

# Ueber die Entstehung und Umwandlung des Lecithins in der Pflanze.

Von

**Dr. Julius Stoklasa.**

---

Aus der landw. physiologischen Versuchsstation der K. K. technischen Hochschule in Prag.

(Der Redaction zugegangen am 31. Mai 1898.)

---

Meine Beobachtungen scheidet ich in 3 Hauptabschnitte:

- I. Ueber den Umsatz des Lecithins und der Eiweissstoffe in Pflanzen aus dunklem Vegetationsraume.
- II. Zur Kenntniss der Lecithinbildung in den Blättern.
- III. Zur Kenntniss der Lecithinbildung in den chlorophyllfreien Zellen.

## I.

Mit Rücksicht auf die interessanten chemischen Veränderungen in der Pflanze, welche durch Verdunkelung des Vegetationsraumes hervorgerufen werden und welche Pfeffer, Borodin und insbesondere E. Schulze mit seinen Schülern im agrochemischen Laboratorium der Züricher Technik eingehenden Studien unterzog, ist es nicht ohne Bedeutung, die Prozesse kennen zu lernen, welche mit dem Albuminstoffe und dem Lecithin in den Wurzelknöllchen der Leguminosen vor sich gehen.

Die Experimente wurden an den Lupinen zur Zeit der Blüthe vorgenommen. Eine ganze Reihe von Lupinen wurde in Blumentöpfen in von Lupinenculturen eines Versuchsfeldes herrührendem Erdreich gezüchtet. Die Pflanzen befanden sich im Garten und wurden mit einer nährenden Lösung stickstofffreier Verbindungen begossen.

Die Lupinen entwickelten sich vorzüglich und wucherten üppig. Am 20. Juli wurden die in Blüthe stehenden Lupinen sorgfältig aus der Erde gehoben, gehörig gereinigt und von den Wurzeln behutsam die Knöllchen abgeschnitten.

Eine zweite Partie von Lupinen würde in einem dunklen, ziemlich grossen Raum bei einer Temperatur von 16° C. 13 Tage lang mässig mit destillirtem Wasser begossen. Die gelb gewordenen Pflanzen wurden wiederum mit der Wurzel sorgfältig herausgehoben, gehörig geputzt und die vollkommen gereinigten Knöllchen abgeschnitten.

Der Habitus der Wurzelknöllchen aus dem dunklen Vegetationsraume zeigte wesentliche Deformation und eine Gewichtsabnahme der Trockensubstanz.

#### Analyse der frischen Pflanzen.<sup>1)</sup>

Die vollkommen grünen, hübsch entwickelten Blätter enthielten in der Trockensubstanz:

Gesamtstickstoff . . . . .	3,29 <sup>0</sup> , <sup>0</sup>
Stickstoff in Form von Albuminstoffen . . . . .	2,87

1) Die Analyse dieser Pflanzen fand gleichzeitig mit der Analyse der Pflanzen aus dunklem Vegetationsraume statt. Beide Pflanzen wiesen eine gleiche Menge von Vegetationstagen auf.

Direkte Bestimmung der Eiweissstoffe: Die Bestimmung des Albumins geschah nach der Methode Stutzer's mit  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Bemerkt sei, dass zum Niederschlagen der Phosphate auf ein bestimmtes Quantum von 2—3 gr. 2—3 ccm. einer 5% igen Alaunlösung zugesetzt wurden.

Bestimmung der Amidverbindungen und des Asparagins: Die vom Kupferhydroxyd abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit Schwefelsäure behandelt und die organischen Basen, Peptone und dgl. mittelst Phosphorwolframsäure ausgeschieden. Nach 4 Stunden wurde der Niederschlag filtrirt und gewaschen. (Diese Untersuchungen wurden nach der Methode von E. Schulze ausgeführt.) Das reine Filtrat wurde sodann in zwei Theile geschieden, und in dem einen nach dem Abdampfen der Stickstoff nach Kjeldahl's Methode, in dem anderen das Asparagin bestimmt. Der in dem ersten Theile vorgefundene Stickstoff ergibt die Amidverbindungen. Die Bestimmung des Asparagins in dem Filtrate geschah in folgender Weise: In dem reinen Filtrate wurde die überschüssige Phosphorwolframsäure durch Baryumhydrat ausgeschieden. Der Niederschlag wurde auf dem Filter behutsam ausgewaschen, das Filtrat mit reiner Salzsäure zwei Stunden lang gekocht, nach dem Erkalten sodann mit Natronlauge neutralisirt, und mittelst gebrannter Magnesia das Ammoniak in  $\frac{1}{10}$  normale Schwefelsäure übergetrieben.

