

mal so gross aus als in dem Falle, wo derselbe polarisirende Strom während derselben Zeit in der entgegengesetzten Richtung die Combination durchzieht. In dem erstern Falle werden die von dem polarisirenden Strome an den Electroden erzeugten Aenderungen der Concentration (an der untern eine Concentrirung, an der obern eine Verdünnung) nur ausserordentlich wenig durch die Diffusion verkleinert; in dem letztern Falle zerstört dagegen die Wirkung der Schwere die durch den Stromdurchgang an den Electroden erzeugten Concentrationsänderungen der Zinksulphatlösung fast vollständig.

Ueber Eiweisszersetzung im Pflanzenorganismus.

Von

Ernst Schulze.

(Der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich vorgetragen am
20. Januar 1879.)

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass die grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzen sich hinsichtlich der Art ihrer Nahrung scharf von den Thieren unterscheiden. Die Letzteren müssen verbrennliche organische Stoffe von complicirter Zusammensetzung (Eiweissstoffe, Kohlehydrate etc.) aufnehmen, um am Leben bleiben zu können; die grünen Pflanzen dagegen vermögen sich von weit einfacher zusammengesetzten unverbrennlichen Stoffen, nämlich von Kohlensäure und anorganischen Salzen, zu ernähren.

Man würde aber sehr irren, wenn man aus dieser Thatsache schliessen wollte, dass der ganze Stoffwechsel

der Pflanzen in directem Gegensatz zu demjenigen der Thiere stände. Die Unrichtigkeit eines solchen Schlusses ergibt sich ja schon aus dem Umstande, dass die Pflanzen einen Athmungsprocess unterhalten, welcher in seinem Wesen der thierischen Athmung ganz analog ist; sie nehmen Sauerstoff aus der Luft auf und verwenden denselben in ihrem Organismus zu Oxydationen, welche Kohlensäure und Wasser liefern. So lange die grünen Pflanzen sich am Licht befinden, wird die Athmung freilich durch den mit grösserer Intensität stattfindenden Assimilationsprocess verdeckt, in welchem Kohlensäure und Wasser unter Abspaltung von freiem Sauerstoff zu organischer Substanz verarbeitet werden; sie tritt aber ungetrübt hervor, wenn man die Pflanzen ins Dunkle bringt. Dass sie aber nicht erst bei Lichtabschluss beginnt, sondern auch während der Beleuchtung und neben der Assimilation stattfindet, ist mit Sicherheit nachgewiesen worden.

Die Analogie, welche in dieser Hinsicht zwischen dem Stoffwechsel der Pflanzen und demjenigen der Thiere stattfindet, tritt noch schärfer hervor, wenn man auf die Genesis der Athmung und auf ihre Bedeutung für das Leben der Organismen näher eingeht. Im Gegensatz zu früheren Anschauungen hegt man heutzutage bekanntlich die Ansicht, dass die Sauerstoffaufnahme nicht die Ursache für den Stoffzerfall im Thierkörper ist, sondern dass vielmehr dieser Zerfall als das Primäre, die Oxydation erst als ein secundärer Vorgang betrachtet werden muss. In den lebensthätigen thierischen Zellen zerfallen, so scheint es, fortwährend organische Verbindungen von complicirter Zusammensetzung; die dabei entstehenden Producte ziehen durch ihre Affinität zum freien Sauerstoff den letzteren in den Process hinein und werden dabei

oxydirt. Durch diesen Vorgang gewinnt der thierische Organismus die für sein Fortbestehen nothwendigen Betriebskräfte — Kräfte, welche in jenen organischen Verbindungen in Form von Spannkraft (von potentieller Energie) aufgespeichert waren.

Dass das Gleiche auch für die pflanzliche Athmung anzunehmen ist, hat kürzlich Pfeffer ¹⁾ in sehr klarer Weise dargelegt. Das Hineinziehen des freien Sauerstoffs in die lebenden Pflanzenzellen ist höchst wahrscheinlich eine Folge der in diesen Zellen stattfindenden Stoffzeretzung, bei welcher Producte entstehen, die zum Sauerstoff grosse Affinität besitzen; die Stoffzeretzung ist also auch hier als das Primäre, die Oxydation als das Secundäre anzusehen. Was aber die Bedeutung der Athmung für das Leben der Pflanzen betrifft, sowie die Ursachen, aus denen bei Sauerstoffabschluss die Pflanzen zu Grunde gehen, so müssen wir uns denken, dass die Pflanzen ebenso wie die Thiere durch die Athmung die für ihr Fortbestehen unentbehrliche Betriebskraft gewinnen. Ein Unterschied liegt nur darin, dass die grünen Pflanzen sich die spannkraftführenden organischen Verbindungen, deren Zerfall und Oxydation jene Betriebskraft liefert, im Chlorophyll-Apparate unter Arbeitsleistung der Sonnenstrahlen aus Kohlensäure und Wasser selbst zu bereiten vermögen, während die Thiere, und ebenso die chlorophyllfreien Pflanzen, solche spannkraftführende Stoffe von aussen aufnehmen müssen.

