

- (107) THAER, Landw. Unkräuter, Berlin 1905, p. 16. - (108) BORNEMANN, 26, 9. 118. - (109) STEBLER, 37, p. 322. - (110) BARNSTEIN, Untersuchungen über d. Futtermittel d. Handels, in Landw. Versuchsstat. 1902, p. 145. - (111) KEMPSKI, 83, p. 141. - (112) GÜMBEL, 20, p. 286. - (113) KEMPSKI, 83, p. 143. - (114) BORNEMANN, 26, p. 117. - (115) KEMPSKI, 83, p. 143. - (116) EISBEIN, Das Unkraut und die Mittel zu seiner Vertilgung, Berlin 1891, p. 33. - (117) WEHSARG, 27, p. 457.

## Ueber Sparstärke.

Von H. ZIEGENSPECK (Königsberg Pr.).

### EINLEITUNG.

Der Verfasser hatte in dem an Collenchym erinnernden Gewebe von Blattstielen von *Tropaeolum majus* mit Jodlösung eine Blaufärbung der Zwickel gefunden. BUSCALIONI (1) gibt an, eine Einkapselung von Stärkekörnern bei *Juncus* und in der Samenschale von *Vicia narbonensis* gefunden zu haben, die an die ROSANOFFschen Oxalat-Kapseln erinnerte. Hierdurch angeregt wollte der Verfasser diese Körper auf ihre Verdaulichkeit mit Diastasen untersuchen und legte Längsschnitte der Blattstiele von *Tropaeolum* in Speichel. Ausser der Unverdaulichkeit der gefundenen Amyloid-Zwickel, die in einer besonderen Arbeit behandelt sind, zeigte sich eine auffällige Widerstandsfähigkeit der Stärkescheide. Da nun für diese nachgewiesen ist, dass sie auch bei Hunger sehr spät nach Entleerung der ganzen Pflanze kurz vor dem Eingehen gelöst wird, kam der Verfasser auf den Gedanken, die Statolith-Stärke der Wurzelpitzen auf ihre Verdaulichkeit in Speichel zu untersuchen. Darauf möge im folgenden berichtet werden.

### KOHLENHYDRATE DER WURZELHAUBEN.

Zerquetscht man die Spitzen wachsender Wurzeln in LUGOLScher Lösung, so findet man in den Hauben mehr oder minder blaugefärbte Stärkekörner. Den reichlichsten Gehalt davon zeigt besonders der mittlere Teil, der sich deshalb oft kegelartig als Columella hervorhebt. Über abweichende Fälle wird in einem besonderen Teile der Abhandlung zu berichten sein. Weitaus am häufigsten nehmen diese Körner eine blaue bis violette Färbung an, sie sind also dadurch als Stärke (Amylum) gekennzeichnet. Bei *Allium Cepa* jedoch fand HUSEK (2) eine Rotfärbung der Körner. Man müsste also den Reservestoff zum "Amylodextrin" rechnen. Das gleiche Verhalten konnte für eine Reihe anderer Pflanzen nachgewiesen werden (siehe Zusammenstellung). Bei *Elodea crispa* war keine Stärke auffindbar, dagegen nahmen die Zellwandungen des inneren Teiles der Haube eine schmutzig violette Amyloidfärbung an.

#### Zusammenstellung der Pflanzen, in deren Wurzelhauben "Amylodextrin" gefunden wurde.

<i>Allium Cepa</i>	<i>Anthericum ramosum</i>	<i>Coriandrum sativum</i>
- <i>Porrum</i>	<i>Gentiana lutea</i>	<i>Cuminum Cyminum</i>
- <i>sativum</i>	- <i>Wettsteinii</i>	<i>Anthericum silvestre</i>
- <i>fistulosum</i>	- <i>acaulis</i>	<i>Tragopogon pratensis</i>
- <i>fallax</i>	- <i>ciliata</i>	<i>Lampsana communis</i>
- <i>oleraceum</i>	<i>Dianthus plumarius</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
- <i>ophiocarpum</i>	<i>Corrigiola litoralis</i>	<i>Senecio vulgaris.</i>
<i>Anthericum Liliago</i>	<i>Foeniculum officinale</i>	

(Um sich Dauerpräparate von Jodfärbungen zu machen, empfiehlt sich das Ein-

legen in eine mit Jodjodkali versetzte, konzentrierte Rohrzuckerlösung. Sobald nach einem Liegen Kristalle anzuschliessen beginnen, umrandet man mit Kanadabalsam. Noch nach 2 1/2 jährigem Liegen waren die Färbungen allerdings mit einem rötlichen Stiche zu sehen.)

War somit die weite Verbreitung dieser Stoffe nachgewiesen, so drängte sich die Frage nach ihrer Rolle im pflanzlichen Stoffwechsel auf. Zunächst wäre eine Reservestoff-Natur zu vermuten gewesen. Um den Verbrauch zu erkennen, wurden die Wurzelenden von verschiedenen Keimlingen ca. 1 cm lang abgeschnitten und verkehrt in feuchte Kammern gestellt. Der Verfasser benützte zunächst Bohnen-Keimlinge, die in der ganzen Spitze und dem Wurzelgewebe reichlich Stärke führen. Sie hatten nach 4 Tagen deutlich geotropische Reaktionen ausgeführt und alle Stärke außer der Haube war verbraucht. Um auch diese verschwinden zu lassen, bedurfte es eines Zeitraumes von 8 Tagen. Der starke Hunger führte bereits am nächsten Tage zum Absterben. Bei *Vicia Faba* war die Haubenstärke nach 6 Tagen noch nicht angegriffen. Ja bei den nährstoffarmen, dünnen Würzelchen der Gerste war sie teilweise nach 2 Tagen noch erhalten, die anderen hingegen zeigten die Erscheinungen des Absterbens.

Wegen ihrer grossen Widerstandsfähigkeit bei Hunger kann die Stärke wohl kaum als Reservestoff im gewöhnlichen Sinne gedeutet werden. Erst ganz starker Hunger lässt sie kurz vor dem Tode verschwinden.

Wir wollen uns im folgenden die ernährungsphysiologischen Vorgänge in den abgelösten Wurzelspitzen vorstellen. Die Wachstumsgewebe werden am letzten unter Mangel zu leiden haben, denn sie dürften die Atmungs- und Baustoffe der ganzen Wurzel anziehen. Auf die Speicherzellen wird also ein Anreiz ausgeübt werden, d. zur Bildung von Lösungs-Leitera führt, die Speicherstoffe also in Wanderstoffe umbilden. Am mächtigsten wirkt derselbe voraussichtlich auf die Lager in seiner Nähe ein. Aber gerade hier widersteht die Stärke am längsten, erst in der äussersten Not wird sie verdaut. Man muss daher zu der Vermutung gezwungen werden, dass sie von der gewöhnlichen abweicht, dass es ganz bestimmter auf sie geeigneter Lösungs-Leiter bedarf, um sie in den Stoffwechsel einzubeziehen.

#### VERDAUUNGSVERSUCH.

Die ausgesprochene Annahme ist durch Versuch mit Diastasen verschiedener Herkunft beweisbar. Zunächst wurde mit dem stark wirkenden Speichel oder seinen Verdünnungen gearbeitet. Um die Einwirkung des lebenden Plasmas der Zellen auszuschalten, empfiehlt es sich, die Wurzelspitzen in gesättigtem Chloroformwasser abzutöten. Gleichzeitig verhindert dasselbe die Entwicklung von Bakterien und anderen Mikroorganismen. Die Versuchs-Temperatur schwankte zwischen 40 und 50° (das Optimum der Amylase-Wirkung). Wo andere Temperaturen herrschten, ist es in der Zusammenstellung vermerkt.

Fussend auf die PAULOWschen Tierversuche gewinnt man einen besonders gut wirkenden Speichel nach folgendem Suggestions-Verfahren: Ich stellte mir vor, ein Stück Brot zu essen. Hielt mir einen Bissen vor und steckte ihn in den Mund um ihn sofort wieder zu entfernen. Der sich unter Kaubewegung ergieissende Speichel löste, wie Versuche zeigten, besonders gut die Stärke. Er wurde nach Zugabe eines Tröpfchens Chloroform entweder direkt auf die Wurzelspitzen gegossen (unv.) oder mit Wasser verdünnt (z.B. Sp. 1 + 2 das Verhältnis in der Tabelle anzeigend). Der Ausfall des Versuches ist wie in der ganzen anderen Arbeit in d. Zusammenstellungen folgendermassen bezeichnet:

- = verdaut
- + = wenig vorhanden
- ++ = reichlich vorhanden
- +++ = sehr reichlich.

Die Widerstandsfähigkeit der Haubenstärken gegen Speichel bzw. dessen Verdünnungen war für jede Pflanzenart verschieden. Zum Erzielen von Vergleichswerten empfiehlt es sich, diejenigen Fermente einwirken zu lassen, die der Pflanze zum Lösen ihrer Vorräte im Samen oder sonstigen Speichern dienen. Hierzu zerreibt

Aufstellung der Verdauungsversuche.  
I. Die Wurzelhaube führt Stärke.

Art	Diastase	Dauer	Ist noch unverd. Stärke vorh.?	Ist Stärke i. Sam.?	Ist Stärke i. Wurz?	Vorhanden- sein ande- rer Kohl.- Hydrate	Desin- fekti- onsmit- tel	Art d. Materi- als	Tempe- ratur.
<i>Hordeum vulgare</i>	Sp.unv.	10d	-	+++		Zucker	Toluol	Alkoh.	Gewächsh.
	Sp.1+4	10d	+++	+++		"	"	"	"
	Sp.1+2	20h	+++	+++		"	"	"	40-50°
	Sp.1+2	20h	+++	+++		"	Chlorof	Frisch	"
	Eigene	24h	+++	+++		"	"	"	"
<i>Secale cereale</i>	"	24h	+++	+++		"	"	"	"
	Gerste	24h	+++	+++		"	"	"	"
	Sp.1+2	24h	+++	+++		"	"	"	"
	Sp.unv.	24h	-	+++		"	"	"	"
<i>Avena sativa</i>	Sp.1+2	24h	+++	+++		"	"	"	"
	Sp.unv.	23h	-	+++		"	"	"	"
	Gerste	24h	+++	+++		"	"	"	"
<i>Zea Mays</i>	Eigene	24h	+++	+++		"	"	"	"
	Sp.unv.	20h	-	+++		"	"	"	"
	Myac-intus	Spl+2	-	-		Isatin?	"	"	"
<i>Crocus sativus</i>	Spl+2	24h	+++	-	+++		"	"	"
	Eigene	24h	+++	-	+++		"	"	"
	Gerste	24h	+++	-	+++		"	"	"
<i>Narc. Jonqu.</i>									
	Spl+2	24h	+++	-	--	Sinistr.?	"	"	"
<i>Tulipa suaveol.</i>									
	Spl+2	24h	+++	-	++		"	"	"
<i>Trianea bogot.</i>									
	Spl+2	24h	+++	+++	+++		"	"	"
<i>Fagop. escul.</i>							"	"	
	Eigene	3d	+++	+++	+++		"	"	"
<i>Chenop. Quinoa</i>									
	Spl+2	24h	-	+++	-	Zucker	"	"	"
<i>Chenop. urbicum</i>									
	Spl+2	24h	-	+++			"	"	"
<i>Urtica pilulif.</i>									
	Spl+2	24h	-	-	-	Zucker?	"	"	"
<i>Silene nutans</i>									
	Spl+2	24h	±	+++	-		"	"	"
<i>Sinapis alba</i>									
	Sp.unv.	24h	-	-	-	Zucker	"	"	"
	Spl+2	24h	-	-	-	und	"	"	"
<i>Lepid. sativ.</i>						Glycos.	"	"	
	Spl+3	20h	-	-	-		"	"	"
	Sp.unv.	20h	++	++	+++	dto.	"	"	"
<i>Phaseol. multifl.</i>									
	Sp.unv.	10d	-	++	+++		"	"	
<i>Oenobr. sativa</i>	Eigene	23h	++	++	+++		"	"	
	Eigene	23h	+++	+++	+++		"	"	"
<i>Trifol. pratense</i>									
	Eigene	23h	+++	-	+++		"	"	"

