschein, als wenn das Licht hier auslösend auf die Farbstoffbildung wirkt. Eine genauere Bestimmung durch photometrische Untersuchungen der Lichtschwelle, welche eben noch Farbstoffbildung anregt, hatte vorläufig keinen Sinn, da die Taxirung der Farbe nach dem Aussehen des Pilzes natürlich ziemlich roh ist, und eine genauere Bestimmung sich augenblicklich nicht machen lässt, wie wir bald sehen werden.

Weiter hat sich herausgestellt, das die rothen, orangen und gelben Strahlen wirkungslos sind, dass es dagegen die stärker brechbaren Strahlen sind, welche den Reiz geben

zur Bildung des Farbstoffs. Der Versuch mit der schwefelsauren Chininlösung beweist, dass es jedenfalls nicht allein die ultravioletten Strahlen sind, denen diese Wirkung zukommt, sondern auch oder ausschliesslich die sichtbaren Strahlen mit kleiner Wellenlänge.

Nach den jüngsten Untersuchungen von Molisch ¹⁾, Fräulein Tammes ²⁾ und Kohl ³⁾ ist das Carotin eine sehr allgemein im Pflanzenkörper verbreitete Substanz und es war mir deshalb nicht unwahrscheinlich, dass der orange Farbstoff von *Monilia sitophila* nichts anderes ist als Carotin. Die nähere Untersuchung ergab die Richtigkeit dieser Voraussetzung; mit Hülfe der Methoden in den ebengenannten Arbeiten beschrieben, lässt sich das Carotin leicht nachweisen. Besonders die Kalimethode ergab gute Resultate; es bildeten sich schöne Carotinkristalle, theilweise zu Aggregaten vereinigt. Mit Hülfe der Säüremethode gelang der Nachweis ebenfalls, wenn auch wehiger gut. Von mikrochemischen Reactionen wurde z. B. ausprobirt das Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure, concentrirte Salpetersäure und Jodjodkalium, welches den Angaben gemäss war.

Wie das Carotin hier im Cytoplasma vertheilt vorkommt, lässt sich schwer entscheiden, weil man bei etwas stärkeren Vergrösserungen meist wenig mehr von der Farbe sieht. Immerhin sieht die ganze Zelle auch dann gleichmässig pigmentirt aus, sodass das Carotin jedenfalls in sehr feiner Vertheilung vorhanden ist. Es macht den Eindruck als wenn es in sehr feinen Tropfen (vielleicht in irgend ein Fett gelöst) vorkommt. Bisweilen sieht man es in ein-

1) H. Molisch. Die Krystallisation und der Nachweis des Xanthophylls (Carotins) im Blatte. Ber. d. Deutschen Bot. Gesellsch. Bd. XIV. 1896. p. 18.

2) T. Tammes. Ueber die Verbreitung des Carotins im Pflanzenreiche. Flora. Bd. 87. 1900. p. 205.

3) F. G. Kohl. Untersuchungen über das Carotin und seine Physiologische Bedeutung in der Pflanze. Leipzig. 1902.

zernen Zellen in grösseren Tropfen, wobei dahingestellt sein mag, ob dies ein normales Verhalten ist.