Aus dem vorgefundenen Stickstoff wird hernach das Asparagin (auch Glutamin?) berechnet.



Stickstoff in Form von Asparagin und Glutamin . . .	0,104 <sup>o</sup>
Lecithin . . . . .	1,24

Analyse der Wurzelknöllchen in der Trockensubstanz.

100 Knöllchen wogen . . . . . 11,84 gr.

Vorgefunden wurde:

an Gesamtstickstoff . . . . .	4,99 <sup>o</sup>
an Stickstoff in Form von Albuminstoffen . . . . .	3,96
an Stickstoff in Form von Asparagin und Glutamin . . . . .	0,29
an Lecithin . . . . .	1,12 <sup>o</sup>

Analyse der Pflanzen aus dunklem Vegetationsraume.

Die etwas gelb gewordenen Blätter bargen in der Trockensubstanz:

Gesamtstickstoff . . . . .	3,47 <sup>o</sup>
Stickstoff in Form von Albuminstoffen . . . . .	1,80
Stickstoff in Form von Asparagin und Glutamin . . . . .	0,89
Lecithin . . . . .	0,68

Analyse der Wurzelknöllchen in der Trockensubstanz.

100 Knöllchen wogen in der Trockensubstanz . . . . . 8,06 gr.

an Gesamtstickstoff vorgefunden . . . . .	3,11 <sup>o</sup>
Stickstoff in Form von Albuminstoffen . . . . .	1,47
Stickstoff in Form von Asparagin und Glutamin . . . . .	1,06
Lecithin . . . . .	0,53

Aus den Versuchen ergibt sich deutlich die Zersetzung des Albumins nicht nur in den Blättern, sondern auch in den Wurzelknöllchen der Lupine, ferner die Bildung des Asparagins und des Glutamins und die Zersetzung des Lecithins.

So finden wir Asparagin und Glutamin:

in den Blättern vor der Verdunkelung des Raumes . . . . .	0,49 <sup>o</sup>
in den Blättern nach der Verdunkelung des Raumes . . . . .	4,19
in den Knöllchen vor der Verdunkelung des Raumes . . . . .	1,37
in den Knöllchen nach der Verdunkelung des Raumes . . . . .	4,98

Stickstoff in Form von Albuminstoffen finden wir:

in den Blättern vor der Verdunkelung . . . . .	2,87
in den Blättern nach der Verdunkelung . . . . .	1,80
in den Knöllchen vor der Verdunkelung . . . . .	3,96
in den Knöllchen nach der Verdunkelung . . . . .	1,47

In den Wurzelknöllchen fand sich daher vor Verdunkelung der Vegetation in 100 Stück im Gewichte von 11,84 gr.

Stickstoff in Form von Albuminstoffen . . . . .	0,468 gr.
Stickstoff in Form von Asparagin und Glutamin . . . . .	0,035 gr.

nach der Verdunkelung der Vegetation in 100 Stück im Gewichte von 8,06 gr.

Stickstoff in Form von Albuminstoffen . . . . .	0,118 gr.
Stickstoff in Form von Asparagin und Glutamin <sup>1)</sup> . . . . .	0,083 gr.

Nun schreiten wir zu der Betrachtung der Veränderungen des Lecithins.

Es enthielten an Lecithin:

die Blätter vor der Verdunkelung . . . . .	1,24
die Blätter nach der Verdunkelung . . . . .	0,68
die Knöllchen vor der Verdunkelung . . . . .	1,12
die Knöllchen nach der Verdunkelung . . . . .	0,53

Es wurde somit in den Knöllchen in 100 Stück im Gewichte von 11,84 gr. . . . . 0,133 gr. Lecithin, nach der Verdunkelung in 100 Stück im Gewichte von 8,06 gr. . . . . 0,04 gr. Lecithin vorgefunden — gewiss eine beträchtliche Differenz!