Zur Begründung dieser Anschauungen weist Pfeffer

¹⁾ Pfeffer, das Wesen und die Bedeutung der Athmung in der Pflanze. Landw. Jahrbücher von v. Nathusius und Thiel. Bd. 7, S. 805.

auch auf die Zersetzungs Vorgänge hin, welche nach Sauerstoff-Abschluss in lebsthätigen Pflanzenzellen auftreten. Man weiss, dass in Früchten, Wurzeln und anderen Pflanzentheilen, wenn sie in sauerstofffreie Räume gebracht werden, eine Art von Gährung eintritt, bei welcher Alkohol, Kohlensäure und andere (nicht näher bekannte) Produkte entstehen. Pfeffer nimmt an, dass dieser Vorgang nicht erst bei Sauerstoff-Abschluss beginnt und, wenn er eingeleitet ist, bei Sauerstoff-Zutritt stille steht, dass ihm vielmehr die in den lebenden Zellen fortwährend erfolgenden molekularen Umlagerungen zu Grunde liegen, welche natürlich beim Fehlen von Sauerstoff ganz andere Endprodukte liefern müssen, als bei Anwesenheit desselben. Diese Umlagerungen sind es eben, welche die Produkte liefern, die den freien Sauerstoff in die Zellen hineinziehen; sie stehen daher mit der Sauerstoffathmung in genetischem Zusammenhang.

Was nun die Stoffe betrifft, aus denen die Hauptprodukte der pflanzlichen Athmung (Kohlensäure und Wasser) entstehen, so nimmt man an, dass dies vorzüglich Kohlehydrate und Fette sind. Man stützt sich dabei auf die an Keimpflanzen gemachten Beobachtungen. In solchen Pflanzen findet die Athmung mit grosser Intensität statt; sie tritt ferner ganz ungetrübt hervor, da die Keimlinge in der ersten Periode ihres Daseins ¹⁾ wegen Chlorophyll-Mangels nicht zu assimiliren vermögen; die Keimpflanzen bieten daher ein sehr geeignetes Material für das Studium der mit der Athmung verbundenen Stoffmetamorphosen dar. Man findet nun, dass die Stärke und

¹⁾ Welche Periode man verlängern kann, indem man den Pflanzen das Licht entzieht.

das fette Oel, welche in ungekeimten Samen in reichlicher Menge enthalten sind, sich während der Keimung beständig vermindern und schliesslich fast vollständig aufgezehrt werden. Ein Theil dieser Stoffe hat allem Anschein nach zur Bildung von Cellulose, Zucker und anderen Bestandtheilen der Keimpflanzen gedient; für den Rest aber kann man annehmen, dass er durch den während der Keimung aufgenommenen Sauerstoff oxydirt wurde — dass er also die Quelle darstellt, welcher die Hauptprodukte der Athmung, Kohlensäure und Wasser, entstammen. Mit dieser Annahme lassen sich auch die Resultate in Einklang bringen, welche man bei Ermittlung des Mengenverhältnisses zwischen aufgenommenem Sauerstoff und ausgeathmeter Kohlensäure erhalten hat.

Pfeffer macht nun aber mit Recht darauf aufmerksam, dass die in dieser Hinsicht erhaltenen Ergebnisse gar keinen näheren Aufschluss darüber geben, in welcher Weise eigentlich die Athmung sich abspielt. «Nehmen wir es z. B. als bewiesen an, dass in den Keimpflanzen Stärkmehl durch den aufgenommenen Sauerstoff vollständig zu CO^2 und H^2O oxydirt wird, so können doch die C-, H- und O-Atome des Stärke-Moleküls zuvor alle möglichen Umlagerungen erfahren haben; sie können z. B. in den Aufbau eines Eiweissmoleküls getreten sein, dessen mit Sauerstoff-Aufnahme erfolgte Zertrümmerung CO^2 und H^2O lieferte. Und wenn dann die anderen Spaltungsprodukte dieses zertrümmerten Eiweissmoleküls wieder mit den in einem Stärkemolekül vereinten Atomen Eiweiss bildeten, wenn Zertrümmerung und Neubildung sich immer wiederholten, so würden auch dann die Kohlehydrate zu CO^2 und H^2O oxydirt werden.» Dass hier complicirte Processe sich abspielen, ist ja von vornherein wahrscheinlich. Stärke-

körner und Zuckermoleküle verbrennen nicht ohne Weiteres, wenn freier Sauerstoff mit ihnen in Berührung kommt; ihre Oxydation wird erst möglich durch molekulare Wechselwirkungen, denen sie im Protoplasma (in welchem vermuthlich ganz ausschliesslich die mit der Athmung verbundene Oxydation sich vollzieht) ausgesetzt werden; die Athmung muss also eine Folge der im Protoplasma stattfindenden Umsetzungen sein ¹⁾.

Pfeffer deutet in diesen Aeusserungen die Möglichkeit an, dass an den mit der Athmung in Zusammenhang stehenden Zersetzungs Vorgängen stets die Eiweisssubstanzen des Protoplasmas betheiligt sind. Eine solche Annahme muss gewiss a priori für sehr wahrscheinlich erklärt werden. Man kann sich kaum denken, dass jene tief eingreifenden Zersetzungs Vorgänge nur die stickstofffreien Stoffe betreffen, die Eiweisssubstanzen dagegen unberührt lassen; auch findet man ja in den Keimpflanzen Eiweisszersetzungsprodukte in ansehnlicher Menge vor. Ob während der Athmung ein dauerndes Spiel von Zertrümmerung und Neubildung von Eiweissmolekülen stattfindet, das will Pfeffer dahin gestellt sein lassen. Ich glaube nun aber, dass nur mit Hülfe einer solchen Annahme die über die Eiweisszersetzung in Keimpflanzen gemachten Beobachtungen sich in befriedigender Weise erklären lassen; und die dafür sprechenden Resultate meiner Untersuchungen sind es, welche im Folgenden mitgetheilt werden sollen.

