

Mittheilungen.

5. E. Schulze: Ueber Eiweisszerfall und Eiweissbildung in der Pflanze.

Eingegangen am 11. Februar 1900.

Der Eiweisszerfall und die Eiweissbildung in der Pflanze sind in der letzten Zeit in diesen Berichten der Gegenstand mehrerer Abhandlungen gewesen. An der Discussion einiger auf diese Prozesse sich beziehenden Fragen möchte auch ich im Folgenden mich betheiligen und dabei an eine Mittheilung PRIANISCHNIKOW's¹⁾ anknüpfen. Dieser Forscher hat gleich mir²⁾ die Beobachtung gemacht, dass in jungen, an Eiweisszersetzungsproducten reichen Papilionaceen-Pflänzchen, in denen unter dem Einfluss der im Assimilationsprocess entstandenen Producte eine Zunahme der Eiweissstoffe stattgefunden hatte, trotzdem eine Verringerung der Asparaginmenge kaum zu constatiren war³⁾. Er erklärt dies durch die Annahme, dass in solchem Falle der Stickstoff für die Eiweiss-synthese in der Hauptsache nicht vom Asparagin, sondern von anderen Eiweisszersetzungsproducten (Amidosäuren) geliefert worden sei — woraus dann weiter zu folgern sein würde, dass diese letzteren Producte ein besseres Material für die Eiweissbildung wären, als das Asparagin.

Diese mit anderen Erfahrungen nicht in Uebereinstimmung stehenden Annahmen braucht man aber zur Erklärung jener Beobachtungen nicht zu Hülfe zu nehmen, wenn man der schon vor längerer

1) Diese Berichte, Bd. XVII, Heft 4; ausführlicher in den Landwirthschaftlichen Versuchsstationen, Bd. 52.

2) Landwirthschaftliche Jahrbücher 1878, S. 429 und 1880, S. 728. Ich fand, dass in Keimpflanzen von *Lupinus luteus*, welche nach 10tägigem Verweilen im Dunkeln an's Licht gebracht wurden, in den ersten drei Wochen der Vegetation am Licht das Eiweiss, gleichzeitig aber auch das Asparagin sich an Quantität vermehrt hatte; erst nach längerem Vegetiren im Licht konnte eine Abnahme der Asparaginmenge constatirt werden. Die Resultate, die PRIANISCHNIKOW an der gleichen *Lupinus*-Art erhielt, weichen von den meinigen in sofern ab, als schon nach kürzerer Vegetation am Licht das Asparagin abzunehmen begann — eine Abweichung, die sich leicht aus Verschiedenheiten in der Versuchsanordnung, insbesondere daraus erklärt, dass PRIANISCHNIKOW die Versuchspflanzen kürzere Zeit im Dunkeln gelassen hatte, als ich.

3) Wie aus PRIANISCHNIKOW's Versuch mit *Pisum sativum* zu ersehen ist.

Zeit von mir¹⁾ ausgesprochenen Ansicht zustimmt, dass in den Pflanzen Asparagin auf Kosten anderer Producte des Eiweissumsatzes sich bilden kann. Ist letzteres in einer Pflanze der Fall, so braucht trotz der Verwendung des Asparagins für die Eiweiss-synthese die Asparaginmenge nicht abzunehmen — sie kann sich sogar unter Umständen vermehren, weil ja fortwährend neues Asparagin auf Kosten anderer Eiweisszersetzungsproducte entsteht.

Diese Annahme bildet einen Theil der in Bezug auf den Eiweissumsatz in Keimpflanzen von mir aufgestellten Hypothese, die sich in folgenden Sätzen kurz wiedergeben lässt: Beim Zerfall der Eiweissstoffe in keimenden Samen entsteht ein Gemenge von Stickstoffverbindungen, in welchem wahrscheinlich die auch bei der Zersetzung der Eiweissstoffe durch Säuren oder durch Trypsin zum Vorschein kommenden Amidosäuren der fetten und der aromatischen Reihe, sowie die Hexonbasen (Arginin, Histidin und Lysin) niemals fehlen. Ein Theil dieser primären Zerfallsproducte erfährt im Stoffwechsel der Keimpflanzen eine Umformung, bei welcher Asparagin oder Glutamin entsteht. Darin liegt der Grund dafür, dass diese beiden Amide, gewissermassen als secundäre Producte des Eiweissumsatzes, sich in vielen Keimpflanzen in so grosser Menge anhäufen. Doch ist es möglich, dass Asparagin und Glutamin auch beim Zerfall der Eiweissmolecüle in beschränkter Quantität direct entstehen.