Gewächsh.  
40-50°

Art	Diastase	Dau-er	Ist noch unverd. Stärke vorh.?	Ist Stärke i. Sam.?	Ist Stärke i. Wurz?	Vorhanden- sein ande- rer Kohl.- Hydrate	Desin- fektionsmit- tel	Art d. Materi- als	Tempe- ratur.
Pisum sativum	Eigener	24h	+++	+++	+++		Chlorof.	Frisch	40-50°
	Sp.1+3	24h	+	+++	+++		"	"	"
	Gersten	24h	-	+++	+++		"	"	"
Vicia Faba	Eigener	24h	+++	+++	+++		"	"	"
	Sp.unv.	24h	+++	+++	+++		"	"	Gewächsh.
Lupinus luteus	Sp.1+2	10d	-	+++	+++		"	"	40-50°
	Eigener	24h	+++	-	+++		"	"	"
	Eigener	3 d	+++	-	+++		"	"	"
Lens escul.	Sp.1+2	24h	-	-	+++		"	"	"
	Eigener	24h	+++	+++	+++		"	"	"
	Eigener	5 d	+++	+++	+++		"	"	"
Vicia sativa	Eigener	24h	+++	+++	+++		"	"	"
Robinia Pseudac.	Eigener	5 d	+++	+++	+++		"	"	"
Lathyr. odorat.	Eigener	24h	+++		+++		"	"	"
Tropaeol. majus	Eigener	3 d	+++	+++	+++		"	"	"
	Sp. unv.	24h	+	-	+++		"	"	"
Senecio vulgaris	Sp.1+2	24h	-	-	-	Inulin	"	"	"
Helianth. annuus	Sp.unv.	10d	-	-	-	"	"	"	"
	Sp.1+2	24h	++	-	-	"	"	"	"
Lactuca sativa	Malz	30h	++	-	-	"	"	"	"
	Eigener	24h	+++	-	-	"	"	"	"
	Gersten	24h	-	-	-	"	"	"	"
Lobelia Erikins	Sp.unv.	24h	+	-	-	"	"	"	"
	Sp.1+2	24h	-	-	-	"	"	"	"

## II. Die Wurzelhaube führt "Amylodextrin".

Allium	Sp.unv.	24h	1)	-	-	Zucker	"	"	"
Cepa	Eigener	24h	+++	-	-	"	"	"	"
Allium Porrum	Sp.1+2	24h	-	-	-	"	"	"	"
Allium Schoenopras.	Sp.1+2	24h	-	-	-	Sinistrin	"	"	"
Tragopogon pratensis.	Sp.2+1	18h	+	-	-	Imulin	"	"	"
Brassica oleracea	Sp.2+1	18h	-	-	-	Zucker	"	"	"
Gentiana lutea	Gersten	18h	+++	-	-	"	"	"	"
Gentiana acaulis	Sp.1+2	24h	-	-	-	"	"	"	"
Cuminum	Eigener	24h	+++	-	-	"	"	"	"
Cyminum	Sp.1+2	24h	-	-	-	"	"	"	"

1) unverdautes Amylodextrin.

Art	Diastase	Dauer	Ist noch unverd. Stärke vorh.?	Ist Stärke i. Sam.?	Ist Stärke i. Wurz?	Vorhanden sein ande- rer Kohl.- Hydrate	Desin- fekti- onsmit- tel	Art d. Materi- als	Tempe- ratur.
Foenicul. officin.	Eigener	24h	+++	-	-	Zucker	Chlorof	Frisch	40-50°
Coriandr. sativ.	Eigener	24h	+++	-	-	"	"	"	"

## III. Die Wurzelhaube führt Amyloid.

Elodea crispa	Sp	24h	Amyloid						
------------------	----	-----	---------	--	--	--	--	--	--

man die angekeimten und getriebenen Pflanzenteile mit Glassplitterr und versetzt den Brei mit Wasser und Glycerin zu gleichen Teilen. Der durch Umschwenken unter Vermeiden von schädlichem Schütten gewonnene Auszug wurde zum Klären und Absetzen nach 2 Tagen in ein Spitzglas gegossen. Er wurde nun sofort auf die mit Chloroform abgetöteten Pflanzenteile gegeben, da ein zu langes Stehen die Wirkung etwas herabgesetzt. Solche Lösungen wurden in der obigen Aufstellung mit "eigen", "Gerste" etc. bezeichnet.

Da durch die Versuche von GRÜSS (3) schon die Diffusion der Amylasen bewiesen ist, so dürfte es nicht verwunderlich sein, wenn die Dicke der Wurzeln ohne ausschlaggebende Bedeutung ist. Es wurden im Speichel 1+2 die Körner der dicken Lupinenwurzel in 24h verdaut, während die der dünnen Gerste in der gleichen Zeit nicht angegriffen wurden.

Man kann daher aus den Ergebnissen die nachstehenden Sätze ableiten:

1. Die Stärken der Hauben verhalten sich den gleichen Fermenten gegenüber verschieden. Die jeder Art ist auf eine bestimmte Diastasemenge eingestellt.

2. Das Lösungsferment der Speicher greift den Reservestoff der Columella niemals an. (Wie GRÜSS nachgewiesen, enthalten auch keimende Ölsamen Diastase)

3a. Das Amylum der Wurzelspitzen von Pflanzen, deren unterirdischer Anteil Stärke führt, ist schwerer verdaulich als das von dort stärkefreien. Man muss den Teil des Organes in erster Linie mit dem ganzen Organ selbst vergleichen, erst in zweiter Linie mit dem ganzen Körper. Oberirdischer und unterirdischer Anteil derselben Pflanze verhält sich durchaus nicht immer gleich.

3b. Amylodextrin und leicht verdauliche Stärke findet man nur bei solchen Arten, die wenig oder gar keine Stärke speichern, sondern Inulin, Sinistrin, Zucker und dergleichen bilden. Die an sich leicht verdaulichen Körper widerstehen dann doch den hier bei Hunger auftretenden Lösungsfermenten. Ob der als Amylodextrin bezeichnete Körper nun ein anderes Polysaccharid ist oder nur eine weniger dichte Anordnung der gleichen Körper wie in der Stärke darstellt, ist für die Bedeutung in unserm Falle gleichgültig. Sicher ist es leichter verarbeitbar durch Fermente.

4. Es besteht ein deutlicher Unterschied in der Verdaulichkeit zwischen den Reservestoffen der Haube und den gewöhnlich auftretenden. Die ersteren sind bei allen die widerstandsfähigeren.

## VERARBEITUNG DER HAUBENSTÄRKEN BEIM VERLETZEN DER SPITZE.

Schon HABERLANDT wies auf die Ähnlichkeit der Columella und der Stärkescheide oberirdischer Organe hin. Für letztere ist nun durch USSLEPP (4) ein eigenartiges Verhalten bei Verletzungen nachgewiesen worden. Die dem Hunger solange widerstandsfähige Stärke wird dann leicht und restlos gelöst. Er deutet sie daher

als einen Schutz des Stammes, wie sie ja auch in ihrer Anordnung an manche biologische Schutzstoffe erinnert. Ähnliches dürfte daher auch für die Stärke der Wurzelspitzen zu erwarten sein. Sieht man doch ihre Aufgabe im Schutz des empfindlichen Gewebes. Dringt eine Wurzel im Boden vor, so treibt sie die Haube wie eine Bohrkrone vor sich her. Beim Anstossen an einen festen Gegenstand kann sie sich leicht verletzen. Ahmt man das durch Anstechen der Spitzen mit Nadeln nach so findet man eine Verarbeitung der Stärke oder des "Amylodextrins" in der Nähe der Verwundung. Je nach der Schwere der Verletzung tritt das in mehr oder minder grossem Umfange ein. Die Ergebnisse der Versuche sind im folgenden zusammengestellt.

=====

Verletzungsversuche.

Name	Nach d. Vers. noch vorhand.	Verletzt am	Dauer	Verarb.	Nach ? am Stund.	Hunger noch vorhanden?
	Stärke Amylod.					
Allium Cepa	-	12.I.17	2 d	14.I.17	2	-
Phaseolus	-	12.I.17	2 d	14.I.17	4	+++
Hordeum	-	12.I.17	2 d	14.I.17	2	- bis +++
Zea Mays	-	20.I.17	2 d	22.I.17		
Tropaeolum	-	20.I.17	2 d	22.I.17		
Brassica oleracea	-	20.I.17	2 d	22.I.17		
Tragopogon pratens.	†	23.I.17	18h	24.I.17		
Vicia Faba	-	12.I.17	6 d	17.I.17	6	+++

Verletzungsferment.

=====

Zea Mays                    11 h                    - bis +                    30 - 50° im Ofen

=====

Dass dergleichen auch in der Natur eintritt, zeigte eine Wurzelspitze von *Ranunculus repens*, die zufällig ausgegraben wurde. Sie zeigte eine deutliche Verarbeitung der Stärke in der Nähe der etwas gebräunten Wundränder. Zieht man solche verletzte Wurzelspitzen aus, die folglich ihre Haubenstärke vermut haben, so ist der Glycerin-Auszug des Organbreies imstande, die Haubenstärke unverletzter abgetöteter Wurzelspitzen zu verdauen. Das konnte für *Zea Mays* nachgewiesen werden.

Die Reservestoffe der Wurzelhauben werden also niedergelegt, um bei Verletzungen sofort Baustoffe bei der Hand zu haben. Die sonst schwer verarbeitbaren Körper werden durch die eigens hierzu gebildeten Verletzungs-Fermente rasch und glatt gelöst.

VERARBEITUNG IM LAUFE DES WACHSTUMS.

Aus Längsschnitten durch die Wurzelspitzen ist es deutlich ersichtlich, dass die jugendlichen innen gelegenen Zellen der Wurzelhaube den grössten Stärkegehalt besitzen. Je weiter die Schicht infolge des Wachstums nach den Flanken gelangt, desto mehr verarmen die Zellen unter Streckung. Die Mitte des Gewebes wird nicht so stark gedehnt und besitzt daher noch Stärke, wenn die Flanken bereits entleert sind. Dadurch entsteht das Bild einer Stärke-Säule (Columella). Nach aussen zu werden dann auch die mittleren Zellen grösser und ihre Stärke verschwindet. Hand in Hand mit der Streckung der Zelle, die ihre grösste Höhe in d. Richtung des grössten Widerstandes besitzen, geht eine Verschleimung der äusseren Zellwandschicht. Die Stärke dient also zur Ausbildung von Zellwänden und Schleim. Die Wirkung des letzteren dürfte wohl in der einer Gleitschmierre zu suchen sein. Hierdurch dringt die Wurzel leichter im Boden vor (5).

## VORKOMMEN VON STÄRKE IN RUHENDEN WURZELSPITZEN.

Haben wir im bisherigen das Schicksal der Haubenstärke in der Zeit des Wachstums der Wurzel betrachtet, so wollen wir im folgenden die Veränderungen beim Eintreten der Ruhezeit und während derselben verfolgen. Wie in einer späteren Arbeit des näheren ausgeführt werden soll, zeigt das Wurzelsystem ebenso wie der Spross häufig eine Gliederung in lange Zeit sich streckende Triebe und solche von nur beschränktem Längenwachstum. Die ersten dringen rasch ins Erdreich vor und eröffnen der Pflanze neue Nahrungsgebiete. Man kann sie mit den Langtrieben der Stämme vergleichen und Triebwurzeln nennen. Die anderen hingegen bilden das Erdreich lange Zeit aus und haben nur ein kurzes Wachstum.

Diese Kurztriebe bleiben oft nur ein einziges Jahr als Ernährungsorgane in Wirkung. Am Ende desselben umgibt sich ihre Spitze häufig mit einer festen Hülle, von H. MÜLLER (6) Metacutis genannt. Wir wollen uns zunächst auf einigen Monokotyledonen beschränken.