Zunächst muss ich einen kurzen Ueberblick über die Ergebnisse früherer Untersuchungen geben. Das erste in Keimpflanzen aufgefundene Eiweisszersetzungsprodukt ist das

¹⁾ A. a. a. O., S. 807.

Asparagin, welches namentlich in den Keimen der Papilionaceen auftritt. Nach den Anschauungen, welche Pfeffer über die Bedeutung der Asparaginbildung für die Keimlinge der genannten Gewächse ausgesprochen hat, bildet es sich aus den Reserve-Eiweissstoffen der Samen, strömt dann in die wachsenden Theile der Keimpflanzen und wird in diesen zu Eiweiss regenerirt; es vermittelt also die Translokation der Eiweissstoffe während der Keimung.

Pfeffer nahm auf Grund der bis dahin bekannt gewordenen Thatsachen an, dass beim Eiweisszerfall in den Keimlingen der Papilionaceen etc. das Asparagin als einziges stickstoffhaltiges Produkt entstehe; diese Annahme lässt sich jedoch nach den Resultaten neuerer Untersuchungen nicht festhalten; denn man hat neben demselben andere stickstoffhaltige Stoffe aufgefunden, welche gleichfalls als Eiweisszersetzungsprodukte anzusehen sind; und dieses Ergebniss liess sich nach den Kenntnissen, welche wir über die Spaltung der Eiweisskörper durch Säuren oder Alkalien besitzen, eigentlich schon voraussehen. Wir wissen, dass die Eiweissstoffe bei Einwirkung der genannten Agentien ein Gemenge von Amidosäuren liefern, in welchem sich stets Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure und Glutaminsäure vorfinden. Solche Substanzen entstehen (neben Peptonen) auch dann, wenn Eiweiss unter dem Einfluss gewisser im Thierkörper vorkommender Fermente zerfällt. Man glaubt daher annehmen zu können, dass dieselben als constituirende Atomgruppen im Eiweissmolekül enthalten sind. In welcher Weise sie unter einander verknüpft sind, ist noch fraglich. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass Asparaginsäure und Glutaminsäure sich im Eiweiss als Asparagin und Glut-

amin¹⁾ vorfinden. Diese Annahmen machen es leicht erklärlich, dass beim Eiweisszerfall in Keimpflanzen Asparagin entsteht; unerklärlich aber würde es sein, wenn das zerfallende Eiweiss kein anderes stickstoffhaltiges Produkt lieferte, man muss vielmehr von vornherein erwarten, dass neben demselben auch Glutamin (oder Glutaminsäure), Leucin, Tyrosin etc. auftreten; und dieser Erwartung entsprechen denn auch die Resultate der neueren Untersuchungen. Der erste jener Stoffe, welcher neben Asparagin nachgewiesen wurde, ist das Leucin; v. Gorup-Besanez fand dasselbe in Wickenkeimen vor. Dann haben J. Barbieri und ich den Nachweis geführt, dass die Kürbiskeimlinge Glutamin enthalten; in diesen Keimlingen fanden wir ferner Tyrosin und einen Körper, der die Eigenschaften des Leucins besass; auch vermochten wir aus denselben etwas Asparaginsäure abzuscheiden, welche ursprünglich jedenfalls als Asparagin sich vorfand. Glutamin ist später durch v. Gorup-Besanez auch in den Wickenkeimen aufgefunden; und wahrscheinlich enthalten die letzteren auch ein wenig Tyrosin²⁾. Sowohl in den Wicken- wie in den Kürbiskeimlingen sind also die bei der künstlichen Eiweisszersetzung stets auftretenden vier Amidosäuren mit grösserer oder geringerer Sicherheit nachgewiesen worden (Asparaginsäure und Glutaminsäure

¹⁾ Diese Körper zerfallen beim Erhitzen mit Säuren oder mit Alkalien in Ammoniak und Asparaginsäure, resp. Glutaminsäure; das bei der Spaltung der Eiweissstoffe durch die genannten Agentien erhaltene Stoffgemenge kann sie daher nicht als solche, sondern nur ihre Zersetzungsprodukte enthalten.

²⁾ Das aus denselben abgeschiedene Roh-Leucin gab Tyrosin-Reaktion, schien also durch eine geringe Tyrosin-Menge verunreinigt zu sein.

in Form von Asparagin und Glutamin). Auch aus den Lupinenkeimlingen lassen sich neben Asparagin stets Amidosäuren abscheiden, welche dem Anschein nach der Leucin-Reihe angehören ¹⁾).

Auffallend aber ist das Mengenverhältniss, in welchem diese Stoffe in den Keimpflanzen auftreten. In den Wickenkeimen findet sich neben viel Asparagin und Leucin das Glutamin nur in sehr geringer Menge und das Tyrosin nur in Spuren. Die Kürbiskeimlinge enthalten viel Glutamin; denn wir vermochten aus denselben pro 100 Theile Trockensubstanz fast 2 Theile Glutaminsäure abzuscheiden ²⁾); die abscheidbare Asparaginsäure betrug dagegen weniger als 0,1 %, das abscheidbare Tyrosin nur 0,2 % der Trockensubstanz; und das Leucin war dem Anschein nach in noch etwas geringerer Menge vorhanden, als Tyrosin. Man kann diese Mengenverhältnisse nicht auf die Constitution der zur Zersetzung gelangten Eiweissstoffe zurückführen. Denn wenn man den Eiweissstoff der Wicken (das Legumin) durch Säuren spaltet, erhält man das Tyrosin nicht bloss in Spuren, sondern in ansehnlicher Menge; die Eiweisssubstanz der Kürbissamen liefert bei gleicher Behandlung die oben genannten Zersetzungsprodukte in ganz anderem Mengenverhältniss, als sie in den Kürbiskeimlingen auftreten; insbesondere erhält man aus derselben sehr viel Leucin ³⁾). Am auffallendsten aber ist

¹⁾ Die Untersuchung derselben ist noch nicht ganz von mir beendigt.

