Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. in Erlangen Prof. in München

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2—4 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark. Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XVIII. Band. **15. August 1898.** **Nr. 16.**

Inhalt: **Jacobi**, Die Resultate der neuesten Forschungen über den Ort und die Bedingungen der Eiweißbildung in der grünen Pflanze. — **Ihle**, Ueber die Phylogenie und systematische Stellung der Pantopoden. — **Langhofer**, Beiträge zur Kenntnis der Mundteile der Hymenopteren. I. *Apidae*. — **v. Bock**, Zur Abwehr gegen Prof. J. von Wagner.

Die Resultate der neuesten Forschungen über den Ort und die Bedingungen der Eiweißbildung in der grünen Pflanze.

Von **Bernhard Jacobi.**

Es ist eine allgemein bekannte physiologische Thatsache, dass die grüne Pflanze alles für ihr Wachstum und Gedeihen erforderliche Eiweiß aus anorganischen stickstoffhaltigen Verbindungen zu bilden vermag. Diese Fähigkeit kommt nur dem pflanzlichen Organismus zu. Hierdurch gewinnt der im Pflanzenkörper sich vollziehende Prozess der Eiweißsynthese eine fundamentale und weitreichende Bedeutung im Gesamthaushalt der Natur; denn auf diese Weise gewährt das Pflanzenreich dem Tierreiche die unentbehrliche Grundlage seiner Existenz.

Kein Wunder daher, dass dieser wichtige Vorgang von den verschiedensten Forschern und nach den verschiedensten Richtungen hin zum Gegenstand des Studiums gemacht worden ist.

Am zuverlässigsten sind wohl zur Zeit unsere Kenntnisse über die Eiweißbildung bei niederen Organismen.

Durch die Untersuchungen von Pasteur, Duclaux und besonders Adolf Mayer ist nachgewiesen, dass z. B. der Hefepilz die zu seiner Konstituierung nötigen Proteinstoffe erzeugt „aus dem einzigen kohlenstoffhaltigen Material, das er zu seiner Ernährung bedarf, dem Zucker, und aus einem stickstoffhaltigen anorganischen Stoffe, dem Ammoniak“ (Ad. Mayer), vorausgesetzt, dass dem Pilze auch die nötigen mineralischen Salze zur Verfügung stehen. Noch besser aber

gedeiht der Pilz, wenn ihm als Stickstoffquelle an Stelle der Ammoniaksalze Peptone geboten werden. Salpetersaure Salze hingegen vermag *Sacharomyces* nur sehr schwer zu verarbeiten; wohl aber bilden dieselben für *Penicillium* eine ganz geeignete Stickstoffquelle.

Zieht man nun noch in Betracht, dass die erwähnten Vorgänge nicht vom Lichte abhängig sind, so ergiebt sich also, dass die niederen Organismen die Fähigkeit besitzen, aus Kohlehydraten in Verbindung mit Salpetersäure oder Ammoniak, besser noch Peptonen, und unter Mitwirkung schwefelsaurer Salze Eiweißstoffe zu erzeugen und zwar im Dunkeln.

Wie aber liegen nun die Verhältnisse bei den höhern chlorophyllführenden Pflanzen?

Hier treten einer klaren Erkenntnis des Vorganges insofern Schwierigkeiten entgegen, als verschiedene Momente ins Auge zu fassen sind. Die nächstliegende Frage bezieht sich auf das Material, aus dem sich die grüne Eiweiß bildet. Sodann ist auch angesichts der Thatsache, dass bei den höhern Gewächsen eine ziemlich weitreichende Arbeitsteilung besteht, die Frage nach dem Orte der Eiweißbildung berechtigt. Und endlich muss man sich im Hinblick auf die Abhängigkeit der grünen Pflanze von den verschiedensten Faktoren (besonders Chlorophyllgehalt und Licht) fragen, unter welchen Bedingungen sie Eiweiß bildet.