Zur Orientierung über die anatomischen Verhältnisse sei auf die angeführte Arbeit verwiesen. Als Schulbeispiel führt MÜLLER die Wurzeln des Maiglöckchens an. Die Wurzeln werden in der Blütezeit angelegt und arbeiten den ganzen Sommer über als Aufnahmegeräte. Ihre Hauben unterscheiden sich in nichts von denen anderer Pflanzen. Gegen das Ende der Vegetationszeit (Spätsommer bis Herbst) stellen die Wurzeln ihre Tätigkeit ein und verändern die äusseren Teile der Wurzelhaube. Die eigenartige gleichzeitige Verholzung und Verkorkung erstreckt sich auf die Aussenseite der Haube. Da sie auf die jüngsten Zellen des anschliessenden Epiblems übergreift, so ist ein dichter Verschluss der Spitze und ein Zusammenhang mit der Intercutis hergestellt. Die man abgeschlossenen Wurzeln stellen ihr Vorwärtswachsen oft für immer ein. In ihrer Haube findet sich dann gar keine Stärke. Diese Metakutis fand MÜLLER bei anderen ausdauernden Monokotyledonen, aber nur bei solchen mit Knollen oder Wurzelstäbchen (siehe die Zusammenstellung am Schluss der folgenden Tabelle).

\*\*\*\*\*  
Beziehungen zwischen Metakutisierung und Stärke- (Amylodextrin-) Gehalt.

Name	Frühjahr		Sommer		Herbst		Winter	
	Stärke	Meta- kutis	Stär- ke	Meta- kutis	Stärke	Meta- kutis	Stär- ke	Meta- kutis
Convallaria majalis alte Wurz.	-	+++	-	+++	-	+++	-	+++
- - junge wachsende Wurz.	+++	-	+++	-	+++	-		
Yucca filamentosa alte Wurzeln	-	+++						
- - junge Wurzeln	+++	-	+++	-				
Anthericum Liliago alte Wurzeln	- 1)	+++						
- - junge Wurzeln	+++	-			1) Amylodextrin.			
Anthericum ramosum	-	+++			2) Gute Metakutis gesprengt.			
Hemerocallis flava	-	+++						
Veratrum nigrum alte Wurzeln	-	---						
- - junge Wurzeln	+++	- 2)						
Funkia Sieboldii alte Wurzeln	-	+++						
- - junge Wurzeln	+++	-						
Polygonatum latifol. alte Wurz.	-.	+++						
- - junge Wurzeln	+++	-						
Tradescantia zebrina Luftwurz.	.							
- - alte Wurzeln	+	+++						
- - junge Wurzeln	+++	-						
Juncus prolif. ageotrope und anageotrope Wurzeln						+++		

Name	Frühjahr		Sommer		Herbst		Winter	
	Stärke	Metakutis	Stärke	Metakutis	Stärke	Metakutis	Stärke	Metakutis
<i>Zebrina pendula</i> , Gewächshaus								
Erdwurzel		+++		-				
Luftwurzel		-		+++				
<i>Smilacina racemosa</i> alte Wurzeln								
- - junge Wurzeln								
<i>Tradescantia virgin.</i> Hauptwurz.								
- - Nebenwurzeln					+++	-		
					±	+++ 3)		

Name	Sommer		Winter	
	Stärke	Metakut.	Stärke	Metakut.
<i>Pandanus</i> , Luftwurzeln	-	+++		
- Erdwurzeln	+++	-		
<i>Picea excelsa</i> , <i>P. pungens</i> , <i>P. orientalis</i>			‡	+++
<i>Thuja occidentalis</i>			+++	+++
<i>Abies nobilis</i>			±	+++
- <i>Nordmanniana</i>			+++	+++
<i>Tsuga canadensis</i>			+++	+++
<i>Pinus pumilio</i> , <i>P. mughus</i> , <i>P. silvestris</i> , <i>P. Cembra</i>			+++	+++
<i>Juniperus Sabina</i> , <i>J. japonicus</i>			+++	+++
<i>Chamaecyparis Lawsoniana</i>			+++	+++
<i>Taxus baccata</i>			+++	+++
<i>Festuca ovina</i>			-	+++
<i>Sealeria coerulea</i> , Langtriebe			+++	-
- - Kurztriebe			-	+++
<i>Stipa capillata</i> , Langtriebe			+++	-
- - Kurztriebe			-	+++
<i>Aira caespitosa</i> , Lang- u. Kurztriebe			+++	-
<i>Carex ornithopoda</i> , <i>C. acuta</i> , <i>C. arenaria</i>			+++	-
Langtriebe			-	---
- - - - - Kurzt.			-	+++

MÜLLER l.c. fand Metakutis bei folgenden Arten, die Knollen oder Wurzelstücke besitzen: *Convallaria majalis*, *Acorus Calamus*, *Anthericum ramosum*, *Arum maculatum*, *Arundo Donax*, *Asparagus plumosus*, *Aspidistra elatior*, *Crocus vernus*, *Funkia Sieboldii*, *Hemerocallis fulva*, *Juncus diffusus*, *Muscari racemosum*, *Polygonatum officinale*, *Yucca filamentosa*, *Tradescantia virginica*, *Veratrum album*, *Phragmites communis* (ausdauernde Gräser).

Sie fehlte bei Zwiebelpflanzen: *Allium Cepa*, *A. fallax*, *A. Schoenoprasum*, *Fritillaria Meleagris*, *Galanthus nivalis*, *Leucojum vernum*, *Tulipa Gesneriana*.

Ebenso fehlte sie bei einjährigen Gräsern: *Avena sativa*, *Hordeum*, *Triticum*, *Poa annua*.

Im Frühjahr bleiben die Wurzeln zwar noch am Leben, aber sie wachsen nicht mehr. Treibt jedoch die Wurzel wieder aus, wie Verf. bei *Veratrum nigrum* fand, so ersetzt eine neue stärkeführende Wurzelhaube die gesprengte metakutisierte. Beide Arten ersetzen sich gegenseitig.

Ganz andere Verhältnisse sind bei Zwiebelpflanzen aus derselben Gruppe zu finden. Bei diesen stirbt die ganze Wurzel im Herbst ab, eine Veränderung der

3) Metakutis noch nicht völlig ausgebildet.

Sitze ist somit sinnlos. Die Erklärung dieser Verschiedenheit dürfte wohl darin zu suchen sein, dass die Zwiebeln nicht so weit in den Boden hineinwachsen und ausserdem dank ihrer tiefen Lage in meist festem, lehmigem Erdreiche einer Festigung entbehren können. Ja, eine solche wäre dem Zerfalle in mehrere Tochterzwiebeln nur hinderlich.

Wie zu erwarten, findet sich eine Metakutis niemals bei einjährigen Gräsern. Die ausdauernden Gramineen und Cyperaceen besitzen eine deutliche Gliederung des Wurzelwerkes in Trieb- und Kurzwurzeln. Die ersten führen bei den vom Verfasser untersuchten Arten im Winter Stärke in der Haube. Die Kurzwurzeln dagegen waren häufig metakutisiert und dann frei von Stärke. Die Beobachtungen sind in der vorhergehenden Aufstellung zusammengefasst.

Auch für die Erdwurzeln der Nadelhölzer ist ein ähnliches Verhalten im Winter von PLAUT (7) beschrieben worden. Da eine Beschreibung der anatomischen Verhältnisse aus dem Rahmen dieser Arbeit fällt, möge auf die angegebene Literatur verwiesen werden. Der Verfasser konnte eine weite Verbreitung des Winterkleides bestätigen. Trotzdem war aber in den meisten Spitzen noch Stärke enthalten, nur wenige liessen sie vermissen. Ob das nun damit zusammenhangt, dass die Wurzeln im Frühjahr wieder austreiben, möge dahingestellt bleiben.

Folgender Gedankengang dürfte uns das Verständnis der geschilderten Erscheinungen ermöglichen. Zur Ruhezeit kann die Wurzel gegen das umgebende Erdreich durch einen undurchlässigen Mantel abgeschlossen oder besser gesagt gegen Verletzungen, sei es durch Frost-Bewegungen des Bodens, sei es durch Frass, geschützt sein. Infolge der niedrigen Temperatur kann keine Aufnahme von Wasser stattfinden. Bei den Pflanzen mit verpilzten Wurzeln wäre auch an ein Einfangen und Abschliessen der Pilze zur besseren Verdauung zu denken. Bei Wurzeln, die nicht weiter austreiben, kann dieses Kleid ständig beibehalten werden. Beim Austreiben jedoch muss das Winterkleid infolge der völlig veränderten Ansprüche abgestossen werden. Sollen die Wurzeln sofort die eintretenden günstigen Bedingungen ausnutzen, so fehlt die Metakutis bei allen Wurzeln oder doch bei den jungen Triebwurzeln auch schon im Winter. Trägwichsigere Pflanzen legen eine solche zwar an, doch wird die Stärke wie bei den Coniferen nicht verbraucht, oder aber sie bildet sich erst wieder von neuem (*Veratrum*).

Von dem Winterkleid unterscheidet sich das Arbeits- oder Sonnenkleid im wesentlichen durch seinen elastischen Schleimmantel und den Stärkegehalt der Haube. Es ermöglicht ein gutes Vordringen in den Boden, schützt die Pflanze vor dabei erfolgenden Verletzungen und macht sie empfindlich für Wasser- und Salz-Gefälle. Ausserdem werden Wurzelhaare und Pilze nicht beim Aus- und Eintreten gehindert.

Vom Standpunkt der Statolithentheorie wäre auch an die bei wachsenden Wurzeln nötige Schwerkrafts-Empfindung zu denken. Abgesehen davon, dass Stärke auch in jungen ageotropischen Wurzeln auftritt, enthalten die lotrichtigen Luftwurzeln von *Tradescantia spec.* und die Stützwurzeln von *Pandanus spec.* keine Stärke in der Haube, solange sie in der Luft wachsen. Sie besitzen eine immer sich erneuernde Metakutis oder mächtige Korkhülle. Unbeschadet ihrer Funktion können sie sich den starren Mantel leisten und sich gegen Austrocknen schützen, da sie ja nichts mit ihrer Oberfläche aufnehmen müssen, also hierin den Erdwurzeln im Winter gleichen. Mit dem Erreichen des Bodens jedoch ändert sich ihre Gestalt. Trotzdem sie nicht mehr streng erwendig sind, bedürfen sie als Saugwurzeln der Stärke und des Schleim-Mantels. Sie müssen empfindlich gegen die Feuchtigkeit werden, weshalb die nun nurmehr lästige Korkhülle abgeworfen wird. Sobald die Wurzeln von *Pandanus* wieder aus dem Boden künstlich an die Luft gebracht werden, verschwindet die Stärke unter Ausbildung der Korkspitze. Man dürfte daher kaum fehl gehen in der Behauptung, dass die Stärke der Wurzelspitze weniger die Schwerkrafts-Empfindung vermittelt, als vielmehr als Umbau- und Schutz-Sparstoff anzusehen ist, wie weiter unten ausgeführt wird.

### UNTERScheidung IN NÄHRSTOFFE UND SPARSTOFFE.

Ebenso wie der Tierphysiologe einen Unterschied zwischen Nährfett-Polstern und physiologischen Fettpolstern kennt, kann man ähnliches auch für die Pflanzen durchführen.

1. Die gewöhnlichen Nährstoffe verschwinden bei Hunger zuerst, sie entsprechen also den tierischen Nährfett-Polstern. In folgenden Ausführungen wählen wir für sie die Bezeichnung **Nährstoffe**. Je nach der Veranlagung oder Anpassung an äussere Umstände sind sie verschiedenartiger Natur, so Stärke, Inulin, Rohrzucker, Traubenzucker, andere Zuckerarten, leicht angreifbare Polysaccharide oder Fette.