²⁾ Das Glutamin liess sich nicht als solches abscheiden; die glutaminhaltigen Extrakte liefern aber nach dem Kochen mit Salzsäure Glutaminsäure.

³⁾ Nach einer von J. Barbieri und mir unternommenen Untersuchung.

der Unterschied zwischen den während der Keimung und den bei der Zersetzung durch Säuren gebildeten Quantitäten der Zersetzungsprodukte bei dem Eiweissstoff der Lupinen, dem Conglutin. 100 Theile desselben liefern nach Ritthausen bei der Spaltung durch Schwefelsäure 4–5 Theile Glutaminsäure, nur 2 Theile Asparaginsäure, daneben ansehnliche Mengen von Leucin, Tyrosin etc. In den Lupinenkeimlingen dagegen findet sich als Hauptprodukt des Eiweisszerfalls das Asparagin vor. Ich habe sowohl das letztere, wie das in den Keimlingen noch vorhandene Eiweiss quantitativ bestimmt ¹⁾ und die davon vorgefundenen Mengen mit dem Eiweissgehalt der ungekeimten Samen verglichen. Es ergab sich, dass nach 15tägiger Keimung im Dunkeln nur noch $\frac{1}{5}$ der ursprünglichen Eiweissmenge übrig war, und dass vom Stickstoff der verloren gegangenen Eiweissstoffe sich mehr als 60 % in Form von Asparagin vorfanden, nach 24 tägiger Keimung sogar mehr als 70 %. Man kann also mit Hülfe des in den Lupinenkeimlingen vorgehenden Zersetzungsprocesses das Conglutin zum grössten Theil in Asparagin verwandeln, während doch dieser Eiweissstoff bei der Spaltung durch Säuren nur wenig Asparaginsäure liefert und man also nicht annehmen kann, dass er 60 oder gar 70 % des Stickstoffs in Form von Asparagin enthält (oder dass er eine entsprechende Menge einer anderen asparagingebenden Atomgruppe einschliesst).

Diese Erscheinung berechtigt aber nach meiner Ansicht nicht zu dem Schluss, dass der Eiweisszerfall während der Keimung in ganz anderer Weise erfolge, wie ausser-

¹⁾ Die dazu angewendeten Methoden habe ich in den Landw. Jahrbüchern, Bd. 5, S. 821, beschrieben.

halb des Organismus; sie erklärt sich vielmehr höchst wahrscheinlich in folgender Weise: Wir wissen, dass die Eiweisszersetzungsprodukte innerhalb der Keimpflanzen zur Neubildung von Eiweiss dienen (denn sie verschwinden ja später vollständig aus denselben). Es ist nun möglich, dass die verschiedenen, beim Eiweisszerfall neben einander entstehenden Produkte zu diesem Zweck mit ganz ungleicher Schnelligkeit verbraucht werden [denn die Pflanzen haben zur Eiweissbildung nicht ein Gemenge jener Produkte nöthig, sondern es genügt ihnen irgend eines derselben¹⁾]. Wir können uns z. B. denken, dass in den Wickenkeimen Glutamin und Tyrosin weit rascher zu Eiweiss regenerirt werden, als Leucin und Asparagin und sich deshalb in weit geringerer Menge anhäufen. Für die Kürbiskeimlinge wäre dagegen anzunehmen, dass Asparagin, Leucin und Tyrosin rascher verbraucht werden, als Glutamin. Darum finden wir das letztere in grösserer Quantität vor. Starke Ansammlung irgend eines Eiweisszersetzungsprodukts während der Keimung würde also dahin zu deuten sein, dass gerade dieses Produkt in der betreffenden Keimpflanze nur langsam zu Eiweiss regenerirt wird.

Mit Hülfe dieser Hypothese lässt sich jedoch die starke Anhäufung einzelner Eiweisszersetzungsprodukte, so z. B. des Asparagins in Lupinenkeimlingen, noch nicht ohne Weiteres erklären. Denken wir uns, dass der Eiweissstoff der Lupinen (das Conglutin) 20 % seines Stickstoffs in Form von Asparagin enthielte (was vermuthlich viel

¹⁾ Knop und Wolf haben durch Wasserkulturversuche nachgewiesen, dass Roggenpflanzen normal erwachsen, wenn ihnen als alleinige Stickstoffquelle Leucin oder Tyrosin dargeboten wird; dasselbe Resultat erhielt Bente bei Ernährung von Maispflanzen mit Asparagin.

zu hoch angesetzt ist), so könnte bei seinem Zerfall offenbar zunächst nur so viel Asparagin entstehen, dass es 20 % vom Stickstoff der zersetzten Conglutinmenge einschliesst, während 80 % in andere Produkte übergehen müssen. Werden nun die letzteren zur Eiweissbildung in den wachsenden Theilen der Keimlinge rascher verbraucht, als Asparagin, so wird sich jenes Mengenverhältniss mehr und mehr zu Gunsten des Asparagins verschieben. Damit aber ein Verhältniss sich herstellt, wie wir es z. B. in 15 tägigen Lupinenkeimlingen vorfinden, in welchen auf Asparagin mehr als 60 % vom Stickstoff der gesammten Eiweisszersetzungsprodukte fallen, müsste jedenfalls ein sehr grosser Theil der letzteren verbraucht worden sein; die Neubildung von Eiweiss müsste also mit grosser Intensität stattgefunden haben. Dem Anschein nach ist dies nicht der Fall gewesen. Denn die 15 tägigen Keimlinge sind ja arm an Eiweissstoffen; und da nun ein Theil der letzteren als unzersetzter Rest des Reserve-Eiweisses in den Cotyledonen enthalten ist, so scheint sich in den wachsenden Theilen der Keimlinge nicht viel Eiweiss auf Kosten von Eiweisszersetzungsprodukten gebildet zu haben.