Ueber die Entstehung des Asparagins und Glutamins in der Pflanze wurde bereits viel disputirt, Hartig,<sup>1)</sup> Pfeffer,<sup>2)</sup> Borodin,<sup>3)</sup> Schulze<sup>4)</sup> und seine Schüler (Frankfurt, Pria-

1) Die Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims, dessen Stoffbildung und Stoffwandlung während der Vorgänge des Reifens und Keimens, 1858.

2) Pringsheim, Jahrb. für wissensch. Botanik, Bd. 8.

3) Botanische Zeitung, 1878: Ueber die physiologische Rolle und die Verbreitung des Asparagins im Pflanzenreiche.

4) Landw. Jahrbücher, IX: Ueber den Eiweissumsatz im Pflanzenorganismus. Landw. Jahrbücher, XVII: Ueber die Bildungsweise des Asparagins und über die Beziehungen der stickstofffreien Stoffe zum Eiweissumsatz im Pflanzenorganismus. — Ferner ältere Arbeiten, welche



nischnikow etc.) sind der Ansicht, dass das erwähnte Amid als Zersetzungsprodukt des Pflanzenalbumins zu betrachten sei, welche Anschauung von Kellner und Emmerling bestritten wird. Diese beiden Forscher behaupten, dass das Asparagin ein Resultat der progressiven Metamorphose und zwar der Kohlenhydrate und der anorganischen Stickstoffverbindungen sei.

Auf die treibende Form des Asparagins in den vitalen Processen der Pflanze legte Pfeffer im Jahre 1872 besondere Bedeutung: derselbe sprach auch die Ansicht aus, dass das Vorhandensein der Kohlenhydrate bei reger Circulation eine Bedingung für die Regeneration desselben zu Eiweiss ist.

Es ist sehr schwer, sich über die bei der Asparaginbildung stattfindenden chemischen Vorgänge zu äussern: die Verhältnisse scheinen derartige zu sein, dass bei Dissimilationsprocessen der Sauerstoff nicht nur auf die Kohlenhydrate, sondern auch auf die Eiweissstoffe einwirkt, und aus den letzteren das Asparagin entsteht.

E. Schulze nimmt allerdings auf Grund seiner Versuche an, dass die Zersetzung der Eiweissstoffe bei den Dissimilationsprocessen durch eine Hydrolyse stattfindet, und zwar in der von E. Drechsel angedeuteten Weise. Diesem zufolge entstehen bei der hydrolytischen Spaltung der Eiweissstoffe unter Einwirkung trypsinartiger Enzyme Hemialbuminosen und Peptone. Durch die Zersetzung der letztgenannten Stoffe werden Amidosäuren der Fettreihe wie auch aromatische Amidosäuren, ferner Lysin, Lysatin etc. gebildet.

Nach Schulze tritt bei der hydrolytischen Zersetzung im Pflanzenorganismus statt Lysin und Lysatin das Arginin ( $C_6H_{14}N_4O_2$ ) auf; das Lysin ( $C_6H_{13}N_3O_2$ ) und das Arginin können durch Zersetzung mit  $Ba(OH)_2$  den Harnstoff<sup>1)</sup> bilden.

---

er gemeinsam mit W. Umlauf, J. Barbieri (Journal für prakt. Chemie XX. Landw. Versuchstationen XX. und XXIV. Jahrg.) und A. Ulrich publicirt.

1) Siehe Studien Schulze's «Ueber den Eiweissumsatz im Pflanzenorganismus» (Landw. Jahrbücher, 1892), Steiger's (Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. XI; Berl. Ber. 19, S. 1177) und Prianischnikow's weitere Beiträge zur Kenntniss der Keimungsvorgänge (Landw. Versuchstationen, 1896).

Unter der Einwirkung des Lichtes und des Uebergewichts der synthetischen Assimilationsprocesse werden das Asparagin und Glutamin in den vitalen Processen des Pflanzenorganismus verwerthet.

Unseré Versuche bestätigen nur die Ansicht bezüglich der Entstehung des Asparagins und des Glutamins in dunkelvegetirenden Pflanzen und zwar nicht nur in den Blättern, sondern auch in den Wurzelknöllchen der Leguminösen.