2. Die anderen werden nur im äussersten Notfalle gelöst, sie sind immer schwerer als die Nährstoffe derselben Pflanze zu verdauen. Nennen wir sie **Sparstoffe**. Wo Stärke als Nährstoff vorhanden ist, tritt als Sparstoff schwer lösliche Stärke auf. Ist der Stoffwechsel auf Inulin, Sinistrin, Zucker oder der gleichen eingestellt, so tritt Amylodextrin oder Stärke selbst in leicht verdaulicher Form auf. Die letzteren sind dann immer noch schwerer in den Stoffwechsel einzubeziehen, als die Nährstoffe derselben Pflanze.

Je nach ihrer Aufgabe kann man die Sparstoffe in einige Abteilungen gliedern. Diese Begriffe sind natürlich etwas willkürlich, da Übergänge vorhanden sein müssen.

a. **Wandelsparstoffe**. - Die Pflanze bedient sich ihrer bei besonderen sich oft abspielenden Vorgängen, die durch Umwandlung der Sparstoffe in andere, z.B. Zuckerarten, eingeleitet werden. Bilden sich aus den Lösungsprodukten wieder die unlöslichen Körper zurück, so wird der Prozess ebenfalls rückläufig.

b. **Schutz-Sparstoffe**. - Sie stellen das erste Ausgangsmaterial zur Erzeugung von Schutzstoffen oder Verschlussgeweben dar, sobald der gefährdete Teil verletzt wird. Gerade wie sich eine vorgehende Truppe durch eine Abteilung (Spitze) gegen einen plötzlich erfolgenden Angriff sichert, um der Hauptmasse Zeit zu ihrer Entwicklung zu gewinnen, sollen die aus den Schutz-Sparstoffen gebildeten Körper die bedrohten Stellen solange schützen, bis die endgültigen Abwehrmittel herbeigeschafft werden. Selbstverständlich sind sie an besonders gefährdeten Stellen des Pflanzenkörpers abgelagert.

c. **Umbau-Sparstoffe**. - Die Pflanze legt sie für später in den bereits ausgewachsenen Organen auftretende Zell-Umbildungen oder neue Gewebe hin.

Alle Sparstoffe müssen folgende Vorbedingungen erfüllen:

1. Widerstandsfähigkeit bei Hunger.
2. Schwere Verdaulichkeit den Lösungs-Fermenten desselben Organes gegenüber, häufig auch gegen Speichel und sonstige Diastasen.
3. Leichte Verarbeitung beim Eintreten des Vorganges, auf den sie gestimmt sind.

Da Punkt 1, 2 und 3 durch die vorstehenden Betrachtungen für die Reservestoffe der Wurzelhauben erwiesen sind, so sind sie **Sparstoffe**. Für gewöhnlich dürfte man sie den **Umbau-Sparstoffen** zuteilen. Sie werden bei der Anlage der Zellen niedergelegt, um dann zur Zell-Vergrösserung und Bildung von Schleim verbraucht zu werden, sobald die Zellen durch Abmützung der Aussenschichten weiter nach aussen und an die Flanken gelangen. Gegen das Ende der Sommerszeit werden sie häufig zum Aufbau des Winter- oder Ruhekleides mit beitragen. Sie dürften aber nicht das einzige Ausgangsmaterial hierzu sein. Eine Ausnahme machen, wie oben ausgeführt, die Nadelhölzer. Hier ist auch in metakutisierten Wurzeln Stärke vorhanden.

Die dem Hunger widerstehenden Sparstoffe werden bei Verletzungen glatt gelöst. Durch Verschleimen und Bildung von Narbengewebe schliessen sie die Wunde, bis d. Abwehrkräfte der gesamten Wurzel einsetzen. Sie wirken also auch als **Schutz-Sparstoffe**.

Falls sich die Statolithen-Theorie als richtig erweisen sollte, würden sie auch die Schwerkraft-Empfindung vermitteln. Da eine Kritik dieser geistreichen Lehre ausser den Rahmen dieser Abhandlung fällt, so will der Verfasser sich jeden Urteils enthalten. Nicht damit übereinstimmt das Fehlen von Stärke in den geotropen Stützwurzeln von *Pandanus*. Ausserdem führen die Wurzeln von *Elodea crispa* keine Stärke, trotzdem sie lotwendig sind. Dagegen besitzen sie amyloidartige Hemicellulosen in derselben.

Durch TISCHLER (8) sind einige Wurzeln bekannt geworden, welche die Stärke in ihren Hauben vermissen lassen. Wir wollen im folgenden vom Standpunkt der Sparstoffe diese Schrift beurteilen. Auf die Beweglichkeit der Körner ist natürlich keine Rücksicht zu nehmen, wohl aber ist die Wachstumsgeschwindigkeit des Organs und die Jahreszeit von grosser Bedeutung.

#### AGEOTROPE (NICHT LOTWENDIGE) ERDWURZELN.

Wohl am häufigsten dürften von solchen die Seitenwurzeln höherer Ordnung anzutreffen sein. Je feiner die Verzweigung ist, desto weniger folgen die Wurzeln der Schwerkraft, desto geringer ist auch ihr Durchmesser und der Stärke-Gehalt in der Haube. Eine solche feine Wurzel-Verzweigung tritt besonders bei Pflanzen ein, die an den Boden nur geringe Ansprüche stellen. Die Pflanzen gliedern ihre Wurzeln in Lang- und Kurztriebe. Erstere sind dicker und durchdringen den Boden rasch, um den an ihnen befindlichen weniger wachsenden Kurztrieben neue Ausbeute-Gebiete zu eröffnen. Da diese Pflanzen den Boden dicht durchwachsen, könnte man sie mit BÜSGEN (9) als intensiv arbeitende auffassen. Zwingt man nun durch Abschneiden eines Langtriebes den zugehörigen Kurztrieb zur Übernahme der Aufgabe des ersten, so wird er dicker, bildet eine gute Wurzelhaube aus, führt viel Stärke und zeigt ein rascheres lotwendiges Wachstum. In diesem Verhalten sieht TISCHLER einen Beweis für die Statolithen-Theorie. Ebenso gut kann das als eine Folge des nunmehr rascheren Vordringens im Boden aufgefasst werden. Die dicker gewordenen Wurzeln sind dadurch leichter verletzbar geworden, während sie früher bei ihrem geringen Durchmesser und sehr geringen Längenwachstum einer Beschädigung bedeutend weniger ausgesetzt waren, eines Schutzes daher besser entraten konnten. Mit der Übernahme der Arbeitsleistung der Triebwurzeln erhalten die Kurzwurzeln somit die Gestalt und Ausrüstung der ersten, wozu auch eine gut ausgebildete Wurzelhaube gehört. Die Wurzelspitzen von Arten, denen eine solche Gliederung fehlt (Extensivsysteme) besitzen gleichmässig gebaute Hauben, wie ja auch ihre Aufgabe eine gleichmässige ist.

Es wären noch einige ganz eigenartige Wurzeln zu behandeln, wie sie an Wurzelstöcken und Knollen gefunden werden, die ins Erdreich eingesenkt sind. Von ihnen aus gehen Nährwurzeln sowohl nach oben wie nach unten. Die Beurteilung von *Leontice leontopetalum* ist dem Verfasser nicht möglich, da ihm keine Pflanze zur Verfügung stand. Bei anderen Berberideen (*Mahonia* und *Jeffersonia dichotoma*), die man zu Vergleichen heranziehen kann, ist für den Stärke-Gehalt nur der Ruhe- oder Arbeitszustand massgebend. Die wachsenden Wurzeln zeigen das gewöhnliche Bild, hingegen waren die Hauben in der Ruhe stärkefrei und verdickt. Wie bei ihnen war es einerlei bei *Epimedium alpinum*, ob man nach oben oder unten gerichtete Teile untersuchte; der Stärke-Gehalt kennzeichnete die Zeit des Wachstums, in der Ruhe fehlte er.

Für die Pflanzen mit Metakutis gilt das gleiche. Die Verkorkung kennzeichnet bei geotropen wie ageotropen Wurzeln die Ruhezeit, während die jugendlichen eine Stärke-haltige Wurzelhaube besitzen. Über die Ausnahme-Fälle sei auf das bei der Metakutis gesagte verwiesen. Da *Arum maculatum* zu diesen Pflanzen gehört, liegt die Vermutung nahe, dass TISCHLER Wurzeln im Ruhezustand benutzt hat. In andern nach oben gerichteten Wurzeln (z.B. *Fraxinus hiemalis*, *Colchicum autumnale*) wurde Stärke gefunden.

Auch das Vorkommen von Sparstoffen in den Atemwurzeln von *Phoenix canariensis* bietet nichts befremdliches. Ein fester Verschluss hindert die Luft am Eindringen, an dessen Stelle tritt die schmiegsame Haube mit dem Stärke-Gehalt.

Das spärliche Vorkommen von Amylum in den Spitzen der Kurzwurzeln der Rosskastanie ist eine Folge des geringfügigen Längenwachstums. Dasselbe konnte der Verfasser für die eigenartigen "Knopfwurzeln" von *Sempervivum*-Arten beobachten. Hierher zählen auch die Wurzeln mancher Erd-Orchideen. Sie besaßen zur Zeit des Vordringens Stärke in den Hauben (*Orchis maculata*, *O. Morio*; *Gymnadenia conopea*; *Listera ovata*). Dass aber auch hier bei dem zum Teil tragen Wachstum Stärke fehlen kann, zumal in der Ruhezeit, dürfte zu erwarten sein.

#### GEOTROPE UND AGEOTROPE WASSERWURZELN.

Zu ihnen leiten die Wurzeln amphibisch lebender Arten über, soferne sie im Schlamme nach oben gerichtet sind. Ein Sparstärke-Gehalt konnte nachgewiesen werden in *Lysimachia nummularia*, *Veronica Beccabunga*, *Lythrum Salicaria*, *Jussiaea*, *Veronica Anagallis* und *Cicuta virosa*. Bei *Cyperus Papyrus* fand TISCHLER das gleiche. Doch dürfte mancher dieser Pflanzen ebenso die Stärke fehlen wie das bei *Cyperus alternifolius* zur Zeit der Ruhe der Fall war. Auch bei *Hydrocotyle bonariensis* enthielt das Arbeitskleid Stärke, das Winterkleid liess sie vermissen, besaß dagegen verdickte Zellwandungen.

Ein Vergleich von Schwimmtpflanzen mit Wurzeltaschen oder ähnlichen Gebilden mit solchen, denen diese fehlen, bietet manches Interesse. Letztere führen Stärke in der Haube und zeigen Schleimbildung (*Trapa natans*, *Azolla*, *Pistia*, *Limnocharis*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Elodea canadensis*). Schon oben erwähnt wurde das Auftreten von Amyloid bei *Elodea crispa*. Zweierlei Wurzeln besitzt *Eichhornia*. Die Hauptwurzel führt keine Tasche, wohl aber Stärke in der Wurzelhaube. Die von ihr ausstrahlenden oft wagrechten Nebenwurzeln sind dünn und besitzen taschenartige Gebilde, die durch einen Gehalt an Anthocyan violett gefärbt sind. Stärke fehlt ihnen. Ebenso kann *Triaena* einer regelrechten Haube entbehren, da sie die Sparstärke in der taschenartigen Bildung führt. Die Wurzeln von *Lemna*-Arten sind durch eine ebenfalls Sparstärke enthaltende Wurzeltasche geschützt und lassen eine Wurzelhaube völlig vermissen.

#### HAFTWURZELN.

Auch diese führen bei Tillandsien und dem Ephē in der Jugend eine Stärke-Kappe, weil sie noch wachsen. Später jedoch ist von einer solchen nichts mehr zu finden, da die Wurzeln erstarrt sind.