Wenn ich auch zur Stütze dieser Hypothese schon in der citirten Abhandlung eine beträchtliche Zahl von Thatsachen aufführen konnte, so war es doch mein Wunsch, noch weitere Beweise für dieselbe beizubringen. Der Weg, auf welchem ich nach solchen Beweisen zu suchen hatte, war angezeigt durch die von mir gemachte Beobachtung, dass aus ganz jungen Keimpflanzen von *Lupinus luteus* Leucin und Tyrosin sich darstellen liessen, während ich diese beiden Amidosäuren aus älteren etiolirten Pflänzchen gleicher Art nicht mehr zu isoliren vermochte. Ist jene Hypothese richtig, so kann man erwarten, dass in Keimpflanzen von geringem Alter die primären Producte des Eiweisszerfalls sich vollständiger vorfinden als in den älteren Pflänzchen und dass durch eine Vergleichung der an Keimpflanzen verschiedenen Alters gewonnenen Resultate eine mit der fortschreitenden Entwicklung der Pflänzchen verbundene Verschiebung des Mengenverhältnisses zwischen Asparagin und den neben letzteren auftretenden Amidosäuren und Hexonbasen sich nachweisen lässt.

Diese Erwartung hat sich vollkommen erfüllt²⁾. Aus neun

1) In meiner Abhandlung über den Umsatz der Eiweissstoffe in der lebenden Pflanze, Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 24, S. 70.

2) Ich theile hier nur einige Hauptresultate der Untersuchung mit; eine ausführliche Publication soll in der Zeitschrift für physiologische Chemie erfolgen. Zu erwähnen ist, dass eine Cultur von *Lupinus albus* in meinem Laboratorium von

Culturen 6—7tägiger Keimpflanzen von *Pisum sativum*, *Vicia sativa*, *Lupinus luteus*, *Lupinus albus* und *Lupinus angustifolius* konnten wir mit Leichtigkeit Leucin in relativ beträchtlicher Quantität darstellen. Im Einklang mit diesem bemerkenswerthen Resultat steht die Angabe BELZUNG's¹⁾, dass 8tägige Keimpflanzen von *Lupinus albus* reich an Leucin sind und dass der Saft dieser Pflanzen diese Amidosäure sogar in übersättigter Lösung enthält. Aus 7 Culturen konnten wir neben Leucin auch Tyrosin, jedoch nur in kleiner Quantität, isoliren. Hexonbasen liessen sich aus allen darauf untersuchten Culturen, nämlich aus einer Cultur von *Vicia sativa* und aus je zwei Culturen von *Pisum sativum*, *Lupinus luteus* und *Lupinus albus* darstellen, und zwar waren fast ausnahmslos Arginin, Histidin und Lysin neben einander nachzuweisen. In 6—7tägigen Papilionaceen-Keimpflanzen findet man also (neben Asparagin) Leucin, Tyrosin und Hexonbasen vor. — Producte, welche auch bei der Zersetzung der Eiweissstoffe durch Säuren oder Trypsin regelmässig erhalten werden, nach denen man aber in den älteren Keimpflanzen oft vergeblich sucht. Man wird kaum irren, wenn man diese Stickstoffverbindungen als primäre Producte des Eiweisszerfalls betrachtet. Bemerkenswerth ist noch, dass diese Stoffe bei den *Lupinus*-Keimpflanzen, welche vor der Untersuchung in die Cotyledonen und die übrigen Theile zerlegt wurden, in den Cotyledonen enthalten waren und dass die Quantitäten, in denen sie aus den verschiedenen Keimpflanzen gewonnen wurden, fast niemals grosse Unterschiede zeigten.