Am besten sind wir über die erste dieser Fragen, also über die stoffliche Seite des ganzen Vorganges, unterrichtet. Auch in der grünen Pflanze treten — wie bei den niederen Organismen — stickstofffreie organische Körper, Kohlehydrate nämlich, mit stickstoffhaltigen anorganischen[1]) Körpern zum Zwecke der Eiweißbildung in chemische Wechselwirkung. Dabei werden die Kohlehydrate, Zucker und Stärke, durch den Prozess der Kohlensäureassimilation zur Disposition gestellt, während der Stickstoff verschiedenen Quellen entstammen kann. Denselben entnimmt die Pflanze entweder der Luft oder dem Nährboden.

Der atmosphärische Stickstoff hat eine thatsächlich nachgewiesene Bedeutung nur für die Leguminosen, indem diesen Gewächsen durch Vermittelung der in ihren Wurzelknöllchen auftretenden Rhizobakterien der elementare Stickstoff zu gute kommt.

Wie Ad. Mayer nachgewiesen hat, können allerdings die grünen Pflanzen auch Spuren von Ammoniak aus der atmosphärischen Luft aufnehmen. Dieser Thatsache kommt indessen nur eine theoretische Bedeutung zu, weil es sich hier nur um äußerst geringe Mengen handelt, wenn man vom Ammoniak des Bodens absieht.

1) Es können allerdings auch eine Reihe von organischen Substanzen als Stickstoffquelle dienen.

Letzteres kann von der Pflanze auch als Stickstoffquelle in Anspruch genommen werden; in den meisten Fällen aber erfährt es wohl zuvor erst eine Oxydation unter dem Einfluss der im Boden sich vorfindenden Nitrobakterien. Und in der That stimmen alle Beobachtungen darin überein, dass in erster Linie die Salpetersäure des Bodens von der Pflanze als N-Quelle in Anspruch genommen wird.

Nachdem die Nitrate durch die Wurzeln aufgenommen worden sind, erfolgt in der Pflanze ihre Zersetzung durch organische Säuren. Die Basis der Nitrate verbindet sich mit den erwähnten Säuren zu organischen Salzen, die dem Stoffwechsel entzogen werden. Die frei gewordene Salpetersäure dagegen tritt unter dem Einfluss des lebendigen Protoplasmas mit dem Kohlehydrat (Zucker) in chemische Reaktion, und Eiweißstoffe sind das Produkt derselben.

Wenn somit also über die stofflichen Voraussetzungen der Eiweißbildung in der grünen Pflanze im wesentlichen eine einheitliche Anschauung herrscht, so ist dies bezüglich der Frage nach dem Orte und den Bedingungen jenes Vorganges nicht in demselben Maße der Fall. Das ergiebt sich aus den in der neuesten Zeit über diese Punkte angestellten Untersuchungen, deren Resultate im Folgenden zusammengefasst werden sollen.

Als die oben kurz dargelegten Verhältnisse bezüglich der Eiweißsynthese im Pilzkörper erkannt waren, übertrug man die hier gewonnenen Resultate ganz schematisch auch auf die höheren Gewächse. Man glaubte aus dem Ernährungsvorgange bei Pilzen schließen zu müssen, dass alle Zellen der höheren Gewächse aus anorganischen Stickstoff-Verbindungen und Kohlehydraten Eiweißkörper produzieren könnten.

Es ist klar, dass diese Anschauung der im Pflanzenreiche nach oben hin immer mehr fortschreitenden morphologischen Differenzierung und dem hiermit im Zusammenhang stehenden Prinzip der Arbeitsteilung nicht Rechnung trägt. Wenn jede lebensthätige Pflanzenzelle fähig ist, Eiweiß zu bilden, so ist damit eben noch nicht erwiesen, dass in dem wohlgegliederten Organismus der grünen Pflanze auch alle Zellen von dieser Fähigkeit Gebrauch machen.

Es machte sich denn auch sehr bald gegen jene in wenig kritischer Weise vorgenommene Verallgemeinerung eine Reaktion geltend.

So spricht schon Sachs gewissen Gewebepartien — den Neubildungsherden des Protoplasmas nämlich — die Funktion der Eiweißbildung ab, wenn er sagt (Exp.-Physiol. p. 343): „Mit Gewissheit darf man annehmen, dass das Protoplasma der wachsenden Wurzelspitzen, des *Cambiums* und der jüngsten Teile der Stammknospen, nicht die Fähigkeit besitzt, selbst eiweißartige Stoffe durch Assimilation aus unorganischen Verbindungen zu erzeugen.“ Es wird nach Sachs [l. e. p. 343] „den Neubildungsherden das Material zur Vermehrung

des Protoplasmas schon in Form von Eiweißstoffen zugeführt". „Woher sie aber kommen, ob sie schon in den grünen Blättern entstehen und von hier aus den Stamm durchsetzend, den Verbrauchsorten einfach zugeführt werden, lässt sich mit Bestimmtheit nicht behaupten."

