

Die Eiweißreservestoffe als Ausgangsprodukt des Stoffwechsels in der Pflanze.

Von

Sergius L. Ivanow, Moskau.

(Aus dem Physiol. Institut der Univ. in Halle a. S., Direktor: E. Abderhalden.)

Die Eiweißkörper werden von der Pflanze aus anorganischem Material aufgebaut und befinden sich in derselben teils als aktives Eiweiß des Plasmas, der Kerne und vielleicht auch in Form mancher Fermente, teils aber als inaktive Reservestoffe. Diese letzteren werden von der Pflanze je nach deren Bedarf verwertet und in neue aktive Eiweißkörper umgewandelt. Jedesmal, wenn die Pflanzen aus ihrem Winterschlaf zum aktiven Leben wiedererwachen, wenn sich in Blättern und Stengeln neue Zellen bilden, und ebenso später bei der Reife der Samen, müssen in der Pflanze große Mengen von Eiweiß mobil gemacht werden. Vergleichen wir nun die Eiweißkörper der Aufspeicherungsorgane mit jenen der Blattzellen, der Eizellen oder der Pollen, so kommen wir zur Überzeugung, daß sich diese Eiweißkörper in Bezug auf physikalische, chemische und physiologische Eigenschaften wesentlich verschieden verhalten. (6)

Wie sollen wir uns nun diesen Eiweißtransport und -Umbau vorstellen? Wir müssen hier zwei Möglichkeiten vor Augen halten. Es ist klar, daß die Vorstellung einer Diffusion von Eiweißlösungen durch die Zellmembrane ausgeschlossen ist, da die Eiweißkörper dieser Fähigkeit entbehren. Schon aus diesem Grunde müssen wir unbedingt annehmen, daß vor dem Transport eine Spaltung des Proteinmoleküls eintreten muß, die zu den zur Diffusion befähigten Peptonen führt. Außer dieser einen Möglichkeit der partiellen Spaltung müssen wir aber auch noch die zweite Möglichkeit, nämlich die vollständige Spaltung bis zu den einfachsten Bausteinen des Eiweißmoleküls, den Aminosäuren, erwägen. Abderhalden hat zeigen können, daß dem tierischen Organismus zugeführte Eiweißnahrung im Magen-Darmkanal durch die Zusammenwirkung der drei proteolytischen Fermente: Pepsin, Trypsin und Erepsin zu

diesen einfachsten Bausteinen zerlegt wird und daß der Tierkörper seine spezifisch beschaffenen Eiweißkörper aus diesen Bausteinen aufbaut. Ähnliche Verhältnisse dürfen wir nun auch im Pflanzenorganismus erwarten. Auch hier dürfte das fertige Nahrungseiweiß, in diesem Falle die Reserveproteine der Samen, Zwiebeln, Knollen u. s. w., eine vollständige Zerlegung in die Aminosäuren erfahren, um sodann in den einzelnen Pflanzenorganen zu den spezifischen Eiweißarten der letzteren aufgebaut zu werden.

Es ist daher die Beantwortung der Frage von größter Bedeutung, ob in den folgenden drei Lebensperioden der Pflanze: Keimung der Samen, Erwachen der Pflanzen aus dem Winterschlaf und Reifen der proteinreichen Samen, ein besonders reiches Auftreten von peptolytischen Fermenten nachweisbar ist, ev. welche Organe an diesen peptolytischen Spaltungen beteiligt sind.

Die Untersuchung wurde mittels der optischen Methode von Prof. E. Abderhalden (1) durchgeführt.

Die Pflanzen wurden in der Fleischhackmaschine „Climax“ nach Vermengung mit Sand, Kieselguhr und kohlensaurem Kalzium zermahlen. Der Brei wurde sodann in ein Koliertuch gebracht und in der Buchnerschen Presse bei einem Druck bis 300 Atm. ausgepreßt.

Zur Untersuchung wurde ausschließlich diejenige Fraktion verwendet, die unter einem hohen Drucke ausgepreßt wurde, und die übrige wasserreiche Fraktion verworfen. In Fällen, wo das Material zu saftarm war, wie z. B. bei Samen, wurde es mehrere Stunden hindurch in physiologischer Kochsalzlösung aufgeweicht. Den Preßsaft ließ man durch die Chamberlainsche Kerze filtrieren und bewahrte ihn unter Toluol auf. Infolge der Anwendung von kohlensaurem Kalzium war der Saft fast immer neutral. Bei den verschiedenen Preßsaftdarstellungen variierte die Farbe des Saftes sehr stark. Sie war bald farblos, bald dunkel. Dementsprechend wurden auch die zur Untersuchung gelangenden Saftmengen, sowie auch die Länge der optischen Röhren bei der Beobachtung des Drehungswinkels verschieden gewählt.