Ein ganz anderes Bild bieten die Resultate dar, die man bei der Untersuchung 2—3wöchentlicher oder noch älterer etiolirter Papilionaceen-Keimpflanzen erhält. Aus solchen Pflanzen habe ich bis jetzt noch niemals Tyrosin isoliren können; Leucin fand ich darin zuweilen vor, aber nur in geringer Quantität; in manchen Fällen aber vermochte ich diese Amidosäure gar nicht zu isoliren. Nur aus einem solchen Object, nämlich aus den etiolirten Keimpflanzen von *Lupinus luteus*, konnte ich Arginin in ansehnlicher Menge gewinnen; in den anderen Objecten fehlte es oder war nur in Spuren vorhanden. Die älteren Papilionaceen-Keimpflanzen sind dagegen, wie längst bekannt ist, ausserordentlich reich an Asparagin.

Vergleicht man die jüngeren mit den älteren Keimpflanzen in Bezug auf ihren Stoffgehalt, so zeigt sich auf das Deutlichste, dass manche Producte des Eiweissumsatzes, insbesondere Leucin, Tyrosin und Arginin mit der fortschreitenden Entwicklung der Pflanzen an Menge abnehmen²⁾, während andererseits das Asparagin sich stark

Herrn N. WASSILIEFF untersucht worden ist und dass an der Untersuchung einer zweiten Cultur Herr Dr. POSTERNAK sich betheiligt hat.

1) Annales des sciences naturelles, VII^{me} série, Botanique T. XV, S. 203—262.

2) Eine Ausnahme bildet die Anhäufung von Arginin in den etiolirten Keimpflanzen von *Lupinus luteus*.

vermehrt; jene Stoffe werden also im Stoffwechsel der Keimpflanzen verbraucht und umgewandelt.

Die von mir ausgesprochene Annahme, dass in den Keimpflanzen Asparagin auf Kosten anderer Producte des Eiweissumsatzes sich bildet, gründet sich aber nicht allein auf solche qualitative Untersuchungen, sondern auch auf die Resultate von quantitativen Bestimmungen, die von M. MERLIS, E. WINTERSTEIN, N. RONGGER und mir ausgeführt wurden. Diese Resultate sind in meiner oben citirten Abhandlung¹⁾ mitgetheilt worden. In welcher Weise jene Producte in Asparagin umgewandelt werden, ist noch eine offene Frage²⁾; welchen Nutzen aber die Pflanze von diesem Process zieht, das ist leicht verständlich, wenn man an der Annahme festhält, dass das Asparagin ein sehr geeignetes Material für die Eiweissynthese ist. Für diese Annahme spricht aber in der That Vieles. Bekanntlich verfolgte PFEFFER³⁾ die Verbreitung des Asparagins und der Glycose in den Keimpflanzen der Papilionaceen mit Hülfe des Mikroskopes und kam dabei zu dem Resultat, dass alles, was über Zeit des Auftretens, Art der Wanderung und Verschwinden in den wachsenden Organen für die Glycose zu beobachten ist, in den wesentlichen Zügen auch für das Asparagin gilt; er zieht daraus den Schluss, dass ebenso wie die Glycose Baumaterial für die Zellhaut, so das Asparagin Baumaterial für die eiweissartigen Stoffe des Protoplasmas ist. Dieser Schlussfolgerung haben andere Botaniker, z. B. BORODIN⁴⁾, sich angeschlossen. Für den Verbrauch des Asparagins in den Blättern, die man als den Sitz einer lebhaften Eiweissbildung betrachtet, sprechen auch die Ergebnisse quantitativer Bestimmungen. So fand ich z. B. in jungen Pflanzen von *Medicago sativa* in den Stengeln und in den Blattstielen weit mehr Asparagin, als in den von den Stielen befreiten Blättern⁵⁾. Bei Bestimmung des Asparagingehalts junger, grüner

1) Zeitschr. für physiolog. Chemie, Bd. 24, S. 18.

2) Da in der Pflanze bekanntlich nicht nur Synthesen, sondern auch Umformungen organischer Verbindungen sehr häufig ausgeführt werden, so können der Annahme, dass Asparagin auf Kosten anderer Producte des Eiweissumsatzes sich bildet, Bedenken kaum entgegenstehen; wie dieser Process aber etwa verläuft, darüber lassen sich zur Zeit nur Vermuthungen aussprechen (man vergl. Zeitschr. für physiolog. Chemie, Bd. 24, S. 72—73).