#### LUFTWURZELN.

Bei den raschwüchsigen Arcideen und bei *Brosimum microcarpum* dürfte das An treffen einer normalen Haube nicht verwundern. Ebenso verhält sich ein Teil der Orchideen (*Vanda suavis*, *Dendrobium spec.*, *Stanhopea inodora*). Anderen jedoch wie *Laelia*, *Taeniophyllum* und *Bulbophyllum* mangelt die Stärke in der Spitze. Sie zeichnen sich durch ein geringes Wachstum aus und ihre Wurzeln verhalten sich wie Stammorgane, was sich durch ihre Lichtwendigkeit kundgibt. Da in den Wurzelspitzen Chlorophyll vorhanden ist, so ist eine Bildung von Baustoffen an Ort u. Stelle leicht möglich. Sie gleichen darin den Stammorganen und Blättern völlig.

Zusammenfassend kann man sagen, dass das Vorkommen und Fehlen von Stärke in den Wurzelspitzen der ageotropen Wurzeln nicht als ein Beweis für die Statolithentheorie angesehen werden kann. Dagegen dürften auch die Untersuchungen von TISCHLER kein Material gebracht haben, das nicht restlos sich in die Sparstärke-Hypothese einreihen lässt.

#### STÄRKESCHEIDEN OBERIRDISCHER ORGANE.

In den nachfolgenden Ausführungen soll die aus dem Verhalten der Wurzelspitzen gewonnene Anschauung bei ähnlichen Reservestoffen in anderen Pflanzenteilen nachgeprüft werden. Zunächst wollen wir die Stärkescheiden der Stammenteile betrach-

ten. Wie ihr Name sagt, sind sie mit Stärke angefüllt. Ihre Verbreitung ist sehr reichlich. Selbst solche Pflanzen, denen Stärke in ihren sonstigen Organen fehlt, führen sie hier. Als Beispiele hierfür seien hervorgehoben Inulinpflanzen (Compositen, Campanulaceen) u. Zuckerpflanzen (*Yucca*). Bei diesen ersetzt das Amylodextrin häufig die Stärke, z.B. bei nachfolgenden: *Polygala amara*, *Gentiana acaulis*, *G. cruciata*, *G. asclepiadea*, *Carum Carvi*, *Tragopogon pratensis*, *Tr. major*, *Anthericum Liliago*, *Allium Cepa*, *A. fistulosum*, *A. Schoenoprasum*, *A. sativum*, *A. lax*, *A. oleraceum*, *A. ophioscordum*.

Von anatomischen Gesichtspunkten ausgehend unterscheidet USSLEP (4) mehrere Typen von Stärkescheiden. Er hebt aber hervor, dass dieselben durch Übergänge mit einander verbunden sind. Sie mögen nachstehend aufgeführt werden:

1. Geschlossene Gesamtscheide (G). Sie umfasst den ganzen Stamm-Querschnitt.
2. Geschlossene Einzelscheide (S). Jedes Bündel wird von einer besonderen Scheide umschlossen. - 1 und 2 können sich kombinieren.

### 3. Unterbrochene Scheiden:

- 3a. Sichel und Kappe (K), aussen jedes Bündel umgebend;
- 3b. Leiste und Band (L), nur an den Flanken vorhanden.

Die beiden Typen 3 sind entwicklungsgeschichtlich aus den beiden vorhergehenden entstanden.

Die Angaben von USSLEP über die weite Verbreitung in jugendlichen Stammteilen können wir völlig bestätigen. Alle untersuchten Pflanzen führten in den jugendlichen Organen eine mehr oder minder deutliche Stärkescheide. Nicht nur die Trieb spitzen, sondern auch die Knoten der Gramineen, Polygonaceen, Caryophyllaceen und Equisetaceen zeigten sie deutlich, während sie in den ausgewachsenen Internodi en verschwunden ist. Wo, wie bei vielen Monokotyledonen, die Wachstumszone am Grunde der Stämme liegt, da findet man sie dort. (*Anthericum Liliago*, *Allium*-Arten etc.). Man kann daher mit Recht behaupten: So lange ein Stammorgan jung und stark wachsend ist, ist immer eine Stärkescheide vorhanden. Die Stärkescheide ist das Jugendkleid der Sprosse.

Verfolgt man ihr Schicksal beim Altern der Organe, so kann man mehrere Möglichkeiten antreffen:

A. Arten, die kein starkes sekundäres Dickenwachstum besitzen, und ausser Collenchymsträngen wenig Sklerenchymfasern und keinen Kork bilden, behalten die Stärkescheide sehr lange, oft bis zum Absterben (*Portulaca*).

B. Wächst das Organ jedoch stark in die Dicke, so muss die Schicht mehr oder weniger tangential gedehnt werden. In der Folge werden die Wände in dieser Richtung vergrössert oder es werden neue Zellen durch Teilung gebildet. Mit dieser Entwicklung verschwindet die Stärke mehr und mehr. Als Beispiele seien aufgeführt: *Echium vulgare*, *Phacelia tanacetifolia*, *Solanum tuberosum*, *Erysimum orientale*.

Weist die Pflanze einen gefurchten Stengel auf (Chenopodien, *Dipsacus*, *Valeriana*), so platten sich die Einbiegungen ab und mit ihnen auch die Stärkescheide. Von einer Dehnung in der Richtung des Umfanges kann somit keine Rede sein. Die Stärke bleibt deshalb lange erhalten, um erst ziemlich spät bei Dickenwachstum verbraucht zu werden.

Dass es tatsächlich die Dehnung ist, welche die Verarbeitung derselben bedingt, zeigen besonders die kantigen Stengel. So verschwindet bei *Lamium amplexicaule* und *Urtica dioica* die Stärke an den Flächen unter Streckung der Wände, während sie an den Kanten bedeutend länger erhalten bleibt.

Einen weiteren Beweis liefern die Arten mit deutlichen Bastkeilen u. V-artig erweiteren Markstrahlen. Über den Bastteilen ist bei *Malva silvestris*, *Acer platanoides*, *Euonymus latifolius* das Amylum noch anzutreffen in den wenig gedehnten Zellen, dagegen bewirken die erweiterten Markstrahlen eine Vergrösserung der tangentialen Wände der Stärkescheide und einen Verbrauch ihrer Stärke.

C. Gerade an den Stellen, wo später Sklerenchym entwickelt wird, findet man besonders Anhäufung von Amylum in der Scheide. Schon HEINE macht darauf aufmerksam. USLEPP führt als Beispiele an: *Dorema ammoniacum*, *Zophanthus chinensis*, *Tekia speciosa*, *Spinacia oleracea* und *Canna*. Der Verfasser kann das für *Hemero-*

*callis fulva*, *Iris florentina*, *I. sibirica*, *I. variegata*, *Asphodelus luteus*, *Anthicum Liliago* bestätigen:

An den Gras-Knoten bleibt die Stärkescheide nur auf der Innenseite erhalten, wo kein Sklerenchym gebildet wird, auf der Aussenseite verschwindet sie. Es stehen sich Fälle gegenüber, wo sicher ein grosser Teil, wenn nicht die ganze Zellwand-Verdickung aus dem Baustoffe der dann mächtigen, mehrschichtigen Stärkescheide gebildet wird (*Yucca filamentosa*, Blütenstiel), und andere, bei denen sie allenfalls einen geringfügigen Anteil dazu zu liefern imstande ist (*Saponaria officinalis*, *Epilobium Dodonaei*). Man gewinnt dann den Eindruck, als ob die Stärkescheide als überflüssig verbraucht wird. In vielen Fällen ist es aber nur die Sklerenchymwand der Stärkescheide selbst, die aus ihrem Inhalt gebildet wird (*Helianthus tuberosus*, *Cichorium Intybus*, *Artemisia vulgaris*, *A. campestris*, *A. Absinthium*). Solange bei voll entwickeltem Sklerenchym die an es unmittelbar anstoßende Stärkescheide selbst noch nicht verholzt ist, bleibt ihr Inhalt unberührt. Beim Eintreten der Veränderung ihrer Wände selbst verschwindet er. Häufig sind die Stärkekörper unter Veränderung der Wände über den Sklerenchymbündeln verbraucht, während sie über den Markstrahlen noch vorhanden sind, da hier eine tangentiale Dehnung auftritt. USSLEPP beschreibt das bei *Helianthus tuberosus*. Bei der tangentialen Dehnung verschwinden hier die Körper, nur unmittelbar über den Bastbündeln bleiben sie erhalten.

Die ursprünglichen Stärkekappen von *Rumaria officinalis* und *Ranunculus acer* werden unter Sklerenchym-Bildung verbraucht, bis auf eine Stärkeleiste an den Flanken, deren Wände zunächst unverändert bleiben. Zuletzt verholzen auch diese Zellen unter Verbrauch der Stärkekörper.

Diesen Fällen stehen andere gegenüber, bei denen in der unverholzten Stärkescheide trotz mächtigem Sklerenchymgewebe Stärkekörper erhalten bleiben (*Polygonum saccharinense*, *Rumex crispus*, *Aristolochia Siphon*, *Aconitum Napellus*, *Astragalus Cicer*, *Aegopodium podagraria*, *Scilla maritima*). Es möge dahingestellt bleiben, ob sie hier als Material bei der Ausbildung von Wundgewebe zum Verschluss der durch Sprengung des Sklerenchymringes beim sekundären Dickenwachstum entstandener Lücken (*Aristolochia Siphon*) dienen (siehe HABERLANDT, physiol. Pflanzanatomie). Auch wäre an eine Rolle als Schutzorgan beim Verletzen der Aussenrinde zu denken.

Die Beziehung zur Sklerenchymbildung ist nicht überall vorhanden.

D. Eine ganz eigenartige Beziehung trifft man bei den *Allium*-Arten. Die Stärkescheide findet sich ausser im Zwiebelkuchen nur in ganz jungen Blättern und Blütenstielen mit Amylodextrin gefüllt. Kostet man einen ganz jungen Blütenstiel von *Allium Cepa*, so schmeckt er süß, der Lauchgeschmack ist kaum zu merken. In dem Masse, wie das Amylodextrin abnimmt, lassen sich in denselben Zellen der Gefäßbündel-Scheide Lauchöl-Glycoside mit Silbernitrat nachweisen (siehe 10). In wieweit sich auch bei andern Glykosiden ähnliche Beziehungen zur Stärkescheide nachweisen lassen, möge dahingestellt bleiben. Noch viele andere sind in der Gefäßbündel-Scheide lokalisiert. Vermutlich liefert bei *Allium Cepa* das Amylodextrin das Glykosid, und zwar den Zucker-Spaltling desselben.

E. Im nachfolgenden soll das Verhalten der Stärkescheide bei der Korkbildung abgehandelt werden. Für die Periderme ist die Lage des Phellogen massgebend. Beim Auftreten desselben ausserhalb der Scheide bleibt diese erhalten (*Aesculus Hippocastanum*, *Sanbucus nigra*, *Acer platanoides*). Sie wird hier für späteren Bedarf aufgespart. Bei Anlage innerhalb derselben verschwindet ihr Inhalt während der Ausbildung des Teilungsgewebes (*Symporicarpus*) spätestens aber nach Auflagerung der ersten Suberinlamelle (*Ribes nigra*). Die Stärkescheide wird als entbehrlich verbraucht. Ebenso verschwindet sie bei Polydermbildung (*Potentilla fruticosa*), nach dem Entstehen der ersten Endodermis.

Etwas anders gelagert sind die Verhältnisse dort, wo eine echte Endodermis entsteht. Vielfach ist es dann die Stärkescheide selbst, deren Zellen sich in diese umwandeln. Häufig sind ihre Zellen bereits mit einem CASPARY versehen, wenn sie noch Stärke führen. (*Menyanthes trifoliata*, *Companula rapunculoides*, *Lampris communis*, *Dipsacus*, *Gentiana asclepiadea*, *Lamium album*, *L. maculatum*, *Phyteuma*

*orbiculare*). Mit Eintritt ins sekundäre Stadium, d.h. nach Auflagerung der Suberinlamelle verarbeitet die Pflanze die Stärke. Bezeichnenderweise waren die Durchlasszellen noch mit Stärke versehen, wenn die verkorkten Zellen längst frei davon waren. Der Verbrauch der Stärke während der Verkorkung der Wände der Stärkescheide war besonders gut bei *Gentiana asclepiadea* zu verfolgen. Die Stärkescheide ist hier zweischichtig und enthält Amylodextrin. Dieses verschwindet in der nach innen gelegenen Schicht zuerst bei der Anlage des CASPARYschen Streifens. Der Inhalt der äusseren Zellschicht dagegen wird erst zur Zeit der Auflagerung der Suberinlamelle in der inneren Schicht aufgearbeitet. Ähnliches gibt USSLEPP an für: *Helianthus salicifolius*, *Chrysanthemum spec.* - Bei *Stachys annua* enthielten nur die Kanten noch Stärke in der Scheide, ohne dass eine Korklamelle oder ein CASPARYscher Streifen vorhanden war. Die Flächen zwischen ihnen liessen die Stärke vermissen, dafür waren aber die Korklamellen vorhanden.