Obgleich Sachs also die Eiweißbildung nicht auf die chlorophyllhaltigen Zellen des Blattes beschränkt wissen will, neigt er doch entschieden zu der Annahme, dass die Blätter gewissermaßen die Centrale jenes Prozesses sind; er stützt sich dabei auf die Erscheinung, dass man „von den Blättern aus durch die dünnwandigen Zellstränge der Gefäßbündel hindurch bis zu den Vegetationspunkten hin eiweißartige Stoffe verfolgen" kann [Mikrochem. Untersuch., Flora 1862).

Ganz in demselben Sinne lassen sich die Resultate deuten, zu denen schon vorher Hanstein mit seinen Ringelungsversuchen gekommen war. Er experimentierte mit Zweigen der verschiedensten *Dicotylen* und stellte fest, dass unterhalb der Ringelung eine Wurzelbildung gar nicht oder nur ganz minimal erfolgte, sofern die Leitung des „plastischen Saftes" unterbrochen war.

Es wurde indessen immer wieder mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass die Eiweißbildung nicht ein Privilegium der Blätter sei. So suchte Müller-Thurgau experimentell zu zeigen, dass auch die Wurzeln imstande sind, Eiweiß zu bilden, wenn ihnen ein Kohlehydrat und ein Stickstoffsalz zur Verfügung stehen. Er ließ zwei gleichstark entwickelte Wurzeln einer Pflanze in zwei verschiedene Gefäße tauchen, von denen das eine mit einer vollständigen Nährlösung gefüllt war, während das andere eine stickstofffreie Nährlösung enthielt. — Ohne nun die von Müller behauptete Thatsache selbst bezweifeln zu wollen, muss doch betont werden, dass ein unwiderleglicher Beweis für die Richtigkeit jener Behauptung durch den erwähnten Versuch nicht erbracht worden ist.

Zunächst ist schon die Art und Weise der Versuchsanstellung nicht ganz einwandfrei. Die in der einen Lösung fehlenden stickstoffhaltigen Salze wurden nämlich — soweit dies aus dem zitierten Referat zu ersehen ist — nicht durch einen osmotisch gleichwertigen und für den Stoffwechsel indifferenten Körper ersetzt, die beiden Wurzeln vegetierten, also unter ungleichen physikalischen Außenbedingungen. Es wäre demnach nicht ausgeschlossen, dass die bessere Ernährung der einen Wurzel auf eine intensivere Reizwirkung zurückgeführt werden könnte, welche ihrerseits eine reichere Zufuhr von Baustoffen veranlasst hätte.

Aber abgesehen hiervon ist nach Emmerling (l. c. p. 8) der Müller-Thurgau'sche Versuch überhaupt einer andern Deutung fähig.

Mag man schließlich den erwähnten Versuch deuten wie man will, er beweist nichts gegen die Annahme, dass die Hauptstätte der Eiweißbildung in den Blättern zu erblicken sei.

Und so fand denn auch diese Ansicht immer mehr Verteidiger.