Eine grössere Pilzmasse wurde makrochemisch auf Carotin untersucht; es stellte sich heraus, dass der orange Farbstoff unlöslich ist in Wasser, verdünnter Essigsäure und Salzsäure, dagegen löslich in absolutem Alkohol, Methylalkohol, Aether, Petroleumäther, Chloroform, Benzol, Toluol, Xylol und Terpentinöl, also vollkommen das Verhalten des Carotins. Die Lösung in Aether hat eine goldgelbe bis braunrothe Farbe und zeigt eine schwachgrünlche Fluorescenz; dieselbe entspricht den Angaben Kohl's nicht. Indessen erhält man aus dem Pilz auch keine reine Carotinlösung, es werden jedenfalls noch eine Anzahl anderer Substanzen gelöst und die Carotinmenge ist zu gering um hier eine reine Lösung leicht herzustellen. Es müssten dazu enorme Mengen des Pilzes verarbeitet werden, was keinen Zweck hätte, wo die Identität des Farbstoffes mit Carotin genügend feststeht. Eben deshalb wird es auch schwer sein eine genaue quantitative Carotinbestimmung auszuführen, besonders in Fällen wo der Pilz dem Auge farblos erscheint. Spektroskopisch wurde festgestellt, dass die Lösung ein Absorptionsband besitzt, welches den ganzen blauen und violetten Theil des Spektrums umfasst, ungefähr von $\lambda = 0.5 \mu$ an; wegen der Unreinheit der Lösung wurde von weiteren, genaueren Bestimmungen abgesehen.

Wir haben hier also einen Fall, wo Carotin bei einer Pflanze nur gebildet wird unter dem Einfluss des Lichtes und zwar von denjenigen Strahlen, welche das Carotin selbst absorbirt. So ganz vereinzelt steht dieser Fall übrigens nicht. Wenn wir zwar noch in der jüngsten Arbeit über das Carotin lesen ¹⁾: „Alle im Finstern bei geeigneter Temperatur erwachsenen Phanerogamen, Pteridophyten und Bryophyten (die Algen müssen darauf noch unter-

1) Kohl. I. c. p. 82.

„sucht werden) enthalten, soweit unsere Untersuchungen „bis jetzt reichen, Carotin. Das Carotin wird also ohne jede „Mitwirkung von Licht in der Pflanze erzeugt“, so war aber anderseits schon bekannt, dass die Carotinbildung durch das Licht begünstigt wird. Elfving war der Erste, welcher die Thatsache ermittelte ¹⁾, dass bei etiolirten Pflanzen das Carotin (Etiolin Elfving's) sich im Lichte vermehrt, wenn die Chlorophyllbildung durch Erniedrigung der Temperatur unterdrückt wird. Ob sich dabei die Meinung Elfving's halten wird, dass nur die schwächer brechbaren Strahlen in Stande sind, die gelbe Färbung hervorzurufen, scheint mir, angesichts der von mir oben mitgetheilten Versuche fraglich und jedenfalls einer Nachprüfung bedürftig. Wiesner ²⁾ war zu einem entgegengesetzten Resultate gekommen, während Kohl ³⁾ die Angaben Elfving's bestätigte und erweiterte. Auf eine Discussion will ich hier nicht eingehen, besonders da Kohl dieselbe ausführlich gegeben hat. Soviel scheint mir indessen aus den Versuchen Kohl's mit Sicherheit hervorzugehen, dass bei etiolirten Keimpflanzen das Carotin bei Belichtung zunimmt, und zwar sowohl bei niederer als bei höherer Temperatur. Wir hätten also in *Monilia sitophila* nur einen extremen Fall, wo die Carotinbildung im Dunklen ganz unterdrückt ist.

Es lässt sich ein gewisser Paralellismus zwischen Chlorophyll und Carotin nicht verkennen. Beide können im Dunklen entstehen, das Licht ist also zu ihrer Bildung keine unerlässliche Bedingung, aber für beide Substanzen gibt es Fälle, wo eine Pflanze den Farbstoff nur dann producirt, wenn sie während einiger Zeit belichtet wird. Aber während diese Fälle beim Carotin selten sind, bilden sie

1) Fr. Elfving. Ueber eine Beziehung zwischen Licht und Etiolin. *Arbeiten des bot. Instituts zu Würzburg* II. 1880. p. 495.

2) J. Wiesner. *Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze*. Wien 1877 und in *Oesterr. Botan. Zeitschrift*. Bd. 27. 1877.