Um trotzdem an der doch gewiss berechtigten Anschauung festhalten zu können, dass der Eiweissstoff der Lupinen nur eine verhältnissmässig geringe Menge von Asparagin einschliesst und daher bei seinem Zerfall zunächst keine bedeutende Asparagin-Quantität liefern kann, bleibt nach meiner Ansicht nur ein Ausweg übrig: man muss annehmen, dass die in den Lupinenkeimlingen im Ganzen zerfallene Eiweissmenge eine viel grössere ist, als diejenige Quantität, um welche der Eiweissgehalt der Cotyledonen sich verringert hat. Das würde aber der Fall gewesen sein, wenn während der Keimung ein dauerndes

Spiel von Zertrümmerung und Neubildung von Eiweissmolekülen stattfindet. Wenn nun bei der Neubildung vorzugsweise das Asparagin übrig bleibt, während die anderen Spaltungsprodukte vollständiger verbraucht werden, so muss nach öfterer Wiederholung des Eiweiss-Bildungs- und Zersetzungsprocesses der grösste Theil vom Stickstoff des verloren gegangenen Eiweisses sich in Form von Asparagin vorfinden. Von der grossen Asparaginmenge, welche z. B. in 15tägigen Lupinenkeimlingen sich vorfindet, würde also nur ein Theil direkt von Reserve-Eiweiss der Cotyledonen stammen; der Rest würde von Eiweissstoffen geliefert sein, welche auf Kosten der aus den Cotyledonen in die übrigen Pflanzentheile abfliessenden Eiweisszersetzungsprodukte gebildet, später aber wieder zerfallen sind.

Diese Annahme entspricht freilich nicht der bis jetzt wohl allgemein gehegten Ansicht, dass der Eiweisszerfall seinen Sitz nur in den Cotyledonen habe und nur die hier vorhandenen Reserveeiweissstoffe betreffe, während in den wachsenden Theilen der Keimlinge nur Eiweissbildung erfolge. Die Möglichkeit einer abwechselnden Zersetzung und Neubildung von Eiweiss ist jedoch schon von Pfeffer zugegeben worden, obwohl er sich nicht bestimmt für das Statthaben derselben aussprechen zu können glaubt. Ferner aber lässt sich zeigen, dass die Vertheilung der Eiweisszersetzungsprodukte in den Lupinenkeimlingen mit den von mir gemachten Annahmen in Einklang steht. Wenn man nämlich die Cotyledonen und die übrigen Theile der Keimlinge getrennt untersucht, so findet man grosse Unterschiede im Asparagingehalt. Zum Beweise können die folgenden, an Pflanzen verschiedenen Alters gewonnenen Zahlen dienen:

		die Trockensubstanz der Cotyledonen enthält:	die Trockensubstanz der übrigen Pflanzentheile enthält:
		Asparagin	Asparagin
4 tägige Keimlinge	} im Dunkeln	1,95%	14,26%
6 " "		4,32	20,00
12 " "	} gezogen	7,93	29,29
12 " "		im Licht gezogen	9,75
11 " "	(aus anderem Samen)	7,62	31,81

Der procentige Asparagingehalt der Cotyledonen beträgt also bei den 4tägigen Keimlingen nur $\frac{1}{7}$ von demjenigen der übrigen Pflanzentheile; bei den 6tägigen Keimlingen etwa $\frac{1}{5}$, bei den 11—12tägigen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$. Man könnte nun denken, dass trotzdem der Saft der Cotyledonen procentig reicher an Asparagin wäre, als der Saft der wachsenden Pflanzentheile. Aber auch dies ist nicht der Fall, wie die folgenden Angaben erweisen:

		In den frischen Cotyledonen kommen auf 100 Th. Wasser:	In den übrigen Pflanzentheilen kommen auf 100 Th. Wasser:
		Asparagin	Asparagin
4 tägige Keimlinge	} im Dunkeln	0,65 Th.	1,30 Th.
6 " "		} gezogen	1,09
12 " "	} im Licht gezogen		1,07
12 " "		(aus anderem Samen)	1,49
11 " "		1,23	1,62

Dagegen finden sich die übrigen, neben dem Asparagin noch entstandenen Eiweisszersetzungsprodukte in den Cotyledonen in weit grösserer Menge vor, als in den wachsenden Pflanzentheilen. Zum Beweise mögen die folgenden Zahlen dienen, aus denen sich ergibt, dass in den vom Eiweiss befreiten wässerigen Extrakten aus den Cotyledonen ein verhältnissmässig geringer Theil des Stickstoffs auf Asparagin fällt, ein sehr grosser Theil auf andere

Stoffe, während dagegen in den entsprechenden Extrakten aus den übrigen Pflanzentheilen das Verhältniss ein umgekehrtes ist:

		Vom Stickstoff des eiweissfreien Extrakts aus Cotyledonen		Vom Stickstoff des eiweissfreien Extrakts aus den übrigen Pflanzentheilen	
		fallen		fallen	
		auf Asparagin	auf andere N-haltige Stoffe ¹⁾	auf Asparagin	auf andere N-haltige Stoffe
im Dunkeln gezogen	4 tägige Keimlinge	17,5%	82,5%	70,0%	30,0%
	6 " "	20,5	79,5	68,8	31,2
	12 " "	26,2	73,8	78,1	21,9
	11 " "	22,6	77,4	80,1	19,9

Diese Zahlen weisen darauf hin, dass beim Zerfall der Reserve-Eiweissstoffe in den Cotyledonen das Asparagin durchaus nicht in überwiegender Menge entsteht (denn vom Stickstoff des eiweissfreien Extrakts aus Cotyledonen fallen ja nur 17,5—26,2% auf Asparagin); ferner aber führen sie zu dem Schluss, dass die Asparaginbildung nicht bloss in den Cotyledonen erfolgt. Wenn letzteres der Fall wäre, wenn also die übrigen Pflanzentheile ihr Asparagin ausschliesslich aus den Cotyledonen (durch Diosmose) erhielten, so müsste sich dieser Stoff doch in den

¹⁾ Dass unter diesen „anderen stickstoffhaltigen Stoffen“ sich Amidosäuren in beträchtlicher Menge vorfinden, wurde mit Hülfe einer von Sachsse und Kormann zur Bestimmung des in Amido-Form vorhandenen Stickstoffs angegebenen Methode mit Sicherheit nachgewiesen; es ergibt sich ferner auch aus der Thatsache, dass sich Leucin-ähnliche Amidosäuren aus den Lupinenkeimlingen abscheiden lassen. Uebrigens sind jene „anderen stickstoffhaltigen Stoffe“ nicht ausschliesslich Eiweisszersetzungsprodukte; denn schon die ungekeimten Samen enthalten neben Eiweiss eine gewisse Menge nicht eiweissartiger Stickstoffverbindungen.

letzteren (am Orte seiner Bildung) in grösserer Menge vorfinden, als in den wachsenden Pflanzentheilen, in denen er wahrscheinlich theilweise zur Eiweiss-Neubildung verbraucht wird. Gesetzt aber auch, dass gar kein Verbrauch stattfände, so könnte doch keinesfalls der Saft der wachsenden Pflanzentheile das Asparagin in stärkerer Concentration enthalten, als der Saft der Cotyledonen. Da nun letzteres der Fall ist, so muss man annehmen, dass auch in jenen Pflanzentheilen Asparagin entsteht.

Wenn man nun das auffallend verschiedene Mengenverhältniss ins Auge fasst, in welchem sich Asparagin und die übrigen Eiweisszersetzungsprodukte in den verschiedenen Theilen der Keimlinge vorfinden und sich zugleich daran erinnert, dass die wachsenden Theile relativ arm an Eiweiss sind, so scheint sich zu ergeben, dass in den letzteren die anderen Eiweisszersetzungsprodukte allmählig in Asparagin übergeführt werden. Wir können uns aber nicht denken, dass Leucin, Tyrosin, Glutamin etc. direkt in Asparagin verwandelt werden; ein solcher Vorgang ist uns vielmehr nur verständlich, wenn wir annehmen, dass auf Kosten jener anderen stickstoffhaltigen Stoffe zunächst Eiweiss entsteht, dass letzteres später zerfällt und neben andern Zersetzungsprodukten auch Asparagin liefert. Wenn dann die anderen Produkte wieder zur Eiweissbildung verbraucht werden, während Asparagin grösstentheils (oder seiner ganzen Menge nach) übrig bleibt und wenn dieser Vorgang sich öfter wiederholt, so muss ein immer grösserer Antheil vom Stickstoff der Eiweisszersetzungsprodukte in Asparagin übergehen. Die Annahme, dass in den Keimlingen abwechselnde Bildung und Zersetzung von Eiweiss stattfindet, würde also die starke Anhäufung des Asparagins (oder auch irgend eines

anderen Eiweisszersetzungsprodukts) erklärlich machen. Ein solches dauerndes Spiel von Zertrümmerung und Neubildung von Eiweissmolekülen könnte aber mit der in den Keimlingen stattfindenden Athmung in Zusammenhang stehen ¹⁾.

Eine Anhäufung von Eiweisszersetzungsprodukten findet aber, wie es scheint, nicht nur in Keimpflanzen statt. Es ist bekannt, dass manche als Reservestoffbehälter dienende Pflanzentheile Asparagin in bedeutender Menge enthalten, so z. B. die Kartoffelknollen, die fleischigen Wurzeln einiger Rüben-Arten, die Wurzeln der Scorzonera u. s. w. Wenn man fragt, ob auch hier neben dem Asparagin andere als Eiweisszersetzungsprodukte anzusehende Stickstoffverbindungen sich finden, so kann darauf schon jetzt eine bejahende Antwort gegeben werden, obwohl erst wenige Untersuchungen darüber vorliegen. Durch eine unter Mitwirkung von A. Urich ausgeführte Arbeit ²⁾ habe ich nachgewiesen, dass die Runkelrüben Glutamin enthalten. Dasselbe wurde begleitet von ein wenig As-

¹⁾ Aus der Annahme, dass die Asparaginbildung hauptsächlich im hypocotylen Glied und in der Wurzel erfolgt, erklärt sich auch der relativ hohe Asparagingehalt der im Dunkeln erwachsenen Keimlinge. Es ist früher gezeigt, dass der procentige Asparagingehalt sowohl der Cotyledonen, wie der übrigen Pflanzentheile (auf Trockensubstanz bezogen) ziemlich der gleiche ist, mögen die Pflanzen am Licht oder mögen sie im Dunkeln gezogen sein. In letzterem Falle entwickelt sich aber das hypocotyle Glied viel stärker; es fällt also auf dasselbe ein grösserer Theil von der Gesamttrockensubstanz der Keimlinge; und da nun gerade im hypocotylen Glied lebhaftere Asparaginbildung stattfindet, so muss der Asparagingehalt der Gesamttrockensubstanz bei solchen Pflanzen höher werden, als bei den am Licht erwachsenen.