Nachdem auch Pfeffer (Physiol. I. Aufl., p. 245) sich in diesem Sinne geäußert hatte, machte Alfred Fischer die Frage zum Gegenstand seiner Forschung. Er sagt (l. c. p. 276): „Wie es keinem Zweifel unterliegt, dass jede mit lebendem Protoplasma und Zellkern ausgestattete Zelle, welchem Organe der Pflanze sie auch immer angehören möge, Eiweiß erzeugen kann, so wird auch die Annahme gerechtfertigt erscheinen, dass bei allen höher differenzierten Gewächsen besondere Bildungsstätten für eiweißartige Körper vorhanden sind und dass vorwiegend in den Blättern eine ausgiebige Erzeugung solcher Stoffe stattfindet.“ Und er begründet seine Annahme, indem er fortfährt: „Hierher führt der Transpirationsstrom große Mengen mineralischer Substanzen, hier liefert die assimilatorische Thätigkeit der chlorophyllhaltigen Zellen stickstofffreie, organische Materialien, welche mit den aus dem Boden aufgenommenen anorganischen Salzen jedenfalls zu Eiweiß sich vereinigen. Doch werden nach Fischer die Eiweißstoffe nicht in den assimilierenden Zellen selbst gebildet; vielmehr bemüht sich der genannte Forscher nachzuweisen (l. c. p. 279), „dass in den Geleitzellen“ — wo bekanntlich Eiweiß in reicherem Maße aufgespeichert ist — „die in den Siebröhren fortgeführten Eiweißsubstanzen erzeugt werden“.

Auch Emmerling verlegt den Prozess der Eiweißbildung in erster Linie in die Blätter. Er äußert sich folgendermaßen (l. c. p. 71): „Die Massenvermehrung der ersteren“ — gemeint sind die Früchte — beginnt erst von dem Zeitpunkte an eine lebhaftere zu werden, wo das Blattorgan fast vollständig aufgebaut ist. Dies entspricht der allgemein verbreiteten Anschauung, dass die organische Substanz vornehmlich in den Blättern erzeugt werde“. Die Frage, ob in gewissem Grade auch Wurzel und Stengel hierbei beteiligt seien, müssen wir freilich vorläufig noch offen lassen“. Nur bezüglich der Zellneubildungsorte, Vegetationspunkte, Knospen etc.“ meint er — in Uebereinstimmung mit Sachs —: „Eine so kräftige Funktion, wie die Neubildung stickstoffhaltiger organischer Verbindungen aus anorganischem Material, wird man jedenfalls diesen jüngsten und zartesten Zellanlagen nicht zuschreiben dürfen“ (l. c. p. 72).

Die Frage, ob denn wirklich die Blätter die Hauptbildungsstätte oder vielleicht gar der alleinige Ort für die Bildung der Eiweißstoffe seien, rückte nun immer mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Und es ist merkwürdig, dass die extremsten Lösungsversuche fast gleichzeitig publiziert wurden.

Im Jahre 1888 traten Frank und Schimper auf, und es behauptete der erstgenannte Forscher, dass die grüne Pflanze in fast allen Organen, nur nicht im grünen Blatt, Eiweiß bilden könne; Schimper dagegen kam gerade zu der entgegengesetzten Ansicht.

Frank meint (l. c. p. 467), „dass die von der Pflanzenwurzel als stickstoffhaltiges Nährmittel aufgenommene Salpetersäure nicht im grünen Blattgewebe assimiliert wird, sondern dass in sämtlichen Organen der Pflanze, die von Gefäßbündeln durchzogen sind, als Wurzeln, Stengeln, Blattstielen, Blattrippen diese Assimilation mit dem in den Parenchymzellen dieser Teile vorhandenen Nitraten erfolgen kann, dass dieselbe daher bei denjenigen Pflanzen, welche die Salpetersäure nicht auf längere Zeit in ihrem Körper aufspeichern, wie bei den Lupinen und den meisten Holzpflanzen, schon in der Wurzel, bei denjenigen aber, welche diese Säure in Wurzeln, Stengeln, Blattstielen und Blattrippen für spätere Bedürfnisse als Reservestoffe deponieren, in allen genannten Organen vor sich geht".

Zu dieser Ansicht gelangt Frank allerdings hauptsächlich auf dem Wege der Spekulation (l. c. p. 467/65); nur zwei Versuche hat er angestellt, „um nun diese Ideen auch experimentell zu prüfen".

Der erste dieser Versuche ist deshalb nicht recht beweiskräftig, weil — was Frank selbst zugiebt — die Versuchspflanzen ungesund waren.

Durch den zweiten Versuch will Frank die „vermeintliche Zersetzung der Salpetersäure im grünen Blattgewebe" näher prüfen. Schimper hat jedoch später (Flora 1890, p. 256) nachgewiesen, dass auch dieser Versuch die Frank'sche Hypothese nicht zu stützen vermag.