3) Kohl. l. c. p. 85. flgd.

beim Chlorophyll die Mehrzahl. Während aber dort in allen sichtbaren Strahlen des Spectrums Ergrün eintritt (wiewohl vielleicht in erhöhtem Maasse in den Strahlen zwischen B und D), so wird Carotin nur gebildet bei Beleuchtung mit denjenigen Strahlen, welche es selbst absorbirt.

Es fragt sich jetzt ob diese Carotinbildung unter dem Einfluss des Lichtes irgend eine Bedeutung für *Monilia sitophila* hat. Dabei wird man wohl wissen müssen, was der natürliche Standort des Pilzes ist. Früher ¹⁾ habe ich schon angegeben, dass derselbe technisch benutzt wird auf Java, um Arachissamenkuchen besser verzehrbar zu machen, dass er aber ausserdem wild angetroffen wurde in Frankreich (auf Brotteig und Weizenmehl) und einmal auf Zuckerrohrblattscheiden auf Java. Seit der Zeit ist ein interessantes Vorkommen gemeldet worden von Vorderman. ²⁾ Derselbe besuchte eine Woche nach dem grossen Ausbruch in 1901 des Vulkanes Klut auf Java die früheren Kaffee-anpflanzungen, welche von der heissen Asche getötet waren und fand hier sowohl die Stämme der Kaffeebäume als diejenigen der Schattenbäume (*Erythrina*) ganz orange-farbig durch massenhaftes Auftreten von *Monilia sitophila*. Hier hatte sich der Pilz also im hellen Sonnenschein ausgezeichnet entwickelt. Etwas später fand ich *Monilia sitophila* in Surinam (wo er übrigens auch technisch verwendet wird von den Indianern, welche ihre Kuchen von Cassavemehl — *Manihot utilissima* — damit verzuckern, um daraus ein gährendes Getränk zu bereiten,) wild auf einem abgehauenen Palmenstamm — von *Oreodoxa regia* — der eine ganz orange Farbe davon angenommen hatte. Wie-wohl man also bis jetzt noch wenig von der Verbreitung

1) Centralblatt für Bacteriologie 2^e Abth. Bd. VII. 1901. p. 547.

2) A. G. Vorderman. De oranje Ontjom schimmel (*Monilia sitophila* Mont.) en hare verschijning als eerste vegetatie op de aschvelden van den Kloet. Teysmannia 12. 1901. p. 274.

des Pilzes weiss, geht aus dem Hiergesagten jedenfalls wohl soviel hervor, dass er wahrscheinlich über einen grossen Theil der Erdoberfläche vorkommt und dass er sich ausgezeichnet im Lichte und selbst in der vollen tropischen Sonne entwickeln kann.

Wenn man nun bedenkt, dass diese der Sonne ausgesetzten Zellen Carotin enthalten, welches gleichmässig vertheilt im Cytoplasma liegt, und dass dadurch jedenfalls ein Theil der Strahlen mit kleiner Wellenlänge absorbirt werden, sodass der grösste Theil des Zellinhaltes einer mehr oder weniger rothen oder orangen Belichtung unterworfen ist, dann muss man sich abfragen, welche Consequenzen sich daraus für die Zelle ergeben. Eine dieser Consequenzen möchte ich hier näher erörtern, dass nämlich die Enzyme mehr oder weniger geschützt sind gegen Zersetzung durch das Licht. Ich sehe hier dabei ab von jeder anderen Bedeutung die dem Carotin hier zukommen kann, z. B. von seiner event. Reservestoffnatur, welche ja von Zopf behauptet wird.

In einer früheren Abhandlung habe ich gezeigt, dass der Pilz mindestens zehn verschiedene Enzyme bilden kann ¹⁾ wenn auch nicht alle bei jeglicher Nahrung. Nun war es eine längst bekannte Thatsache, dass das Licht einen schädlichen Einfluss auf Enzyme ausüben kann. Das wurde z. B. für Invertase festgestellt von Duclaux ²⁾ und Fernbach ³⁾, für das Labenzym von Duclaux, für verschiedene Diastasen von Green ⁴⁾.