²⁾ Landw. Versuchsstat. Bd. 20, S. 232.

paragin; die Resultate einiger nach der früher erwähnten Sachsse-Kormann'schen Methode ¹⁾ ausgeführten Bestimmungen machten es ferner wahrscheinlich, dass neben jenen Stoffen auch Amidosäuren sich vorfanden, allerdings nur in geringer Quantität. Nehmen wir letzteres als bewiesen an, so würde sich ergeben, dass unsere Rüben ein Gemenge stickstoffhaltiger Stoffe enthielten, welches dem in den Kürbiskeimlingen vorgefundenen ganz ähnlich war. Der Saft der Kartoffelknollen enthält neben Asparagin gleichfalls Stoffe aus der Classe der Amidosäuren ²⁾. Es liegt nun nahe zu vermuthen, dass die Ursachen, welche in diesen Fällen die Anhäufung solcher Stickstoffverbindungen bedingen, die gleichen sind, wie die in den Keimpflanzen wirkenden.

Nehmen wir es als sicher an, dass mit der Athmung eine abwechselnde Zertrümmerung und Neubildung von Eiweissmolekülen verbunden ist, so muss offenbar eine Anhäufung von Eiweisszersetzungsprodukten dann erfolgen, wenn die Eiweiss-Neubildung mit geringerer Intensität erfolgt, als die Eiweiss-Zersetzung. Das in diesem Falle sich anhäufende Stoffgemenge wird aber wohl niemals die einzelnen Eiweisszersetzungsprodukte in demjenigen Mengenverhältniss enthalten, in welchem sie aus dem Eiweiss ursprünglich entstanden sind; vielmehr werden in jenem Gemenge diejenigen Stoffe prävaliren, welche unter den obwaltenden Umständen der Pflanze für die Eiweiss-Neubildung weniger bequem sind; denn dass in dieser Hinsicht eine Verschiedenheit zwischen den verschiedenen

¹⁾ M. vgl. die Anmerkung auf S. 380.

²⁾ Nach einer von J. Barbieri und mir ausgeführten Arbeit, Landw. Versuchsst. Bd. 21, S. 63.

Eiweisszersetzungsprodukten besteht, ist wohl a priori anzunehmen. In sehr vielen Fällen scheint das Asparagin dasjenige Produkt zu sein, dessen Rückverwandlung in Eiweiss der Pflanze die meiste Schwierigkeit macht und darum scheint sich dieses so oft anzuhäufen; dass aber verschiedene Pflanzen sich in dieser Beziehung nicht ganz gleich verhalten, beweisen die Kürbiskeimlinge, in denen Glutamin sich anhäuft, während Asparagin dem Anschein nach rasch zu Eiweiss regenerirt wird.

Die Ansammlung der Eiweisszersetzungsprodukte ist stets nur eine vorübergehende, falls sich die Pflanzen unter normalen Verhältnissen befinden. Man findet z. B. in den am Licht sich entwickelnden Lupinenpflanzen nicht viel Asparagin mehr vor, wenn dieselben 10—12 Laubblättchen entfaltet haben. Der Glutamin-Gehalt der Rübenwurzeln verringert sich bis auf einen geringen Betrag, wenn man dieselben wieder einpflanzt und austreiben lässt; das Glutamin geht dann in die Triebe über und wird hier offenbar zu Eiweiss regenerirt. Auch bei den Lupinen scheint die Umwandlung des Asparagins in Eiweiss in den oberen Theilen (Laubblättchen, Stammspitze etc.) zu erfolgen; denn als ich von asparaginreichen Pflänzchen diese Theile abschnitt und getrennt untersuchte, fand ich sie weit ärmer an Asparagin, als das hypocotyle Glied und die Wurzel. In diesen Organen, ebenso wie in den jungen Trieben der Rüben, sind die Verhältnisse offenbar sehr günstig für die Neubildung von Eiweiss; dieselben erweisen sich daher auch als eiweissreich, während die fleischigen Wurzeln der Rüben, sowie die Wurzel und das hypocotyle Glied der Lupinenkeimlinge im Verhältniss zu ihrem Stickstoffgehalt auffallend arm an Eiweissstoffen sind.

Die Annahme, dass in manchen Pflanzentheilen die

Eiweiss-Neubildung, in anderen die Eiweisszersetzung überwiegt, erklärt also in Verbindung mit der früher gemachten Hypothese sowohl die Anhäufung des Asparagins und anderer Eiweisszersetzungsprodukte, als auch das Wiederverschwinden derselben — ohne dass man nöthig hätte, sich die Vorstellung zu machen, dass die Pflanzen in manchen Vegetationsperioden gar nicht die Fähigkeit besässen, Asparagin oder irgend ein anderes Eiweisszersetzungsprodukt in Eiweiss umzuwandeln, in andern Vegetationsperioden aber diese Fähigkeit wieder erhielten. Was für Umstände es aber sind, durch welche die Eiweissbildung begünstigt wird, darüber lässt sich etwas Gewisses nicht aussagen; da jedoch — wie früher erwähnt ist — in stark assimilirenden Organen allem Anschein nach auch starke Eiweissbildung stattfindet, so kann man vielleicht annehmen, dass reichliches Vorhandensein physiologisch thätiger stickstofffreier Stoffe den letztern Process begünstigt, während bei geringem Vorrath an solchen die Eiweisszersetzung überwiegt ¹⁾).