Im Gegensatz zu Frank behauptet nun Schimper, man habe „in den grünen Zellen, speziell des Mesophylls, die Laboratorien zu erblicken, in welchen beinahe sämtliche Rohstoffe der Planzennahrung ihre erste Verarbeitung erfahren. Vermutungsweise deutete Schimper diese Ansichten zwei Jahre vorher an (Bot. Ztg. 1888, p. 151/52).

Er geht von der Thatsache aus, dass die in Form von Nitraten aus dem Boden aufgenommene Salpetersäure als Stickstoffquelle bei der Eiweißsynthese die wichtigste Rolle spielt. Demgemäß lag es im Plan seiner Untersuchungen, das Schicksal jener Salze in der Pflanze zu verfolgen. Maßgebend hierbei war für ihn das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Nitrate, das er mit Hilfe der Diphenylamin-Reaktion feststellte. Sodann lenkte er sein Augenmerk auch ganz besonders auf die Ablagerung der bei der Nitratzersetzung entstehenden Nebenprodukte: Kalk- und Kalioxatat. Auf diese Weise kam er zu den oben angegebenen Resultaten. Ob die Prämissen richtig sind, auf denen Schimper aufbaut, wird sich weiter unten ergeben bei der Frage nach den Bedingungen der Eiweißbildung.

Schimper legt sich allerdings auch die Frage vor, ob nicht auch andere Gewebe die Nitrate verarbeiten, beantwortet sie aber im verneinenden Sinne. Er hält sich vor Augen, „dass mit der Verarbeitung der Mineralsalze eine Ausscheidnng von Aschenbestandteilen verbunden

ist, da nur ein Bruchteil der an Säuren gebundenen im Stoffwechsel verbleibt". Aus den Aschenanalysen von Wolff entnimmt er sodann, dass die Blätter prozentisch ungleich mehr Aschenmengen enthalten als die übrigen Pflanzenteile; so finden sich z. B. bei den annuellen Pflanzen im Durchschnitt in den Blättern 15% und im Stengel 5% Mineralstoffe. Aus diesen Zahlen schließt Schimper im Hinblick auf die Thatsache, dass Aschenbestandteile, namentlich Phosphorsäure und Kali, fortwährend aus dem Blatte in den Stengel wandern, außerhalb der Mesophyllzellen könne eine Verarbeitung der Rohstoffe nicht erfolgen.

Ueberblickt man nun die Resultate der Untersuchungen bis zum Abschluss der Schimper'schen Arbeiten, so ergiebt sich, dass die große Mehrzahl der Forscher jeder lebenden Zelle der grünen Pflanze die Fähigkeit der Eiweißbildung zuerkannt, alle aber (mit Ausnahme von Frank) die eigentliche Centralstelle jenes Prozesses in dem Laubblatt erblicken, welches Schimper für die alleinige Stätte der Eiweißsynthese erklärt.

Der Ansicht, nach welcher Eiweißstoffe hauptsächlich in den Blättern gebildet werden, schließen sich alle Forscher nach Schimper bis heute an. So hebt z. B. Zaleski in seiner Arbeit: „Zur Kenntnis der Eiweißbildung in der grünen Pflanze" besonders hervor: „Die Blätter wurden gewählt" (als Objekt), „weil uns gegenwärtig bekannt ist, dass sich organische Stickstoffverbindungen hauptsächlich in diesen bilden". Und Kosutany geht wohl von derselben Voraussetzung aus, wenn er mit Blättern von *Riparia*[1]) operiert.

Wie Zaleski und Kosutany, so lassen alle neuern Forscher die Ortsfrage als relativ bekannt in den Hintergrund treten und machen zum Hauptgegenstand ihrer Fragestellung die Bedingungen der Eiweißbildung. Und es ist klar, dass diese Fragestellung einen Fortschritt bedeutet; denn sobald man über die Bedingungen der Eiweißbildung wirklich informiert ist, fällt auch ein klärendes Licht auf die Ortsfrage.

Das Verdienst, das Interesse der Forscher auf die Bedingungen der Eiweißbildung gelenkt zu haben, gebührt Schimper, der überhaupt im Mittelpunkt der ganzen Frage steht.