Ein interessantes Bild bietet uns weiter das Lecithin, der treue Begleiter der Eiweissstoffe. Nach Hoppe-Seyler's<sup>1)</sup> und meinen Beobachtungen<sup>2)</sup> ist das Lecithin ein wichtiger Bestandtheil des Chlorophylls: grüne Blätter bargen immer eine grössere, bis vierfache Lecithinmenge, gegenüber abgestorbenen, gelben, welche Xanthophyll enthalten.

In Folge Verdunkelung der grünen Blätter zersetzt sich nach einer Zeit das Lecithin, und wir finden stets dieselbe Erscheinung wie bei Beendigung der Vegetation, wenn das Chlorophyll schwindet.

Allein in Folge der Verdunkelung tritt nicht nur eine bedeutende Differenz in den Blättern, sondern auch — was auffallend ist — in den Wurzelknöllchen zu Tage. Es erscheint hinsichtlich dieser Erscheinung nur die Anschauungszulässig, dass in den Blättern der Phanerogamen, in gleicher Weise wie das Lecithin, auch die Eiweissstoffe entstehen. — Die Regeneration der Zersetzungsprodukte der Eiweissstoffe und des Lecithins findet wieder nur in den Blättern durch Absorption der Energie der Sonnenstrahlung statt und hängt mit der Bildung des Chlorophylls, dieses Ernährers des Protoplasmas, zusammen.

Aus den Versuchen ist zu ersehen, dass uns der Dissimilationsprocess wie in den Blättern, so auch in den Wurzelknöllchen einen selbstthätigen Zersetzungsprocess offenbarte. Namentlich in den Knöllchen sinkt die Menge der Eiweissstoffe rapid.

1) Diese Zeitschrift Bd. V, S. 75.

2) Ueber die Verbreitung und physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1896.  
Etude sur la chlorophylle, 1897.



So fand sich an Stickstoff in Form von Eiweissstoffen:

vor der Verdunkelung . . . . .	3.96
nach der Verdunkelung . . . . .	1.57
an Lecithin:	
vor der Verdunkelung . . . . .	1.12
nach der Verdunkelung . . . . .	0.53

Erinnern uns nicht diese Prozesse an die Resultate der Analyse der Knöllchen nach deren Fruchtreife?

Es wurde in den Knöllchen gefunden:

an Stickstoff in Form von Eiweissstoffen	
zur Zeit der Blüthe . . . . .	3.90
nach der Fruchtreife . . . . .	1.51
an Lecithin:	
zur Zeit der Blüthe . . . . .	1.2
nach der Fruchtreife . . . . .	0.43
Lecithingehalt der Wurzel . . . . .	0.46

Durch Einschränkung der Chlorophyllthätigkeit schwindet auch das Lecithin aus den Wurzelknöllchen, und die Menge desselben vermindert sich bis zu jenem Quantum, welches in der blossen Lupinenwurzel enthalten ist.

Tschirsch bemerkte, dass zur Zeit der Fruchtreife die Zellen der Wurzelknöllchen Eiweissstoffe freigeben, welche sich sodann an der Fruchtbildung betheiligen.

Die Verdunkelung der Gewächse schliesst das Assimilationsvermögen des Chlorophylls und eine ganze Reihe von synthetischen Processen aus. Die lebende Materie wird dann durch den Dissimilationsprocess geschwächt und die lebenden Moleküle verlieren die zu ununterbrochenen Lebensprocessen nöthigen Stoffe.

Die Analogie der Metamorphose der Eiweissstoffe und des Lecithins tritt hier in prägnanter Form zu Tage.

Aus den gesammten Forschungen geht hervor, dass die Bildung des Lecithins und der Eiweissstoffe bei der Lupine von der photosynthetischen Assimilation abhängt. Es könnte der Einwand gemacht werden, dass, wenn es bei der Verdunkelung der Vegetation bei der Lupine an Assimilaten fehlt, im Pflanzenorganismus ein gewisser pathologischer Zustand

zu Tage treten müsse und die Regeneration der Eiweissstoffe und des Lecithins deshalb nicht stattfinden könne. Aus unseren weiteren Forschungen ist jedoch ersichtlich, dass die Eiweiss- und die Lecithinsynthese durch die Energie der Sonnenstrahlen in den Chloroplasten hervorgerufen werden. Die chlorophyllfreien Zellen der Pilze bilden ihre Eiweiss- und Lecithinmoleküle ebenfalls durch andere Prozesse als die Phanerogamen, wie wir später sehen werden.