Der Saft wurde mit Lösungen verschiedener Dipeptide gemischt: so mit einer 1,88prozentigen Lösung von d,l-Leucylglycin, d,l-Leucylalanin und Glycyl-l-Tyrosin, und endlich mit 10prozentiger Rohrzuckerlösung; dann wurde das Gemisch in die optische Röhre gefüllt, die ihrerseits mit einem Wassermantel umgeben war. Die Veränderungen des Drehungswinkels wurden in dem Dreifelderpolarisationsapparat von Landolt-Lippich beobachtet (Schmidt und Hänsch). Zwischen den einzelnen Beobachtungen wurden die Röhren im Thermostaten bei 38° C aufbewahrt.

Es ist zu bemerken, daß der frisch gewonnene Saft nicht nur Fermente, sondern auch viele andere lösliche Stoffe enthält. Jene Spaltungsreaktionen, die in der lebendigen Pflanze erfolgen, gehen daher auch in dem Saft weiter vor sich. Aus diesem Grunde wird oft im letzteren eine bedeutende Veränderung des Drehungswinkels beobachtet, auch wenn er nicht mit den Lösungen

der Dipeptide vermischt wurde. Mit der Zugabe von Dipeptiden werden die Reaktionen im Saft noch komplizierter, so daß sie sogar die zu beobachtende Reaktion stark maskieren können. Nach 1—2 Tagen aber hören diese Reaktionen im Saft auf. Der Kontrollversuch zeigt, wie groß die Veränderung des Drehungswinkels im Saft ist. Es muß aber berücksichtigt werden, daß bei einem längeren Aufbewahren der Saft verschiedener Pflanzen mehr oder weniger rasch verdirbt oder schwächere Resultate liefert als im Anfange.

Außer mit Dipeptiden wurden auch Versuche mit 20 prozentiger Seidenpeptonlösung angestellt, um zu prüfen, ob der Saft l-Tyrosin abspaltet. Ferner wurden auch die Preßrückstände auf das Vorhandensein von peptolytischen Fermenten untersucht (4).

Wir wenden uns zu den Details der Versuche. Da, wie oben dargetan wurde, die Stickstoffverbindungen in Form von Peptonen oder noch kleineren Molekularaggregaten, wie Polypeptiden und Aminosäuren, diffusionsfähig sind, so ist die Frage nach dem Orte der Spaltung des Eiweißmoleküls in Peptone oder Aminosäuren von hervorragendem Interesse. Die Beantwortung dieser Frage bildet den eigentlichen Gegenstand der folgenden Versuche.

Parallel mit der Wirkung der peptolytischen Fermente habe ich auch die der Rohrzucker-Invertase untersucht, da Rohrzucker oft in den Reservestoffen vorzufinden ist. Ich habe dabei einige Versuche der Lokalisation der Peptasen gewidmet und besonders die Aufspeicherungs- und Verwertungsorgane untersucht, wie z. B. die unter- und oberirdischen Organe, Kotyledonen und die Embryonen.

Versuche mit ruhenden Pflanzen.

Die ruhenden Pflanzen wurden teils unter dem Schnee im Wald und Feld gesammelt, teils aus den Gewächshäusern des Botanischen oder Landwirtschaftlichen Instituts bezogen und zwar in jener Periode, in welcher die Pflanzen schon mehrere Wochen hindurch kein Wasser bekamen (Kakteen und Agaven). Die Abwesenheit von Feuchtigkeit nähert diese Gruppen einander: die Lebensfunktionen sind in allen Teilen herabgedrückt und die Lebensprozesse, wie Wachstum und Transpiration, bis auf das Minimum zurückgedrängt.