Schimper behauptet nämlich, dass die Eiweißbildung durch die chlorophyllhaltigen Zellen der Pflanze vermittelt werde und dass im Sonnenlicht die für den erwähnten Vorgang nötige Kraft gegeben sei.

Er stützt sich dabei auf Versuche, nach denen im Dunkeln die von der Pflanze aufgenommenen Nitrate sich anhäufen, während dieselben bei Lichtzutritt verschwinden, weil die Salpetersäure verarbeitet wird.

1) *Vitis riparia* var. *sauvage,* die hier nur im weiteren kurzweg *Riparia* genannt werden mag.

Die Beobachtung Schimper's war ohne Zweifel richtig, aber die Interpretation und die aus derselben abgeleitete Folgerung entsprach wohl nicht den thatsächlichen Verhältnissen. Schimper unterschied nicht zwischen einer direkten und einer indirekten Mitwirkung von Chlorophyll und Licht. Und das kam daher, dass er die stoffliche Seite des ganzen Vorganges nur einseitig untersuchte, indem er nicht beide Komponenten der Eiweißsynthese (also Kohlehydrate und Nitrate) in demselben Maße ins Auge fasste, sondern vor allem das Schicksal der Salpetersäure verfolgte. Hätte Schimper bei seinen Untersuchungen auch die Kohlehydrate eingehend mit berücksichtigt, dann würde er wohl schwerlich dem Chlorophyll und dem Lichte bei der Eiweißbildung eine direkte Rolle zugeschrieben haben.

Ist Licht bei der Eiweißbildung nötig oder nicht? Auf diese Frage liefen nun alle Untersuchungen hinaus. Einige Forscher beantworteten sie im positiven, viele wieder im negativen Sinne.

Die Ansicht, dass die Gegenwart des Lichtes zur Eiweißbildung erforderlich sei, wird hauptsächlich von zwei Seiten vertreten. Zunächst sind es drei belgische Forscher: Laurent, Marchat und Carpiaux, welche auf Grundlage ihrer Untersuchungen an den Blättern, der Runkelrübe, der Ulme, des Ahorn etc. behaupten: „Chez les plantes supérieures, l'assimilation des nitrates n'a pas lieu à l'obscurité." Sie stellten sogar fest, dass „elle exige l'intervention des rayons ultraviolets".

Bei ihren Versuchen gingen die genannten drei Forscher von der Ansicht Pagnoul's aus, nach welcher das Licht bei der Zersetzung der Nitrate und der Bildung der organischen Stickstoffverbindungen in den Pflanzengeweben eine Rolle spielt, die derjenigen analog ist, die ihm bei der Zersetzung der Kohlensäure zur Bildung der Kohlehydrate obliegt.

Soweit stimmen also Laurent, Marchat und Carpiaux mit Schimper überein. Im Gegensatz aber zu ihm befinden sie sich, wenn sie behaupten (l. c. p. 865): „L'intervention de la chlorophylle n'est pas nécessaire"; ja „les feuilles blanches assimilent même mieux l'azote ammoniacal que les feuilles vertes". Das Ammoniak nimmt Laurent merkwürdigerweise als Uebergangsprodukt von der Salpetersäure zu den Proteinstoffen an.

Im wesentlichen zu denselben Resultaten wie die belgischen Forscher kommt sodann auch Godlewski. Bei seinen vergleichenden Untersuchungen mit Weizenkeimlingen, also proteinarmen und kohlenhydratreichen Objekten, die im Dunkeln und im Licht in salpeterhaltiger Nährlösung vegetierten, ergab sich, dass nur im letzteren Falle Proteinstoffe sich bildeten, während im Dunkeln nur stickstoffhaltige Nichtproteinstoffe entstanden. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass auch im Dunkeln Eiweißstoffe gebildet worden wären, sofern den Objekten geeignete Kohlehydrate zur Verfügung gestanden hätten.

Durch Kulturversuche in kohlensäurefreier Luft bewies Godlewski, dass „die Bildung der Proteinstoffe auf Kosten der Nitrate nicht unmittelbar an den Assimilationsprozess gebunden“ ist.

Indem Godlewski zugiebt, dass der Eiweißbildungsprozess im Dunkeln eingeleitet werden kann, wird eine Vermittelung zu den Anschauungen jener Forscher gegeben, welche die Eiweißbildung der höheren Pflanzen unabhängig vom Licht vor sich gehen lassen.