Ich habe nun in dieser Hinsicht die vom Pilze in grosser

1) Ueber den Einfluss der Nahrung auf die Enzymbildung durch *Monilia sitophila* (Mont.) Sacc. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVI. 1901. p 611.

2) E. Duclaux. *Traité de Microbiologie*. T. II. Paris 1899. p. 222, 223.

3) Fernbach. *Sur le dosage de la Sucrase*. *Annales de l'Institut Pasteur*. T. III. 1889. p 473.

4) J. Reynolds Green. *On the Action of Light on Diastase, and its Biological Significance*. Phil. Transact. of the Royal Society. London. B. 1897. Vol. 188. p. 167.

Menge abgeschiedene Maltoglucase untersucht, also das Enzym welches die Hydrolyse der Maltose zu Glucose beschleunigt. Nachdem schon ein Paar vorläufige Versuche gezeigt hatten, dass Maltoglucase im Lichte zersetzt wird, wurde folgendermassen verfahren.

Es wurde eine Kultur von *Monilia sitophila* gemacht in einer 5 Proz. Maltoselösung, welche außerdem 0.5 Proz. schwefelsaures Ammon und die nötigen anorganischen Nährsalze enthielt. 15 Tage nach der Impfung wurde die Kulturflüssigkeit vom Pilze abfiltriert; 50 Ccm. hiervon wurden mit der gleichen Menge 10 Proz. Maltoselösung gemischt und polarisiert, darauf mit etwas Toluol versetzt (zum Abhalten von Bakterien und Pilzen) in den Brutofen bei 30° C. hingestellt und 24 Stunden später wieder polarisiert. Die Maltoglucase hatte während dieser Zeit soviel Maltose hydrolysiert, dass die Rechtsdrehung 3.99° kleiner geworden war. Von dem übriggebliebenen Filtrat wurden je 60 Ccm. in 4 Kolben vertheilt, mit Toluol versetzt und unter Sachs'sche Glocken gestellt und zwar *a* mit Wasser, *b* mit Kaliumbichromatlösung, *c* mit Kupferoxydammoniaklösung, während *d* unter einem dunklen Rezipienten kam. Die drei erstgenannten Kolben wurden dem Lichte ausgesetzt während 10 Tage (Ende Mai), wobei sie an 5 Tagen während etwa vier Stunden vom directen Sonnenlichte beschienen wurden, übrigens vom diffusen Südlichte. Es wurde darauf geachtet, dass die Temperatur der Enzymlösungen nicht merklich verschieden war. Darauf wurden wieder je 50 Ccm. mit der gleichen Menge 10 Proz. Maltoselösung gemischt, polarisiert, bei 30° C. im Dunklen hingestellt und 24 Stunden später wieder polarisiert. Jetzt wurde gefunden für die Abnahme der Rechtsdrehung bei

| | | | |
|----------|-------|---|------|
| <i>a</i> | 1.45° | also in Proz. der ursprünglichen Drehungsänderung | 36.3 |
| <i>b</i> | 3.75° | " | 94.0 |
| <i>c</i> | 2.87° | " | 71.9 |
| <i>d</i> | 3.90° | " | 97.7 |

Das Resultat war ganz klar. Im Dunklen war die Enzymmenge fast unverändert geblieben; auch im rothen und orangen Lichte war kaum eine Abnahme zu constatiiren, dagegen waren im weissen Lichte fast zwei Drittel des Enzyms vernichtet (aus meinen früheren Versuchen hatte sich herausgestellt, dass man in den angegebenen Versuchsbedingungen die Drehungsänderung der Enzymmenge proportional setzen darf) und im blauen und violetten Lichte war ebenfalls viel Enzym verschwunden, zwar nicht soviel wie im weissen Lichte, das war aber offenbar der geringen Lichtmenge welche durch die Sachssche Glocke hindurchging zuzuschreiben.