Es dürften somit auch einige Fälle nachgewiesen sein, bei denen die Stärkescheide unter Ausbildung von Korklamellen verschwindet und das Material zu deren Ausbildung liefert.

Haben wir bisher das Schicksal der Stärkescheide im Laufe der ungestörten Entwicklung verfolgt, so wollen wir das gleiche auch für Verletzungen und andere Störungen durchführen. Wir können dabei den Ausführungen von USSLEPP folgen, dessen Resultate ich voll bestätigen kann.

Zunächst ist die grosse Widerstandsfähigkeit bei Hunger hervorzuheben. Sei es, dass wir Pflanzen vergeilen lassen oder ihnen die Kraft durch Abzapfen von Milchsaft entziehen, immer wird der Stärke-Gehalt erst dann angegriffen, wenn alle andern Nährstoffe völlig verbraucht sind.

F. Dagegen wird sie bei ihrer Verletzung, Knickung und dergleichen zur Ausbildung von Wundgewebe verarbeitet. Das vollzieht sich aber dann an den betroffenen Stellen rasch und glatt. Das fast ausnahmslose Auftreten der Scheide an verletzbaren Stellen in der Nähe der Gefäßbündel erinnert an die Verteilung gewisser Schutzstoffe.

Um die Schwerverdaulichkeit durch Enzyme nachzuweisen, wurden Längs- und Querschnitte von in Chloroform oder Alkohol getöteten Pflanzen angefertigt. Das Abtöten hatte den Zweck, eine Störung der Diastase-Wirkung durch das lebende Plasma hintanzuhalten. Es ist eine bekannte Tatsache, dass Disatase nicht in lebende Zellen eindringen kann, weil das Hyaloplasma für sie impermeabel ist. Das Alkohol-Material befreit man durch Auswässern vom Weingeiste. Die sonstige Methode gleicht der bei den Wurzelspitzen angeführten.

---

#### Verdauungsversuche mit Stärkescheiden.

K hinter der Zeitangabe bedeutet Zimmertemperatur, W bedeutet 40 - 50°.

G = Gesamte Scheide; E = Einzelscheide; L = Leiste; K = Kappe.

Art	Dia-stase x	Dauer	unv. Spar- stärke	Andere Nähr-Koh- lenhydr. als Stär- ke vorh.?	Form der Schei- de.	Ist darin viel Stär- ke ent- halten?
<i>Equisetum maximum, fertil</i>	Sp. 1+2	3 d K	(+++)	-	G & E	(+++)
<i>Tulipa suaveolens</i>	"	18h K	+++		G	+++
" "	"	24h W	-		"	+++
<i>Lilium Martagon</i>	"	24h K	-		L	++
" "	Gerste	"	-		"	++
<i>Majanthemum bifolium</i>	Sp. 1+2	"	+++		G	+++
" "	Gerste	"	+++		"	+++
<i>Convallaria majalis</i>	Sp. 1+2	"	+++		"	+++
" "	Gerste	"	+++		"	+++

Art	Dia- stase x	Dauer	unv. Spar- stärke	Andere Nähr-Koh- lenhydr. als Stär- ke vorh.?	Form der Schei- de.	Ist darin viel Stär- ke ent- halten?
<i>Bellevalia Heldreichii</i>	Sp.1+2	24h K	+++		G	+++
<i>Asparagus officinalis</i>	Gerste	60h K	+++		G	+++
<i>Ornithogalum nutans</i>	Sp.1+2	24h K	+++		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Luzula maxima</i>	"	3 d K	+++		L	+++
<i>Leucojum pulchellum</i>	"	60h K	+++	Inulin?	L	+++
" <i>vernum</i>	Sp.1+2	31h K	-	"	L	++
<i>Narcissus pseudonarcissus</i>	Gerste	3 d K	+++		L	++
<i>Arum maculatum</i>	Sp.1+2	24h W	(+++)		K	(+++)
<i>Alopecurus pratensis</i> 1)	"	5 d K	+++	-	K	+++
<i>Bromus sterilis</i> 1)	"	"	+++	-	K	+++
<i>Dactylis glomerata</i> 1)	"	"	+++	-	K	+++
<i>Festuca ovina</i> 1)	"	3 d K	+++	-	K	+++
<i>Phleum pratense</i> 1)	"	"	+++	-	K	+++
<i>Phragmites communis</i> 1)	"	"	+++	-	K	+++
<i>Poa annua</i> 1)	"	"	+++	-	K	+++
" <i>pratensis</i> 1)	"	5 d K	+++	-	K	+++
<i>Secale cereale</i> 1)	"	3 d K	+++	-	K	+++
<i>Tradescantia virginica</i>	"	14d K	+++		G	+++
<i>Pulsatilla</i>	"	3 d W	-	Glycosi-	L	+++
<i>Helleborus niger</i> , Blattst.	"	31h K	-	de?	K	+++
" <i>foetidus</i> "	"	24h K	-	"	K	++
" " "	Gerste	3 d K	+++	"	K	++
" <i>caucasicus</i> "	"	2 d K	+++	"	G	+++
<i>Ranunculus ficaria</i>	Sp.1+2	24h K	+++	"	K	+++
" <i>auricomus</i>	"	"	-	"	L	++
" <i>repens</i>	"	"	-	"	K	+++
<i>Actaea spicata</i>	"	"	-	"	L	+++
" "	Gerste	"	+++	"	L	+++
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Sp.1+2	"	-	"	L	+++
" "	Gerste	"	+++	"	L	+++
<i>Chelidonium majus</i>	Sp.1+2	"	-	"	K	+++
" "	Gerste	"	+++	"	K	+++
<i>Corydalis cava</i>	Sp.1+2	2 d W	-	"	K	+++
" <i>nobilis</i>	Gerste	60h K	+++	"	K	+++
<i>Epimedium alpinum</i>	Sp.1+2	24h K	-		K	+++
" "	Gerste	3 d K	+++		K	+++
<i>Arabis albida</i>	Sp.1+2	2 d W	-	Glycoside	G	+++
<i>Alyssum saxatile</i>	"	"	-	"	G	+++
<i>Viola Reginiana</i>	Gerste	3 d K	+++		G	+++
<i>Tropaeolum majus</i> Blattst.	Sp.1+2	14d K	+++		G	+++
<i>Impatiens Sultani</i>	"	24h W	-		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Begonia oblia</i> Blattst.	"	"	-		G	+++
<i>Asarum europaeum</i>	Sp.1+2	"	+++		G	+++
<i>Mercurialis perennis</i>	Gerste	3 d	+++		G	+++
<i>Euphorbia Cyparissias</i>	Sp.1+2	24h K	-		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Lupinus luteus</i> Blattst.	"	60h K	+++		G	+++

1) Innerer Halm am Knoten

Art	Dia- stase x	Dauer	unv.. Spar- stärke	Andere Nähr-Koh- lenhydr. als Stär- ke vorh.?	Form der Schei- de	Ist darin viel Stär- ke ent- halten?
<i>Trifolium pratense</i>	Sp.1+3	24h K	+++		G	+++
" "	Gerste	"	-		G	+++
<i>Phaseolus</i>	Sp.unv	24h W	-		G	+++
<i>Vicia Faba</i>	Sp.1+2	24h K	+++		G	+++
" "	"	3 d K	+		G	+++
<i>Spiraea Aruncus</i>	Sp.1+2	24h K	-		G	+++
" "	Gerste	3 d K	+++		G	+++
<i>Evonymus europaea</i>	Sp.1+2	24h K	-		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Aesculus Hippocastanum</i>	Sp.1+2	"	-		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Sedum maximum</i>	Sp.1+2	"	-		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Acer platanoides</i>	Sp.1+2	"	-		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Humulus Lupulus</i>	Sp.1+2	"	++		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Elatostemma spec.</i>	Sp.1+2	21h W	+++		G?	+++
" "	Gerste	"	+++		G?	+++
<i>Pellonia pulchra</i>	Sp.1+2	"	+++		G	+++
" " 1)	"	24h W	+++		G	+++
" " "	Gerste	21h W	+++		G	+++
" tovoana	Sp.1+2	"	+++		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Pilea serpyllifolia</i>	Sp.1+2	"	++		G	+++
<i>Crataegus Oxyacantha</i>	"	24h K	-		G G	+++
" "	Gerste	"	+++		G G	+++
<i>Archang. offic. Blattst.</i>	Sp.1+2	"	-	Zucker	K	+++
" "	Gerste	"	+++		K	+++
<i>Anthrisc. silv. Stamm.</i>	Sp.1+2	31h K	-		G	+++
<i>Imperat. Ostruth. Blattst.</i>	"	24h K	++		K	+++
" "	Gerste	"	+++		K	+++
<i>Astrantia major Blattst.</i>	Sp.1+2	"	+++		K	+++
" "	Gerste	"	+++		K	+++
<i>Sium Sisarum Blattst.</i>	Sp.1+2	"	-		K	+++
" "	Gerste	"	+++		K	+++
<i>Levist. offic. Blattst.</i>	Sp.1+2	"	+++		K	+++
" "	Gerste	"	+++		K	+++
<i>Siler trilobum Blattst.</i>	Sp.1+2	"	-		K K	+++
" "	Gerste	"	+++		K K	+++
<i>Acanthus, Blattstiell</i>	Sp.1+2	"	-		G G	+++
" "	Gerste	"	+++		G G	+++
<i>Pirola rotundifolia</i>	Sp.1+2	"	-		G G	+++
<i>Primula elatior Blütenst.</i>	"	31h K	-	Zucker	G G	+++
" "	Gerste	28h K	++		G G	+++
" "	"	2 d K	-		G G	+++
<i>Viburnum Lantana</i>	Sp.1+2	24h K	-		G G	+++
" "	Gerste	"	+++		G G	+++
<i>Lonicera Caprifolium</i>	Sp.1+2	"	-		G G	+++

1) Zu Brei gemahlen und Schleim entfernt.

Art	Dia-stase z	Dauer	unv. Spar- stärke	Andere Nähr-Koh- lenhydr. als Stär- ke vorh.?	Form der Schei- de	Ist darin viel Stär- ke ent- halten?
<i>Lonicera Caprifolium</i>	Gerste	24h K	+++		G	+++
<i>Sambucus nigra</i>	Sp.1+2	"	-		G	+++
" "	Gerste	"	+++		G	+++
<i>Pulmonaria officinalis</i>	Sp.1+2	31h K	-		G	+++
<i>Lamium amplexicaule</i>	Sp.1+2	"	-	Polysacch	G	+++
<i>Menyanthes trifoliata</i>	"	24h K			G	+++
<i>Phyteuma caespitosa</i>	"	18h K	--	Inulin	G	+++
<i>Wahlenbergia Roylei</i>	"	24h K	-	"	G	+++
" "	Gerste	"	+++	"	G	+++
<i>Cirsium arvense</i>	Sp.1+2	"	-	"	G	+++
" "	Gerste	"	++	"	G	+++
<i>Tussilago Farfara</i>	Sp.1+2	18h K	-	"	G	+++
" "	Gerste	"	+++	"	G	+++
<i>Petasites officinalis</i>	Sp.1+2	"	-	"	G	+++
<i>Helianthus giganteus</i>	"	24h K	-	"	G	+++
" "	Gerste	"	+++	"	G	+++
<i>Helianthus spec.</i>	Sp.1+2	"	-	"	G	+++
<i>Calendula officinalis</i>	"	"	++	"	G	+++
<i>Inula salicina</i>	"	"	-	"	G	+++
" "	Gerste	"	+++	"	G	+++
<i>Doronicum macrocephalum</i>	Sp.1+2	24h W	±	"	G	+++

## Amylodextrin in der Scheide.

<i>Gentiana acaulis</i>	Sp.1+2	48h W	-	Zucker	G	+++
<i>Polygala amara</i>	"	"	"	"	G	+++

Die für die Wurzelhauben abgeleiteten Sätze gelten auch für die Stärkescheiden. Ihr Inhalt ist durch eine relative Widerstandsfähigkeit gegen Lösungsfermente ausgezeichnet. Das zeigt sich besonders bei Inulin-Pflanzen und ähnlichen, wo hier Stärke in der Scheide auftritt, ist es in leichter angreifbaren Modifikationen oder als Amylodextrin.