Das Ausbleiben der Spaltung von Dipeptiden wurde bei folgenden Pflanzen nachgewiesen:

- | | | | |
|-------------|---------------------------------|--------------|------------------------------------|
| 1) Samen: | <i>Ricinus communis</i> | 3) Blätter: | <i>Pinus Laricio</i> 7. II. |
| | <i>Brassica Napus oleifera</i> | | <i>Agave americana</i> 8. II. |
| | <i>Lathyrus sativus</i> | 4) Rhizomen: | <i>Convallaria majalis</i> 4. III. |
| | <i>Linum usitatissimum</i> | | <i>Tussilago Farfara</i> 5. III. |
| 2) Knospen: | <i>Syringa vulgaris</i> 10. II. | | |
| | <i>Viscum album</i> 1. III. | | |

Außer diesen wurden folgende Pflanzen vollständig untersucht:

5) *Polytrichum commune* 26. II.

Lemna minor-Exemplare die noch unter Wasser überwinterten 11. III.

Sedum Album 11. III.

Cacteen: *Mamillaria gracilis* 30. I.

Opuntia coccinellifera 31. I.

und eine auf die Kiefer wachsende Flechtenart 8. IV. [St. Moritz 1800 M.]

Die Untersuchung auf Invertase gab bei folgenden Arten positive Resultate:

<i>Tussilago Farfara</i> (Rhizomen)	1 ccm Saft + 9 ccm 10% Rohruckerlösung
1 = 1 dem 13. III.	12 ³⁰ $\alpha = + 4,15^{\circ}$
	3 = + 3,75 ^o
<i>Lemna minor</i>	3 ccm Saft + 17 ccm Rohrucker
1 = 2 dem 11. III.	8 $\alpha = + 12^{\circ}$
12. III.	10 ³⁰ = + 10,64 ^o
<i>Sedum album</i>	3 ccm Saft + 7 ccm Rohrucker
1 = 1 dem 13. III.	7 $\alpha = + 3,75^{\circ}$
14. III.	10 = + 1,66 ^o
	3 ³⁰ + 1,15 ^o
	6 + 0,98 ^o
Flechtenart	4 ccm Saft + 6 ccm Rohrucker
1 = 2 dem 8. IV.	11 ⁴⁰ $\alpha = + 6,87^{\circ}$
9. IV.	3 ¹⁵ + 0,58 ^o

Das negative Verhalten des Saftes der untersuchten Pflanzen erlaubt uns dennoch nicht den Schluß zu ziehen, daß das peptolytische Ferment sich im Zustande des Zymogens befindet. Erst die Untersuchung der gleichen Pflanzen zur Zeit des Erwachens aus dem Winterschlaf gibt uns den sicheren Beweis, ob die peptolytischen Fermente in der Ruheperiode im Zymogenzustand anwesend sind oder nicht.

Das Keimen der Samen und die Frühlingsflora.

Die Bildung der aktiven peptolytischen Fermente bei der Keimung der Samen ist eine bekannte Erscheinung. Die Knollen, Zwiebeln, Rhizome, Knospen usw. stellen im allgemeinen Organe vor, die den Samen analog sind, weil sie, wie diese letzteren, die Nährstoffe für die jungen Schößlinge aufzuspeichern vermögen. Deswegen war es interessant weitere Vergleiche zwischen allen Aufspeicherungsorganen anzustellen, um die Verbreitung der peptolytischen Fermente in denselben zu untersuchen.

Lathyrus sativus. Samen nach 48 stündiger Keimung. Würzelchen = 0,5—1 cm

a) 2,5 ccm Saft + 2,5 ccm physiolog. Salzlösung.	1 = 0,5 dem
27. II.	4 ³⁰ $\alpha = + 0,12^{\circ}$
28. II.	11 ⁴⁰ = + 0,07 ^o
	6 = + 0,05 ^o

b) 2,5 ccm Saft + 2,5 ccm d l Leucylglycin. $l = 0,5$ dcm

27. II.	4^{20}	$\alpha = + 0,14^0$	27. II.	4^{20}	$\alpha = + 0,13^0$
	6^{30}	$+ 0,12$		6^{30}	$+ 0,10$
28. II.	11^{40}	$- 0,07$	28. II.	11^{40}	$- 0,10$
	3	$- 0,14$		3	$- 0,10$
	6	$- 0,14$		6	$- 0,12$

c) 1,5 ccm Saft + 2,5 ccm Leucyl-Alanin + 2 ccm Salzlösung

28. II.	7	$\alpha = + 0,08$	28. II.	7	$\alpha = + 0,10$
29. II.	9^{40}	$- 0,01$	29. II.	9^{40}	$- 0,01$
	3	$- 0,01$		3	$- 0,01$
	6	$- 0,01$		6	$- 0,01$

Also, starke Spaltung der Dipeptiden.