Ein zweiter Versuch bestätigte das hier erhaltene Resultat. Die Pilzkultur wurde in derselben Art hergestellt, nur wurde jetzt eine 10 Proz. Maltoselösung benutzt, und wurde 14 Tage nach dér Impfung abfiltrirt. 50 Ccm. wurden wieder mit der gleichen Menge 10 Proz. Maltoselösung versetzt, polarisirt, darauf etwas Toluol zugegeben, im Dunklen bei 30° C. hingestellt und 24 Stunden später wieder polarisirt. Die Abnahme der Rechtsdrehung betrug 2.15°. Die übrige Menge des Filtrates wurde mit Toluol versetzt in 3 Kolben vertheilt, welche je 90 Ccm. erhielten und zwei davon darauf dem diffusen Tageslichte (an einem Nordfenster im März) ausgesetzt, und zwar *a* Licht, welches nur eine Wasserschicht passirt hatte, *b* Licht welches durch eine Kaliumbichromatlösung gegangen war. Der dritte Kolben *c* endlich diente als Kontrolle und wurde im Finstern aufgestellt. Nach 8 Tagen wurden von jedem Kolben wieder 50 Ccm. mit der gleichen Menge 10 Proz. Maltoselösung gemischt, polarisirt, bei 30° C. hingestellt und 25 Stunden später wieder polarisirt. Die Rechtsdrehung war in allen Fällen geringer geworden und zwar bei

a um 1.37° also in Proz. der ursprünglichen Drehungs-änderung 63.7

b " 1.74° " " " " " " " 80.9

c " 1.74° " " " " " " " 80.9

Die Enzymmenge hatte also in allen Fällen abgenommen, aber im Lichte bedeutend stärker als im Finstern. Die weniger brechbaren Strahlen des Spectrums sind dabei offenbar unwirksam, sodass die Kalumbichromatlösung hier einen volkommenen Lichtschutz dargestellt hatte. Die Veränderung des Enzyms im Finstern wies auf irgend einen schädlichen Einfluss in der Flüssigkeit selbst, aber die vollkommene Gleichheit von *b* und *c* zeigte genügend, das die rothen und orangefarbigen Strahlen das Enzym nicht vernichten.

Die Kalumbichromatlösung absorbirt nun aber gerade diejenigen Strahlen welche auch vom Carotin zurückgehalten werden, und es darf deshalb gefolgert werden, dass das Carotin bei *Monilia sitophila* die Enzyme (oder wenigstens gewisse Enzyme) schützt gegen die zerstörende Wirkung des Sonnenlichtes und des diffusen Tageslichtes, und im Zusammenhang damit ist es jedenfalls sehr bemerkenswerth, dass das Carotin hier nur gebildet wird bei Belichtung.

Die hier mitgetheilten Versuche stehen in gutem Ein klang mit der Arbeit Green's, die ich oben schon kurz erwähnte. Derselbe fand, dass Licht auf die Dauer schädigend wirkt auf Diastase, während bestimmte Lichtstrahlen während kurzer Zeit Diastase activiren können. Die stärker brechbaren Strahlen des Spectrums sind immer schädlich, dagegen können die rothen einen günstigen Effect haben. Besonders die ultravioletten Strahlen bewirken eine sehr schnelle Tötung des Enzyms. Also auch hier sind diejenigen Strahlen welche von Carotin absorbirt werden schädlich, während die durchgelassenen der Hauptsache nach unschädlich sind oder günstig auf die Diastase einwirken. Bei der Untersuchung Green's wurden viel mehr verschiedene Theile des Spectrums gesondert untersucht, als ich das gethan habe. Das war aber für meinen Zweck überflüssig; es war doch eben nur die Frage ob das Carotin ein wirksamer Schutz gegen Enzymzersetzung (wahrschein-

lich nach Fernbach eine Oxydirung) durch das Licht sein kann.