Sehen wir von der Statolithentheorie ab, so kann man die Funktion der Stärkescheiden folgendermassen auffassen:

Sie ist ein Lager für Neubildungen. Diese können durch Verletzungen irgend welcher Art eingeleitet werden (Schutz-Sparstoff). Manche Pflanzen zeigen das zeitlebens, andere nur solange bis es durch einen andersartigen Schutz überflüssig geworden ist.

Andererseits kann die Neu-Anlage von Organen (Sklerenchym, Korkgewebe, Glykosid-Scheiden) oder Auflagerung von neuen Zellwand-Schichten (Verholzung, Verkorkung, tangentielle Streckung oder Zellvermehrung) den Anstoß dazu geben. Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, dass die Scheide immer das ganze Material dazu liefert. Man kann vielfach den Vergleich mit einem "Anlagekapital" oder "Betriebskapital" ziehen. Je nach der Pflanzenart ist sie mehr Schutz-Sparstoff oder Umbaustoff.

## BLÄTTER, PHYLLCLADEN UND STAMMSUKKULENTEN.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurden vornehmlich die Stammenteile und Blattstiele untersucht. Es dürfte daher von Interesse sein, den Verlauf der Stärkescheide vom Blattstiel beginnend ins Blatt hinein zu verfolgen.

Die Stiele besitzen meist eine gut ausgebildete Scheide. Da die Hauptnerven in den vorspringenden Rippen laufen, bedürfen sie eines Schutzes und besitzen eine Stärkescheide (Gesamtscheide bei *Acanthus*, *Stachys palustris*, *Allium Plantago*, geschlossene Einzelscheiden bei *Melgedium macrophyllum*). Am häufigsten waren Sicheln anzutreffen: *Campanula pyramidalis*, *Aristolochia*, *Taraxacum*, *Petasites*, *Beta*, *Epilobium*, *Scabiosa*, *Sedum maximum*, *Carduus crispus*, *Dorlia*, *Rumex*, *Zinnia*, *Ribes*, *Fraxinus*, *Ilex*). Diese Sicheln bedecken den unten vorstehenden Siebteil, der schützbedürftig ist. *Helianthus tuberosus* und *Scabiosa* haben oben und unten eine Sichel.

Je mehr die Stränge ins Chlorophyll eingedrungen sind, desto undeutlicher wird die Stärkescheide. Das Gewebe befindet sich dann an der Bildungsstätte der Assimilate, es ist somit eine Stärkescheide unnötig. Außerdem sind die Schädigungen eines Blattes nach Verletzung der Hauptnerven viel bedeutender als an anderen Stellen. Daher wird auch hier eine Raureserve niedergelegt. Auch hier findet sich eine Parallelie mit den sonstigen Schutzstoffen. Die Blattrippen sind häufig von Oxalaten, Alkaloiden u. dergl. umgeben. Auf grösseren Nerven ließ sich eine Verarbeitung nachweisen. Unter den schizogenen Sekretgängen von *Pastinaca sativa* u. unter den Schleimgängen von *Scabiosa* verschwand die Stärke, während sie anderwo erhalten blieb. Bei einigen Pflanzen (*Acer Pseudoplatanus*, *Cornus mas*, *Spiraea spec.*) nehmen Kristallkanner-Fasern und Oxalatdrusen die Stelle der Scheiden mehr oder weniger ein.

Bei sukkulenten Blättern sind es wieder die von Chlorophyll fernen, im Wassergewebe verlaufenden Stränge, welche von einer deutlichen Stärkescheide umhüllt sind, während diese den im Chlorophyll verlaufenden fehlt. In den noch hellgrünen, also noch wenig assimilierenden Blatteilen von *Aloe arborescens* ist sie deutlich ausgebildet, den älteren fehlt sie.

Den Blättern ähnlich verhalten sich die Phyllekadien, Flachsprosse und Stamm-Sukkulanten. In der Nähe der Palissaden war eine Stärkescheide nicht zu finden bei folgenden Arten: *Rubus australis*(Blattstiel), *Epiphyllum*, *Opuntia*, *Ruscus*, *Citrus trifolia*, *Coccoloba platycaulis*, *Ephedra*, *Casuarina* u.a.m.

In den davon entfernten Teilen jedoch war sie wohl ausgebildet (*Ruscus*, *Citrus trifolia*, *Buchcharis trinervia*, *Casuarina torulosa*). Auch waren die Gefäßbündel im Wassergewebe der Sukkulanten-Stämme damit versehen (*Epiphyllum*, *Salsola herbacea*, *Mesembrianthemum*). Die Verarbeitung infolge von sekundärem Dickenwachstum (*Salicornia glauca*, *Mesembrianthemum*), der Sklerenchymbildung (*Casuarina*) sowie unter den Sekretbehältern (*Buchcharis trinervia*) war nach den Erfahrungen bei Blattstielen und Stämmen zu erwarten.

Obwohl eine Resistenz bei Hunger zu vermuten war, wurden Versuche in Kohlensäure-freier Luft angesetzt. Sie ergaben nach 8 Tagen noch keine Verarbeitung: *Campanula pyramidalis* (Amylodextrin), *Menyanthes trifoliata*, *Helianthus tuberosus*, *Aristolochia Siphon* und *Acanthus*. Dass bei ganz extremem Hunger in den in d. Spreite laufenden Teilen die Stärke eher verschwindet als in den Blattstielen, ist bei der grösseren Nähe der verbrauchenden Stellen nicht zu verwundern.

## STÄRKE DER SPALTÖFFNUNGEN.

Die Stärke der Spaltöffnungen möge als Beispiel der Wandel-Sparstoffe im folgenden abgehandelt werden. Viele Beobachtungen an Pflanzen, die durch Verweilen in Kohlensäure-freier Luft lange gehungert hatten, ergaben das Erhalten-Bleiben der Spaltöffnungs-Stärke, auch wenn dieselbe sonst völlig verschwunden war. U.S.S.-LEPP und Andere fanden in den geschlossenen Schliesszellen noch reichliche Stärke bei *Ricinus*, *Vicia Faba* und *Lupinus luteus*, wenn alle anderen Zellen infolge des Kohlensäure-Mangels längst entleert waren. Dasselbe gibt LEITGEBS (11) für

vergilbte und angefaulte Blütenblätter von *Galtonia* an. Fäulnis waren nicht im stande, die Stärke der Spaltöffnungen bei *Tradescantia virginica* und *Chlorophytum* zum Verschwinden zu bringen (12). - Zum Überfluss setzte der Verfasser auch noch Versuche mit Blättern von *Tradescantia zebrina*, *Hyacinthus*, *Tulipa*, *Campanula pyramidalis*, *Helianthus tuberosus*, *Acanthus* an. Ein 14 Tage währendes Verweilen in Kohlensäure-freier Luft genügte nicht zur Verarbeitung der Stärke der Schliesszellen.

Die schwere Angreifbarkeit bei Hunger ist somit gegeben. Dagegen wird sie beim Öffnen der Spalten leicht in Zucker übergeführt; RÖSING (13) machte auf diese Umwandlung zuerst aufmerksam. Sie zeigte, dass bei geschlossener Spalte die Zellen stärkereich und zuckerarm sind. HAGEN (12) arbeitete mit besseren Zucker-Nachweisen, kommt daher auch zu eindeutigeren Bildern. Er fasst seine Untersuchung mit folgenden Worten zusammen: "Durch Verzuckerung der Stärke wird eine osmotisch wirksame Substanz gebildet, die den Turgor der Schliesszellen erhöht und deren Auseinanderweichen ermöglicht."

=====

Verdauungsversuche mit Schliesszellen-Stärke.

(K = Zimmertemp., W = 40 - 50°.)

Art	Stärkegehalt		Diastase	Zeitdauer u. Temperatur.
	vor d. Vers.	nach d. Vers.		
<i>Equisetum limosum</i>	+++	+++	Sp. 1+2	20 h W
<i>Tradescantia zebr.</i>	+++	+++	"	24 h W
<i>Sansevieria</i>	+++	+++	"	"
<i>Limnocharis</i>	+++	+++	"	"
<i>Arum maculatum</i>	(+++)	(+++)	"	"
<i>Tulipa</i>	(+++)	±	"	"
<i>Hyacinthus</i>	+++	+++	"	"
<i>Asparagus spec.</i>	+++	+++	"	6 d W
<i>Smilax aspera</i>	+++	+++	"	"
<i>Agapanthus umbell.</i>	(+++)	(+++)	"	"
<i>Chlorophytum</i>	+++	+++	"	"
<i>Crinum</i>	(+++)	(+++)	"	"
<i>Clivia miniata</i>	+++	+++	"	24 h W
<i>Narcissus Jonquilla</i>	++	++	"	"
<i>Leucojum vernum</i>	+++	+++	"	6 d W
- <i>pulchellum</i>	++	++	"	24 h W
<i>Galanthus spec.</i>	++	-	"	6 d W
" "	++	-	"	24 h W
<i>Amaryllis</i>	++	++	"	6 d W
<i>Canna indica</i>	+++	+++	"	"
<i>Hedychium</i>	+++	+++	"	24 h W
<i>Hordeum</i>	+++	+++	"	20 h W
"	+++	+++	"	10 d K
<i>Secale cereale</i>	++	++	"	24 h W
" "	+++	-	Sp.	"
" "	++	-	Malz	"
" "	+++	+++	Eigen	"
<i>Avena sativa</i>	+++	+++	"	"
<i>Eranthis hiemalis</i>	+++	+++	Sp. 1+2	"
<i>Ranunculus repens</i>	+++	+++	"	6 d W
- <i>bulbosus</i>	+++	+++	"	20 h W
<i>Elatostemma</i>	+++	+++	"	21 h W
"	+++	+++	Gerste	"
<i>Pellonia pulchra</i>	+++	+++	Sp. 1+2	"
" "	+++	+++	Gerste	"

Art	Stärkegehalt		Diastase	Zeitdauer u. Temperatur
	vor d. Vers.	nach d. Vers.		
Pellionia tavoana	+++	+++	Sp. 1+2	21 h W
Asarum europaeum	+++	+++	"	"
" "	+++	+++	Cerste	"
Dianthus Caryophyllus	+	+	Sp. 1+2	24 h W
Cheiranthus	+++	+++	"	"
Begonia spec.	+++	+++	"	"
Pirola secunda	+++	±	"	"
Primula elatior	+++	+++	"	3 d W
Helianthus tuberosus	+++	+++	"	20 h W
Doronic. macroceph.	+++	-	"	24 h W
Amylodextrin				
Asphodelus luteus	(+++)	±	"	"
Galanth. nivalis	++	±	"	"
Pirola rotundif.	++	-	"	"

Immergrüne Pflanzen zeigten häufig an Stelle der Stärke das ebenfalls osmotisch unwirksame Öl zur Winterszeit im Freien oder Kalthause. Wo beide Körper fehlten und Zucker vorhanden war, wurde der Spaltverschluss durch den erhöhten Druck der Nebenzellen verursacht. Eine Ausnahme von der Regel machen, wie HAGEN und der Verfasser fanden, einige *Allium*-Arten (*A. Porrum*, *A. Cepa*, *A. fistulosum*, *A. Schoenoprasum*, *A. fallax*, *A. sativum*, *A. oleraceum*, *A. ophioscordum*). - Ob hier nicht vielleicht Sinistrin oder ein ähnlicher Körper zum Herabmindern d. Druckes gebildet wird, möge dahingestellt bleiben. Der mikrochemische Nachweis dieser Substanzen und ihr Unterschied von Zucker, den sie selbst infolge von Inversion beim Zucker-Nachweis bilden, ist unsicher wenn nicht gar unmöglich.