Phaseolus vulgaris. Keimlinge 7 Tage alt. Kotyledonen von den Keimlingen abgetrennt. Drehungswinkel des Saftes konstant.

a) Kotyledonen.

3 ccm Saft + 3 ccm Glycyl-l-Tyrosin + 4 ccm Salzlösung. $l = 1$ dcm

1. III.	7	$\alpha = + 0,55$
2. III.	9^{20}	$+ 0,48$
	6	$+ 0,43$

2 ccm Saft + 2 ccm Glycyl-l-Tyrosin + 6 ccm physiol. Salzlösung. $l = 1$ dcm

3. III.	9^{40}	$\alpha = + 0,39$
4. III.	9^{15}	$+ 0,28$

b) Keimlinge. Drehungswinkel des Saftes konstant. $\alpha = 0,0^0$.

3 ccm Saft + 3 ccm Leucyl-Alanin + 4 ccm Salzlösung. $l = 1$ dcm

29. II.	6	$\alpha = + 0,03$
1. III.	3	$- 0,08$

1,5 ccm Saft + 1,5 ccm Glycyl-l-Tyrosin + 3 ccm Salzlösung. $l = 0,5$ dcm

29. II.	6	$\alpha = + 0,16$
1. III.	9	$+ 0,12$
	3	$+ 0,11$

Also, befindet sich das peptolytische Ferment in den Reservegeweben und in den Geweben der Keimlinge.

Helianthus annuus. Keimlinge 5 Tage alt. Wurzellänge 1—1,5 cm

Drehungswinkel des Saftes konstant. $\alpha = + 0,10^0$

3 ccm Saft + 3 ccm Leucylglyzin + 4 ccm Salzlösung. $l = 1$ dcm

7. III.	4^{30}	$\alpha = + 0,08$
	7	$+ 0,08$
8. III.	9	$+ 0,07$
	4^{25}	$+ 0,07$

3 ccm Saft + 3 ccm Glycyl-l-Tyrosin + 4 ccm Salzlösung. $l = 1$ dcm

7. III.	7	$\alpha = + 0,29$
8. III.	9	$+ 0,25$
	4^{25}	$+ 0,22$

1 g Kuchen + 5 ccm Seidenpepton unter einer Toluolschicht.

Nach 2 Tagen bilden sich in großen Massen Kristalldrüsen von Tyrosin.

Linum usitatissimum. Keimlinge 2 Tage alt.

Drehungswinkel des Saftes konstant = $0,0^{\circ}$

3 ccm Saft + 3 ccm Glycyl-l-Tyrosin. $l = 0,5$ dcm

12. II.	10^{55}	$\alpha = + 0,20$	12. II.	11	$\alpha = + 0,18$
	12	$+ 0,16$		12	$+ 0,15$
	5^{25}	$+ 0,15$		5^{25}	$+ 0,15$
13. II.	10	$+ 0,12$	13. II.	10	$+ 0,13$

Linum usitatissimum. Keimlinge 5 Tage alt.

Drehungswinkel des Saftes = $0,0^{\circ}$

1 ccm Saft + 2 ccm Leucylglycin + 2 ccm Salzlösung. $l = 0,5$ dcm

16. II.	12	$\alpha = + 0,0$	16. II.	12	$\alpha = + 0,0$	17. II.	12^{50}	$\alpha = + 0,01$
17. II.	10	$- 0,15$	17. II.	10	$- 0,12$	18. II.	11^{45}	$- 0,04$
	12	$- 0,15$				19. II.	10	$- 0,13$

2 ccm Saft + 2 ccm Glycyl-l-Tyrosin + 2 ccm Salzlösung. $l = 0,5$ dcm

16. II.	10^{40}	$\alpha = + 0,10$
	5^{25}	$+ 0,06$
17. II.	4^{40}	$+ 0,04$

Es ist bekannt, daß die Leinsamen am 2. Tage der Keimung Lipase enthalten. Die Fermente der Fette und der Eiweißkörper beginnen ihre Arbeit gleichzeitig.