3) Ich verweise hier auf PFEFFER's Abhandlung über die Wanderung der organischen Baustoffe in der Pflanze, Landwirthschaftl. Jahrbücher, 1876, S. 87—130.

4) Botanische Zeitung, 1878, S. 802.

5) Landwirthschaftl. Jahrbücher, 1888, S. 688—689. Ich reproducire hier die bezüglichen Angaben:

170 gr	frische Blätter mit Blattstielen	lieferten	0,4 gr	Asparagin
200 "	" " "	ohne Blattstiele	" 0,1 "	" "
200 "	" " Stengel	"	1,17 "	" "
390 "	" " "	(anderes Material)	" 1,50 "	" "

Das Asparagin wurde durch Ausfällung mit Mercurinitrat zur Abscheidung gebracht und in Krystallform gewonnen.

Pflänzchen von *Lupinus albus* fand N. WASSILIEFF¹⁾ in den Stengeln 21,1 pCt., in den Blättern 7 pCt. Asparagin; wahrscheinlich wäre die Differenz noch grösser gewesen, wenn man die Blätter zuvor von den Stielen befreit hätte. Dass in den Blättern während der Nacht Asparagin zur Eiweissbildung verbraucht wird, scheint aus den von KOSUTANY²⁾ ausgeführten quantitativen Bestimmungen hervorzugehen (als Versuchspflanze diente in diesem Falle die amerikanische Weinrebe). HANSTEEN³⁾ hat aus seinen Versuchen den Schluss abgeleitet, dass phanerogame Pflanzen bei Darreichung eines aus Asparagin und Traubenzucker bestehenden Nährstoffgemisches reichlich Eiweiss zu bilden vermögen. SHIBATA⁴⁾ folgert aus seinen Beobachtungen, dass in jungen Bambusschösslingen das hier zeitweilig in beträchtlicher Menge auftretende Asparagin leicht und rasch zur Eiweissregeneration Verwendung findet.

Während diese Beobachtungen das Asparagin als eine für die Eiweiss-synthese in der Pflanze leicht verwendbare Substanz erscheinen lassen, haben die mit Amidosäuren ausgeführten Versuche keinen Beweis dafür geliefert, dass diese Stickstoffverbindungen ein gleich gutes oder noch besseres Material für jene Synthese sind. HANSTEEN (loc. cit.) erhielt negative Resultate, als er in dem seinen Versuchspflanzen zugeführten Nährstoffgemisch das Asparagin durch Leucin oder Tyrosin ersetzte. Negative Resultate erhielt auch LUTZ⁵⁾, als er Pflanzen mit Leucin und Tyrosin zu ernähren suchte. Er erklärt auf Grund dieser Versuche jene beiden Amidosäuren sogar für unassimilierbar durch phanerogame Pflanzen — eine Schlussfolgerung, die freilich nicht genügend begründet und in dieser Form geradezu unannehmbar ist⁶⁾. Nach den Beobachtungen SHIBATA's (loc. cit.)

1) Nach einer noch nicht publicirten Untersuchung, die in meinem Laboratorium ausgeführt wurde. Obige Zahlen sind Procent der Trockensubstanz.

2) Diese Berichte, Bd. XIV, S. 362.

3) Botanisches Centralblatt 1899, Nr. 44.

4) Landwirthsch. Versuchsstat. Bd. 48, S. 13.

5) Annales des sciences naturelles, VIII^{me} série, Botanique, T. VII, Nr. 1.