Schliesslich will ich noch ein Ergebniss meiner Untersuchungen kurz erwähnen, welches in gewisser Hinsicht als Beleg zu den im Eingang über den Verlauf der Stoffzersetzung in Pflanzenzellen ausgesprochenen Anschauungen dienen kann. Mit dem Fortschreiten der Keimung werden die im Dunkeln vegetirenden Keimlinge immer reicher an schwefelsauren Salzen. Es liegt nahe zu vermuthen, dass es der Schwefel der zerfallenen Eiweissstoffe ist,

¹⁾ Man ist versucht, hier eine Analogie mit dem thierischen Stoffwechsel herauszufinden. Durch reichliche Zufuhr stickstofffreier Stoffe in der Nahrung kann man bekanntlich den Eiweisszerfall im Thierkörper herabdrücken, durch Verminderung jener Stoffe denselben steigern.

welcher in Schwefelsäure übergeht; und für die Richtigkeit dieser Vermuthung spricht in sehr entschiedener Weise der Umstand, dass bei den älteren Keimpflanzen die während der Keimung gebildete Schwefelsäure-Menge sehr annähernd mit derjenigen Quantität übereinstimmt, welche aus dem Schwefel der zersetzten Eiweissstoffe hätte entstehen können.

Aber nur nach längerer Dauer der Keimung zeigte sich diese Uebereinstimmung, nicht in den ersten Keimungsstadien. In 7tägigen Lupinenkeimlingen hatte sich z. B. nur etwa halb so viel Schwefelsäure gebildet, als aus dem Schwefel des zerfallenen Eiweisses hätte entstehen können; 4tägige Keimlinge enthielten nur um ein Geringes mehr Schwefelsäure, als die ungekeimten Samen, obwohl doch in ihnen schon eine beträchtliche Eiweisszersetzung stattgefunden hatte. Je älter aber die Keimlinge waren, desto mehr näherte sich die Schwefelsäure-Zunahme der dem Schwefel des zerfallenen Eiweisses entsprechenden Quantität.

Diese Erscheinung ist, wie ich glaube, nicht schwer zu erklären. Die Eiweissstoffe liefern bei ihrem Zerfall neben Amidosäuren eine schwefelhaltige Atomgruppe, welche durch den während der Keimung aufgenommenen Sauerstoff allmählig oxydirt wird. Anfangs verläuft offenbar der Eiweisszerfall rascher, als die Oxydation der abgespaltenen schwefelhaltigen Gruppe; später nimmt die Oxydation an Intensität zu, während die Menge der Eiweisszersetzungsprodukte sich nur langsam vermehrt; darum nähert sich bei längerer Keimungsdauer die Menge der entstandenen Schwefelsäure immer mehr der dem Schwefel des zersetzten Eiweisses entsprechenden Quantität.

Ein derartiger Verlauf dieses Processes steht aber in

vollkommenem Einklang mit der früher ausgesprochenen Annahme, dass in den Pflanzenzellen ebenso wie im thierischen Organismus der Stoffzerfall das Primäre, die Oxydation erst ein secundärer Vorgang ist ¹⁾.

¹⁾ Erst während ich meinen Vortrag für den Druck niederschreibe, wird mir die in der Botanischen Zeitung (Nr. 51 und 52 des Jahrgangs 1878) mitgetheilte interessante Arbeit Borodin's über die physiologische Rolle und die Verbreitung des Asparagins im Pflanzenreiche zugänglich. In derselben wird der Nachweis geführt, dass in lebenskräftigen Theilen der verschiedensten Pflanzen Asparagin auftritt, sobald diese Theile arm an stickstofffreien Stoffen werden. In Betreff der Eiweisszersetzung im Pflanzenorganismus gelangt Borodin auf Grund seiner Untersuchungen zu Schlussfolgerungen, welche in vielen Punkten mit den im Vorigen von mir geäußerten Anschauungen übereinstimmen.

Notizen.

**Notizen von Herrn Freihauptmann Kündig über
Blüthe und Reife der Trauben bei Zürich (aus dem
Nachlasse des sel. Ingenieur Denzler).**

Jahr.	Blüthe.	Röthen.	Weinlese.	Qualität und Menge.
1822	V 30—VI 15	VII 31	IX 9	Vorzüglich.
24	VII 7—VII 18	IX 10	X 20	Gering.
25	VI 14—VI 30	VIII 20	- 10	Vorzüglich und ziemlich viel.
26	- 28—VII 10	- 28	- 10	Mittelmässig.
27	- 14—VI 30	- 16	- 7	Vorzüglich.
28	- 14— - 30	- 24	- 8	Gut und viel.
29	- 24—VII 10	IX 5	- 20	Sehr schlecht und mittelviel.
30	- 14— - 4	VIII 28	- 14	Mittelmässig und wenig.
31	- 20— - 8	- 25	- 10	Schlecht und mittelviel.
32	- 30— - 15	- 25	- 16	Gut und ziemlich viel.
33	- 2—VI 21	- 22	- 9	Ordentlich.
34	V 30— - 18	- 6	IX 27	58°.
35	VI 18—VII 7	- 26	X 16	30.