In den Schließzellen anderer zuckerblättriger Pflanzen (*Polygala amara*, *Gentiana acaulis*, *G. asclepiadea*, *G. cruciata*, *G. tibetica*) war Amylodextrin vorhanden. Der sich mit Jod rot färbende Körper trat auch in verschiedenen Inulin-Pflanzen auf: *Taraxacum officinale*, *Pragopogon pratensis*, *T. major*, *Podospermum laciniatum*). Auch *Galanthus nivalis* enthielt es, was wegen seines "Inulin-Gehaltes" eigentlich nach unseren Erfahrungen nicht verwunderlich ist. Inwieweit das "Inulin" mit Sinistrin und ähnlichen Körpern verwchselt wurde, möge dahingestellt bleiben. *Anthriscus silvestris* und *Asphodelus luteus* besaßen ebenfalls "Amylodextrin" in den Spaltöffnungen.

Man kann daher Punkt 3 als gegeben annehmen und sagen: Wenn es der Spaltöffnungs-Mechanismus erfordert, wird das durch die normalen Hungerfermente kaum angreifbare Kohlenhydrat des Organs verzuckert.

Es wäre noch Punkt 2 unserer Ausführungen zu behandeln. Die Technik der Verdauungsversuche war der bei den Wurzeln angewendeten gleich. Die Haut wurde von frischen Pflanzen abgezogen. Der eine Teil davon diente zur Untersuchung, ob wirklich Stärke oder Amylodextrin vorhanden war. Als Reagenz wurde wo angängig das wegen seiner guten Aufhellung geeignete Chloralhydrat mit Jod benutzt. Oft musste besonders zum Nachweis der roten Stärke auch LUGOLSche Lösung herangezogen werden. Den grösseren Rest benutzte der Verfasser nach dem Abtöten des Zell-Inhaltes mit Chloroformwasser zu den Versuchen. In der Aufstellung p. 270 - 271 sind die Versuchs-Ergebnisse zusammengestellt. HANSEN und KOHL hatten ähnliche Versuche angesetzt, wenn auch, um die Verzuckerung der Stärke im Leben und eine Öffnung der Spalten hervorzurufen.

Es ist bezeichnend, was ersterer anführt: "die ersten Versuche waren ergebnislos". HAGEN-fand eine Lösung der Stärke bei Spaltöffnungen von

. Diese Forscher stimmen mit dem Verfasser darin überein, dass die Stärke der Spaltöffnungen sehr beständig gegen Diastase ist. Sie ist eben nur durch besonders

auf sie eingestimmte Fermente zu lösen. Wiederum zeigte sich die Abstimmung der Verdaulichkeit, je nachdem die Pflanze Stärke als Reservestoff führt oder andere Körper. Das Amylodextrin findet sich auch hier wieder bei Inulin- oder Zuckerpflanzen. Leicht verarbeitbare Stärke führen: *Tulipa*, *Pirola* und *Daronicum*. Wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Hungerfermente kann man daher die Reservestoffe der Spaltöffnungen als "Sparstoffe" bezeichnen. Diese lösen sich beim Öffnen der Spalten und bilden sich ohne grosse Verluste aus ihren Hydrolysen-Produkten beim Spalten-Verschluss wieder zurück, sind also als "Wandel-Sparstoffe" aufzufassen. Sie sind besonders für den Bedarf des lebenswichtigen Apparates gebildet. Die Schliesszellen dürften in ihrer Ernährung zum grössten Teil selbstständig sein, denn viele sonst blattgrünfreie Pflanzen besitzen Chlorophyll in ihnen. Hierdurch dürfte auch das Überleben der Stomata beim Absterben anderen Gewebes verursacht sein.

#### STÄRKE DES EUPHORBIACEEN-MILCHSAFTES.

Eine eigenartige Stärke enthält der Milchsaft der Euphorbien. Sie wurde ursprünglich als ein Reservestoff gedeutet. Doch konnte KNIEP (14) eine Verarbeitung derselben finden, wenn er *Euphorbia Lathyris* hungern liess. Er kam zu dem Schlusse, dass die Stärkekörner dem Eigenbedarf der Milchzellen dienen.

Betrachtet man den Milchsaft der oberirdischen Teile von *Euphorbia verrucosa*, *E. Gerardi*, *E. altissima* u. a. im Herbste, so sieht man eine Lösung der Stärke, die mit dem Braunwerden der Pflanzen Schritt hält. Zunächst verschwindet die Blaufärbung mit Jodlösung, dann nimmt das Korn eine braune Farbe an. Endlich wird das Korn korrodiert, sodass das Mittelstück am ehesten angegriffen wird. Die sich zeigenden Bilder sind die gleichen, wie sie BERNARD (15) bei *Euphorbia thymifolia* in kohlensäure-freier Kultur fand. Die durch Hunger so schwer verarbeitbare Stärke wird in den Stoffwechsel eingezogen, wenn es die Pflanze nötig hat. Punkt 1 und 3 stimmen auch hier. Die angesetzten Verdauungs-Versuche zeigten eine grosse Resistenz gegen Verdauungsfermente:

---

#### Verdauungsversuche mit Stärke aus dem Milchsaft von Euphorbien.

---

Stärke aus d. Milchsaft von:	Art des Ferments und Temperatur	Dauer	Wieviel unverdaut?
<i>Euphorbia Cyparissias</i>	Speichel 1+1, Zimmert.	4 Tage	+++
- <i>helioscopia</i>	"	5 "	+++
- <i>epithymoides</i>	"	4 "	+++
- <i>verrucosa</i>	"	3 "	+++
- <i>myrsinites</i>	"	3 "	+++
- <i>Lathyris</i>	Malzdiastase, warm	24 Stunden	+++
- <i>Regis Jubae</i>	"	14 Tage	+++
- <i>resinifera</i>	Speichel 1+2, Zimmert.	"	+++

---

Wir können also die Stärke der Milchsäfte der Euphorbien als einen "Sparstoff" ansehen. Sie dient vermutlich bestimmten Funktionen, die wir allerdings noch nicht genau kennen.

#### SCHLUSS-ZUSAMMENFASSUNG.

Das, was man schlechthin unter dem Begriffe "Stärke" zusammenfasst, ist nichts einheitliches. Die Differenzen in der Verdaulichkeit der Stärke verschiedener Abstammung mit der gleichen Diastase kann verursacht sein durch chemische Verschiedenheiten. Sei es, dass verschiedenartige Polysaccharide sich an dem Aufbau des Stärkekornes beteiligen, sei es, dass die einzelnen Teilchen nur dichter gelagert

sind. In diesem Falle wären die Unterschiede mehr physikalisch-chemischer Natur. Auf jeden Fall aber spielt die Permeabilität der das Stärkekorn unmittelbar umgebenden Plasma-Schichten für Diastase eine grosse wenn nicht gar ausschlaggebende Rolle. Die für jede Pflanzenart trotz oft gleicher Korngrösse andere Temperatur und Geschwindigkeit der Quellung in Wasser, Natriumsalicylatlösung etc. deutet auf eine wechselnde Beschaffenheit des Kernes selbst, nicht nur der es umgebenden Schichten hin. Für die Lösbarkeit in Fermenten dürfte auch der Aschengehalt des Kernes nicht ohne Einfluss sein. Über die Ursache der Verschiedenheit der Diastasen lassen sich nur vage Hypothesen aufbauen.

Je nach ihrer Verarbeitbarkeit bei Hunger können wir die Reservestoffe unterscheiden in "Nährstoffe für den gewöhnlichen Bedarf" und in "Sparstoffe" für besonderen Bedarf oder Vorgänge. Ebenso verschieden wie die Reservestoffe sind die zugehörigen Lösungs-Fermente.

Ausser an den angeführten Stellen dürften sich solche Sparstoffe auch noch anderswo verfinden. Da die Blattorgane vieler Monokotylen beim Durchwachsen des Bodens ähnliche Leistungen mit ihren Vorläuferspitzen ausführen wie die Wurzeln, so wären sehr wohl ähnliche Einrichtungen wie dort zu erwarten. Die Spitzen der Gramineen-Koleoptile sind ebenfalls mit schwer verarbeitbarer Stärke versehen. Eine Umbau-Sparstärke findet sich in den Karpellen der Orchideen, diese wird hier bei der Samenreife verbraucht und ist sonst bei Hunger resistent sowie gegen Fermente.

Die Untersuchungen werfen aber auch noch ein Licht in ganz andere Besonderheiten. Betrachtet man die Stärkekörner in den Reserve-Behältern, so findet man Grosskörner neben Kleinkörnern. Die Frage möge offen bleiben, ob das ein Überschwemmen der Pflanze mit löslichen Zuckern verhindern soll, weil die Verarbeitbarkeit verschieden ist.

Die gleichzeitige Gegenwart mehrerer Kohlenhydrate, löslicher und unlöslicher, nebeneinander, sowie Öl neben Zucker wird durch die allmähliche Mobilisierung bei der Keimung verständlich. Zuerst verbraucht die Pflanze den Zucker, dann kommt das Öl, die Stärke daran, zuletzt greift sie die Reserve-Zellulosen an. Wo Öl vorhanden ist, werden dessen Lösungsprodukte in transitorische Stärke verwandelt. Es wäre auch einmal zu untersuchen, ob nicht Unterschiede in der Hydrolysierbarkeit der immer nebeneinander vorkommenden verschiedenen Glyceride beim Keimen bestehen.

---

Vorstehende Arbeit wurde in Sömmerda i. Th. 1916-17 ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, meines leider verstorbenen Lehrers Prof. STAHL zu gedenken dankend für die Unterstützung durch Material. Der Firma DTEYSE und COLLEN-BUSCH-Sömmerda sei hiermit gedankt für die Überlassung des Gartens zum Beschaffen von Pflanzen.

#### LITERATUR.

- (1) CZAPLIK, Biochemie der Pflanzen I (1913). p. 401. - (2) HUSEK in Bot. Zentr. XC, 1902, p. 549. - (3) GRÜSS in Pringsh. Jahrb. XXVI (1892) p. 407. - (4) USSLEPP, Vorkommen und Bedeutung der Stärkescheide oberirdischer Organe, Diss. Jena 1909. - (5) HUNCER, Diss. Leiden 1892. - (6) H. MÜLLER in Bot. Ztg. 1906, p. 63. - (7) PLAUT in Pringsh. Jahrb. Vol. 47 u. 48. - (8) TISCHLER, Über das Vorkommen von Statolithen bei wenig oder gar nicht geotropischen Wurzeln, in Flora CXXXXIV (1905) p. 1 - 67. - (9) BÜSCEN, Studien über die Wurzelsysteme einiger Holzpflanzen, in Flora 1905, Erg.-Bd. p. 58. - (10) TUNMANN, Mikrochemie, p. 391. - (11) LEITGEB, Beitr. z. Physiologie d. Spaltöffn.-App. in Mitt. bot. Inst. Graz I, 1866. - (12) HAGEN in Beitr. z. Allg. Bot. - (13) RÖSING in Ber. D. bot. Ges. 1908, p. 438. - (14) KNIEP in Flora XCIV, 1908, Heft 1. - (15) BERNARD, Sur la rôle physiologique du batex, p. 273.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Ziegenspeck Hermann

Artikel/Article: [Ueber Sparstärke 251-273](#)