Cucurbita Pepo. Keimlinge 10 Tage alt.

a) Kotyledonen. Drehungswinkel des Saftes = $+ 0,02$

2 ccm Saft + 2 ccm Glycyl-l-Tyrosin + 2 ccm Kochsalzlösung. $l = 0,5$ dcm

29. II.	4	$\alpha = + 0,15$	29. II.	4	$\alpha = + 0,15$
1. III.	9^{40}	$+ 0,10$	1. III.	9	$+ 0,08$
	3	$+ 0,06$		3	$+ 0,05$

2 ccm Saft + 2 ccm Leucyl-Alanin + 2 ccm Kochsalzlösung. $l = 0,5$ dcm

29. II.	4	$\alpha = + 0,02$
1. III.	12^{50}	$- 0,04$

b) Wurzeln. Drehungswinkel des Saftes konstant = $+ 0,08$

3 ccm Saft + 2 ccm Leucylglycin + 1 ccm Kochsalzlösung. $l = 0,5$ dcm

24. II.	9^{45}	$\alpha = + 0,07$	24. II.	9^{45}	$\alpha = + 0,08$
	1	0,00		1	0,00
	4^{40}	$- 0,04$		4^{40}	$- 0,05$

Hier ist das Ferment auch nicht in einem speziellen Organ lokalisiert. Wir begegnen ihm überall im ganzen Keimling.

Brassica Napus oleifera. Keimlinge 2 Tage alt.

3 ccm Saft + 3 ccm Kochsalzlösung. $l = 0,5^{\circ}$

a) 13. II.	3	$\alpha = - 0,12$	b) $\alpha = - 0,11$
	6	$- 0,06$	$- 0,05$
14. II.	11	$- 0,05$	$- 0,04$

3 ccm Saft + 3 ccm Leucylglycin. $l = 0,5$

a) 13. II.	4	$\alpha = - 0,10$	b) $\alpha = - 0,10$	c) $\alpha = - 0,12$
	6	$- 0,08$	$- 0,06$	
14. II.	11	$- 0,22$	$- 0,16$	$- 0,20$

Brassica Napus oleifera. Keimlinge 5 Tage alt.

Drehungswinkel des Saftes konstant = $+ 0,08^{\circ}$

3 ccm Saft + 3 ccm Leucylglycin.

a) 15. II.	11 ⁴⁰	$\alpha = + 0,05$	b) $\alpha = + 0,05$
	3 ⁴⁵	$+ 0,05$	$+ 0,05$
16. II.	10 ³⁰	$+ 0,07$	$+ 0,08$

Mit Glycyl-l-tyrosin- und Seidenpeptonlösung wurden auch keine Veränderungen des Drehungswinkels beobachtet. Das letzte Resultat war ganz unerwartet. Bei der Wiederholung des Versuchs mit 4 und 7 Tage alten Keimlingen hat sich dasselbe doch bestätigt: Die Spaltung von Glycyl-l-tyrosin, Leucylglycin blieb aus und der Drehungswinkel des Saftes blieb konstant.

Bei einer neuen Versuchsanordnung mit 2 Tage alten Rapskeimlingen konnte ich wieder die Spaltung des Leucyl-alanins konstatieren. Bemerkenswert bleibt dieses Verschwinden des peptolytischen Ferments in den späteren Stadien der Entwicklung.

Der Saft der 2 und 5 Tage alten Rapskeimlinge ließ auch das Seidenpepton ohne Veränderung.

Also bildet nur der Raps eine Ausnahme unter den untersuchten Samen: Alle anderen bilden das peptolytische Ferment.

Unsere Versuche zeigen, daß die peptolytischen Fermente sich sowohl im Endosperm, als auch in den sich entwickelnden Embryonen nachweisen lassen (*Cucurbita Pepo*, *Phaseolus vulgaris*). Dieser Befund macht es wahrscheinlich, daß die Reserve-eiweißkörper gleich zu Beginn der Stickstoffwanderung bis zu den einfachsten Bausteinen des Proteusmoleküls, den Aminosäuren gespalten werden.

Die frühe Frühlingsflora.

Der langen Reihe der Pflanzen, die peptolytische Fermente produzieren, kann man eine andere Reihe gegenüberstellen, bei denen diese Fermente vermißt und bis jetzt nicht nachgewiesen werden konnten.

Crocus sativus in der Blüte.