6) Die Thatsache, dass in Keimpflanzen Tyrosin und Leucin, letzteres sogar in ansehnlicher Quantität, als Producte des Eiweissumsatzes auftreten, später aber wieder verschwinden oder doch wenigstens stark an Menge abnehmen, würde sich mit der von LUTZ gezogenen Schlussfolgerung nur vereinen lassen, wenn man annehmen wollte, dass jene beiden Amidosäuren entweder im pflanzlichen Stoffwechsel in Stickstoffverbindungen, die für die Pflanze ganz nutzlos sind, sich umwandeln, oder dass sie unter Entbindung von freiem Stickstoff zersetzt werden. Die erstere Annahme ist unwahrscheinlich, jedenfalls aber zur Zeit völlig unbewiesen. Was die zweite Annahme betrifft, so habe ich bei den von mir in dieser Hinsicht bis jetzt untersuchten Keimpflanzen einen Stickstoffverlust nicht constatiren können. LUTZ nimmt freilich einen solchen Verlust bei seinen Versuchspflanzen an; der von ihm für diese Annahme beigebrachte Beweis ist aber unzureichend, denn LUTZ hat in seinen Versuchspflanzen nur je eine einzige Stickstoffbestimmung ausgeführt und

wird in den Bambusschösslingen das Tyrosin schwieriger und später als das Asparagin in Eiweiss verwandelt¹⁾.

Auch den Hefepilz scheint man weit besser mit Asparagin als mit Leucin ernähren zu können²⁾. Andererseits unterliegt es keinem Zweifel, dass niedere Pilze Leucin und andere Amidosäuren für ihre Ernährung zu verwenden vermögen³⁾.

Die Bildung von Asparagin oder Glutamin auf Kosten anderer Producte des Eiweissumsatzes hat also allem Anschein nach den Zweck, gewisse primäre Eiweisszersetzungsproducte, welche aus irgend einem Grunde⁴⁾ für die Eiweiss-synthese in den wachsenden Organen

für letztere nur so geringe Substanzmengen angewendet, dass z. B. in dem Versuch mit Leucin die erhaltene Stickstoffmenge nur 2,9 *ccm* betrug. Auf Grund der von ihm gefundenen Zahlen berechnet er den Stickstoffverlust der mit Leucin ernährten Pflänzchen = 0,102 *mg* oder 8,10 pCt. der in dem Samen enthaltenen Stickstoffmenge. Da nun aber bei Ausführung einer volumetrischen Stickstoffbestimmung der Versuchsfehler recht wohl 0,5 *mg*, oder vielleicht sogar noch mehr betragen kann (man vergl. KREUSLER's Angaben über die bezüglichlichen Fehlerquellen in den Landw. Versuchstationen, Bd. 31, S. 207), so ist klar, dass LUTZ einen Stickstoffverlust der Pflänzchen nicht bewiesen hat. Auch im Versuch mit Tyrosin liegt der von LUTZ berechnete Stickstoffverlust von 0,512 *mg* innerhalb der Fehlergrenzen derartiger Bestimmungen. Aus den von LUTZ gemachten Angaben lässt sich höchstens schliessen, dass die Versuchspflänzchen bei Darreichung von Leucin oder Tyrosin ihren Stickstoffgehalt nicht vermehrt haben. Daraus folgt zunächst nur, dass sie unter den gewählten Versuchsbedingungen diese Stoffe nicht aufgenommen haben. Es fehlt aber die Berechtigung für die Schlussfolgerung, dass Leucin und Tyrosin nicht assimilirbar sind.

1) Die Beweiskraft der älteren Versuche von KNOP und WOLF über die Ernährung von Culturpflanzen mit Leucin und Tyrosin wird neuerdings angezweifelt, weil es möglich ist, dass in den nicht sterilisirten Nährstofflösungen jene beiden Amidosäuren vor ihrer Aufnahme in die Pflanzen zersetzt worden waren.

2) Man vergl. A. MAYER: Lehrbuch der Gährungschemie, 1. Auflage, S. 114, sowie LINTNER, Handbuch der landwirthschaftlichen Gewerbe, S. 236.

3) So ist z. B. von A. LIKIERNIK und mir (Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 17, S. 518) nachgewiesen worden, dass *Penicillium glaucum* zu wachsen vermag, wenn man ihm in sterilisirter Lösung keine andere Stickstoffverbindung zuführt, als Leucin.