Schon Ende der 80er Jahre — also ungefähr zu gleicher Zeit mit Schimper's Arbeiten — spricht Chrapowicki vermutungsweise (die Versuche waren noch nicht abgeschlossen) aus, dass ihm in mehreren Fällen die Eiweißbildung im Dunkeln (bei Anwesenheit von Stärke) unzweifelhaft erscheint.

Sodann (1895) zeigte Kinoshita, „dass etiolierte Lupinenkeimlinge aus künstlich zugeleiteten Kohlehydraten und den im Keimling enthaltenen Zersetzungsprodukten von Eiweißstoffen diese auch im Dunkeln bilden können“.

Kosutany, der sich zu derselben Zeit mit dieser Frage beschäftigte, fasst seine Resultate dahin zusammen:

„Während die Rohstoffe der Eiweißbereitung am Tage in größerer Menge von der Pflanze aufgenommen werden, als in der Nacht, werden andrerseits dieselben Stoffe in der Nacht in größerer Menge in Eiweiß umgewandelt, als am Tage.“ Kosutany fand nämlich, dass die Blätter von *Riparia* in der Nacht mehr Eiweißstoffe und entsprechend weniger nichteiweißartige Stickstoff-Verbindungen enthielten und schloss daraus, dass die letzteren während der Nacht in größerer Menge in Eiweißsubstanzen umgewandelt werden als am Tage. Ferner stellte er fest, dass der Salpetersäuregehalt der Blätter am Tage höher ist als in der Nacht, was er ebenfalls auf die Verarbeitung der Salpetersäure zu Eiweiß während der Nacht zurückführt.

Neuerdings stellte dann Hanstein experimentell fest, dass *Lemna* imstande ist, im Dunkeln aus Traubenzucker und Asparagin, aus Traubenzucker und Ammoniaksalzen, aus Glykokoll und Rohrzucker Eiweiß in reichlicher Menge zu bilden. Nitrate und Traubenzucker vermag die Pflanze nur schwer zu verarbeiten. Und aus Asparagin und Rohrzucker kann *Lemna* Eiweiß überhaupt nicht erzeugen.

In jüngster Zeit versuchte sodann Zaleski unsere Frage experimentell zu lösen. Er operierte mit Blättern von Helianthus, denen er eine vollständige Nährstofflösung mit Nitratstickstoff bot, welche in dem einen Falle zugleich Fruchtzucker enthielt. Die Kulturen wurden im Dunkeln gehalten.

Fehlte den Lösungen der Zucker, dann kam es in den Untersuchungsobjekten nicht zur Eiweißbildung, sondern zur Erzeugung von nichtproteinartigen Stickstoffverbindungen (amidartigen Körpern).

Stand aber Zucker zur Verfügung, so ergab sich, „dass Blätter

Eiweißstoffe im Dunkeln bilden können". Doch erfordert diese Eiweißsynthese eine „erhebliche Menge von Kohlehydraten".

Der gegenwärtige Stand unseres Wissens über den Ort und die Bedingungen der Eiweißbildung in der grünen Pflanze, wie sich derselbe in den hier zusammengestellten Forschungsresultaten dokumentiert, ist also der folgende:

Die eigentliche Centrale der Eiweißsynthese ist das Laubblatt.

In den bei der Eiweißbildung direkt beteiligten Zelle wird dieser Prozess (bei sonst normalen Vegetationsbedingungen) im Dunkeln unter allen Umständen eingeleitet, indem Kohlehydrate mit Salpetersäure, Ammoniak oder Amiden zu diesem Zwecke in Reaktion treten.

Wie weit aber der erwähnte Prozess im Dunkeln fortschreitet, das hängt von der Menge der disponibeln Kohlehydrate ab.

Sind die letzteren in reichem Maße vorhanden, so kommt es zur Bildung von Proteinstoffen (wie es die Resultate von Hanstein und Zaleski zeigen).

Stehen dagegen nur geringe Kohlehydrat-Mengen zur Verfügung, so bleibt es im Dunkeln bei der Produktion von Amiden. Wird daher für eine hinreichende Vermehrung der Kohlehydrate gesorgt, so kann Eiweiß gebildet werden (im Dunkeln).