Veranlassung zu der Arbeit Green's war eine Beobachtung von Brown und Morris ¹⁾, dass bei verschiedenen Pflanzen die Diastasemenge der Blätter im Verlauf des Tages wechselt, und zwar Morgens früh grösser ist wie Abends wenn die Blätter einen Tag lang belichtet worden sind. Green erhielt dasselbe Resultat bei der Untersuchung von *Phaseolus vulgaris*, und er konnte dabei feststellen, dass die Ursache hier gesucht werden muss in dem zerstörenden Einfluss den das Licht auf die Diastase ausübt. Blatt-hälften welche verdunkelt wurden, enthielten mehr Diastase als die belichtete andere Hälfte. Dann ergab sich aber auch, dass die Vernichtung der Diastase durch das Licht im lebenden Blatte viel weniger energisch vor sich geht als in einer Diastaselösung und Green wirft deshalb auch die Frage auf, wie das zu erklären sei, ob vielleicht bestimmte Substanzen des Pflanzenkörpers die schädlichen Lichtstrahlen absorbiren. Dabei wird hauptsächlich der rothe Farbstoff Anthocyan im Betracht gezogen, wobei Green anknüpft an der bekannten Abhandlung Pick's, ²⁾ worin die Hypothese ausgesprochen wird, dass bestimmte Lichtstrahlen die Translocation der Stärke verhindern, und dass das Anthocyan das Blatt gegen diese Lichtstrahlen schützt. Green glaubt nun dass das Anthocyan eben diejenigen Lichtstrahlen absorbirt, welche die Diastase schädigen können. Eine ähnliche Meinung ist vor kurzem ausgesprochen worden von Koning und Heinsius. ³⁾ Ich möchte hier

1) Horace T. Brown and G. H. Morris. A Contribution to the Chemistry and Physiology of Foliage Leaves. *Journal of the Chemical Society*. May 1893.

2) H. Pick. Ueber die Bedeutung des rothen Farbstoffs bei den Phanerogamen und die Beziehungen desselben zur Stärkewanderung. *Bot. Centralbl.* 1883. Bd. XVI. p. 211.

3) C. J. Koning en H. W. Heinsius. De beteekenis en het ontstaan

zu der Anthocyanfrage keine Stellung nehmen, nur kann ja soviel gesagt werden, dass wenn diese Substanz überhaupt die Enzyme gegen Lichtzersetzung schützt das doch wohl wegen des immerhin beschränkten Vorkommens nur in ganz bestimmten Zellen der Fall sein kann.

Die Erklärung der Greenschen Versuche möchte ich darin suchen, dass auch in den Blättern von Phaseolus das Carotin die Zersetzung der Enzyme durch das Licht mehr oder weniger verhindert. Zwar findet sich das Carotin dort nur in den Chlorophyllkörnern, sodass jedenfalls Theile der Zelle dem zerstörenden Einfluss des Lichtes ganz ausgesetzt sind, aber wie gesagt wird ja auch im belichteten Blatte ein Theil der Diastase vernichtet, wenn auch weniger als in einer Lösung. Diese Hypothese wird jedenfalls gestützt durch die hier vorgetragenen Verhältnisse bei *Monilia sitophila*. Es würden sich wohl vielleicht interessante Resultate ergeben bei einer mehr ausgedehnten Untersuchung, welche sich bei der allgemeinen Verbreitung des Carotins auf sehr verschiedene Pflanzen beziehen kann und wobei vielleicht anzuknüpfen wäre an der oben mitgetheilten von Elfving und Kohl ermittelten Thatsache, dass die Carotinmenge sich im Lichte vermehrt. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dass die Anwesenheit des Carotins daneben andere Folgen für den Chemismus der Pflanzenzelle haben kann; besonders möchte ich dessen Einfluss auf die Kohlensäure-assimilation nicht bestreiten.