4) Dieser Grund kann in der chemischen Constitution, aber auch in anderen Eigenschaften dieser Stickstoffverbindungen, z. B. in ihrem osmotischen Verhalten, liegen. Es ist ja von vornherein sehr wahrscheinlich, dass die Pflanze für den Transport im Säftestrom nicht jede im Stoffwechsel entstandene Stickstoffverbindung brauchen kann; daher kann es uns nicht überraschen, wenn Umformungen solcher Verbindungen stattfinden. Das Gleiche gilt ja für die stickstofffreien Pflanzenbestandtheile. So werden z. B. lösliche Kohlenhydrate in der Pflanze vielfach in andere Formen, z. B. in Rohrzucker umgewandelt. Die Rohrzuckerbildung zeigt noch in einem Punkt Analogie mit der Asparaginbildung. Wir finden den Rohrzucker, den wir doch sicherlich als ein in der Pflanze leicht verwendbares Kohlenhydrat zu betrachten haben, in kleinen Quantitäten in sehr vielen Pflanzensamen, und zwar scheint er sich vorzugsweise im Blatt- und Wurzelkeim vorzufinden (bestimmt nachgewiesen ist dies für das Weizenkorn). In den jungen Keimpflanzen

der Pflanzen nicht leicht verwendbar sind, in ein für diese Synthese geeignetes Material umzuwandeln.

Ich glaube gezeigt zu haben, dass die Annahme einer Bildung von Asparagin auf Kosten anderer Eiweisszersetzungsproducte (Amidosäuren, Hexonbasen u. s. w.) nicht nur gut begründet, sondern dass sie auch für das Verständniss der an den Keimpflanzen beobachteten Erscheinungen nothwendig ist. Mit ihrer Hülfe lässt sich auch die merkwürdige Vertheilung der verschiedenen Producte des Eiweissumsatzes auf die verschiedenen Keimpflanzentheile (Cotyledonen, Axenorgane) ohne Schwierigkeit erklären¹⁾. Jene Annahme liefert auch den Schlüssel zum Verständniss der oben erwähnten Beobachtungen, die früher von mir über die Nichtabnahme der Asparaginmenge in Pflänzchen, in denen die Eiweissstoffe sich an Quantität vermehrt hatten, gemacht worden sind.

Zum Schluss noch eine Bemerkung. Man spricht hin und wieder von der Bestimmung der Grösse des Eiweisszerfalls in den Keimpflanzen; auch PRIANISCHNIKOW gebraucht diesen Ausdruck. Correcter ist es, von der Bestimmung des Eiweissverlustes der Keimpflanzen zu sprechen. Wieviel Eiweiss in einer Keimpflanze im Ganzen zerfallen ist, lässt sich nicht bestimmen, weil neben dem Eiweisszerfall Eiweissbildung in den wachsenden Organen der Pflänzchen erfolgt. Dass auch in den bei Lichtabschluss sich entwickelnden Pflänzchen die Regeneration von Eiweissstoffen auf Kosten von Asparagin und anderen Amidén stattfinden kann, lässt sich kaum bezweifeln²⁾, obwohl einige Autoren gegen diese Annahme Widerspruch erhoben haben.

Zürich, im Januar 1900.

sehen wir den Rohrzucker an Quantität nicht abnehmen, sondern sogar zunehmen, während dagegen andere lösliche Kohlenhydrate von complicirterer Structur (Lupeose, Raffinose etc.) allmählich verschwinden. Auf den ersten Blick könnte man denken, dass in solchen Fällen die letzteren Kohlenhydrate, nicht aber der Rohrzucker, in den Pflänzchen zu Wachsthumzwecken verbraucht werden. Diese Annahme würde aber gewiss eine irrige sein.

1) Ich verweise auf die Mittheilung, die ich darüber in der Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 24, S. 60—63, gemacht habe.

2) Auch PRIANISCHNIKOW giebt zu, dass die Bildung von Eiweiss im Dunkeln durch ZALESKY'S Versuche bewiesen worden sei. In neuester Zeit ist zu den Autoren, die sich auf Grund ihrer Untersuchungen für die Möglichkeit der Eiweissbildung bei Lichtabschluss aussprechen, noch GOLDBERG (Revue générale de botanique, T. XI, 1899, S. 337) hinzugekommen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Schulze E.

Artikel/Article: [Ueber Eiweisszerfall und Eiweissbildung in der Pflanze. 36-42](#)