Die Zuführung dieser Kohlehydrate kann nun auf zweifache Weise geschehen: künstlich oder natürlich.

Im ersteren Falle kann dann die Eiweißsynthese auch im Dunkeln erfolgen (Zaleski).

Auf natürlichem Wege können die Kohlehydrate bis zur hinreichenden Menge dadurch vermehrt werden, dass man den Versuchsobjekten durch Lichtzutritt die Bedingungen zur Kohlensäure-Assimilation gewährt.

In diesem letzten Falle wirkt also das Licht bei der Eiweißsynthese indirekt mit, indem es durch den Assimilationsprozess Kohlehydrate zur Verfügung stellt.

Die eigentliche Energiequelle ist in den Kohlehydraten selbst gegeben.

In manchen Fällen jedoch scheint auch das Licht als Kraftquelle eine Rolle zu spielen. Wie schon erwähnt, fand Godlewski, dass auch in kohlensäurefreier Luft bei Lichtzutritt aus Nitraten und dem Zucker der Keimlinge Eiweiß gebildet werden kann. Und Detmer (l. c. p. 76) vermutet, dass in diesem Falle das Licht „als Kraftquelle

besondere Bedeutung gewinnt", da nur geringe Mengen von Kohlehydraten zur Verfügung stehen.

Litteratur.

Chrapowicki, Beobachtungen über die Eiweißbildung in den chlorophyllführenden Pflanzen. Bot. Centralblatt, 1889.

De Vries, Ueber die Bedeutung der Kalkablagerungen in den Pflanzen. Landwirtschaftl. Jahrbücher 1881.

Detmer, Boden- und Pflanzenkunde (in Settegast's „Lehre von der Landwirtschaft").

Emmerling, Studien über die Eiweißbildung in der Pflanze. Die landwirtschaftl. Versuchsstationen 1887.

Fischer Alfred, Studien über die Siebröhren der Dicotylenblätter.

Frank, Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze mit Stickstoff Landwirtschaftl. Jahrb., 1888.

Godlewski, Zur Kenntnis der Eiweißbildung aus Nitraten in der Pflanze. 1897.

Hanstein, Beiträge zur Kenntnis der Eiweißbildung im Pflanzenkörper. Berichte der deutschen Bot, Gesellschaft, 1896.

Holzner, Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes. Flora 1867.

Kosutany, Untersuchungen über die Entstehung des Pflanzeneiweißes. Die landwirtsch. Versuchsstationen 1897.

Laurent, Marchal et Carpiaux, Recherches expérimentales sur l'assimilation de l'azote ammoniacal et de l'azote nitrique par les plantes supérieures. 1897.

Mayer, Ad., Agrikulturchemie.

Müller-Thurgau, Ueber den Einfluss des Stickstoffs auf die Bewurzelung des Weinstockes. Referat im Bot. Centralblatt, 1889.

Sachs, Experimental-Physiologie der Pflanzen.

Schimper, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Flora 1890.

Schimper, Ueber Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Bot. Ztg.. 1888.

Pfeffer, Pflanzenphysiologie, I. Bd., 1897.

Zaleski, Zur Kenntnis der Eiweißbildung in den Pflanzen. Bericht der deutschen Bot. Gesellschaft 1898.

Die Anregung zur vorstehenden Arbeit ging von Herrn Professor Dr. Stahl aus. Hierfür, sowie für die freundliche Unterstützung durch Litteraturnachweis sei ihm wärmster Dank ausgesprochen. [95]

Jena, Botan. Institut, im Juni 1898.

Ueber die Phylogenie und systematische Stellung der Pantopoden.

Von **J. E. W. Ihle** in Bussum (Holland).

Es giebt im Tierreich viele eigentümliche Formen, deren Verwandtschaftsverhältnisse und systematische Stellung noch nicht aufgeklärt sind, und welche dieser oder jener Gruppe angeschlossen werden und dies oft ohne triftige Gründe. Zu solchen Gruppen ge-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 18

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

Artikel/Article: Die Resultate der neuesten Forschungen uÌˆber den Ort und die Bedingungen der Eiweißbildung in der gruÌˆnen Pflanze. 593-603