Drehungswinkel des Saftes beständig. $\alpha = + 0,16$ bei $l = 0,5$ dcm

1 ccm Saft + 3 ccm Leucyl-Alanin + 2 ccm Kochsalzlösung. $l = 0,5$ dcm

a) 27. II.	4 ²⁰	$\alpha = + 0,20$	b) $\alpha = + 0,18$
	6 ³⁰	$+ 0,17$	$+ 0,17$
28. II.	9 ³⁰	$+ 0,12$	$+ 0,14$
	11 ⁵⁰	$+ 0,10$	$+ 0,10$
	3	$+ 0,06$	$+ 0,08$

Scilla minor blühend.

Drehungswinkel des Saftes = $0,0^{\circ}$

Leucyl-Alanin wird nicht gespalten; $\alpha = 0,0$ und bleibt beständig

3 ccm Saft + 3 ccm Glycyl-l-Tyrosin. $l = 0,5$ dcm

3. III.	9	$\alpha = + 0,25$	4. III.	4 ²⁰	$\alpha = + 0,24$
4. III.	9 ¹⁵	$+ 0,20$	5. III.	12	$+ 0,14$
	4 ²⁰	$+ 0,18$		4 ²⁰	$+ 0,14$

1 g Kuchen mit 5 ccm Seidenpepton gemischt; wird nicht gespalten.

Hyacinthus orientalis blühend.

Reaktion des Saftes beständig. $\alpha = - 0,30^0$

3 ccm Saft + 3 ccm Leucylglycin

a) 20. II.	11 ¹⁰	$\alpha = - 0,28$	b) $\alpha = - 0,29$
	2 ⁴⁰	$- 0,31$	$- 0,32$
21. II.	10 ²⁵	$- 0,40$	$- 0,40$
	12 ³⁰	$- 0,40$	$- 0,40$

3 ccm Saft + 3 ccm Glycyl-l-Tyrosin

a) 21. II.	4	$\alpha = - 0,15$	b) 4 $\alpha = - 0,15$
22. II.	11 ³⁰	$- 0,22$	3 ³⁰ $- 0,23$
	6	$- 0,22$	6 $- 0,25$

Tulipa Gesneriana in der Blüte 10. IV.

Leucylglycinlösung verändert sich nur ganz unwesentlich.

Gagea lutea in der Blüte.

Der Saft zeigt einen beständigen Drehungswinkel. $\alpha = 0,12$ bei $l = 0,5$ dcm

1 ccm Saft + 3 ccm Leucylglycin + 1 ccm Kochsalzlösung. $l = 0,5$

a) 10. IV.	6	$\alpha = - 0,12$	b) 11. IV.	11	$\alpha = - 0,13$
11. IV.	9	$- 0,25$		4	$- 0,20$
	4	$- 0,25$	12. IV.	10	$- 0,25$

Alle Zwiebelpflanzen besaßen keine Invertase und veranlaßten keine Veränderung beim Rohrzucker.

Ein negatives Resultat mit Dipeptiden und Seidenpepton gaben folgende Pflanzen:

Viola odorata 8. IV.

Lathyrus sylvestris 3. IV.

Heleborus foetidus 4. IV.

Chelidonium majus 10. IV.

Pulmonaria officinalis 3. IV.

Lunularia cruciata 25. I.

Asarum europaeum 2. IV.

Anemone nemorosa 5. IV.

Lemna minore 8. IV.

Capsella bursa pastoris 9. IV.

Secale cereale 13. III.

Alle der Untersuchung unterworfenen Dipeptide blieben ohne Veränderung. Im Seidenpepton trat keine Fällung des Tyrosins auf. Rohrzucker wurde vom Saft einiger oben genannten Pflanzen gespalten.

Viola odorata. 1 ccm Saft + 19 ccm Rohrzucker. $l = 2$ dcm

2. IV.	11	$\alpha = + 6,50$
	12 ⁴⁰	$+ 6,25$
	4	$+ 6,25$

Anemone nemorosa. 3 ccm Saft + 17 ccm Rohrzucker. $l = 2$ dcm

5. IV.	11 ³⁰	$\alpha = + 5,35$
	3	$+ 5,30$
	11	$+ 3,00$

Lemna minore. 3 ccm Saft + 17 ccm Rohrzucker. $l = 2$ dcm

8. IV.	8	$\alpha = + 12$
9. IV.	10 ³⁰	$+ 10,64$
	3	$+ 8,13$

Pulmonaria officinalis. 2 ccm Saft + 18 ccm Rohrzucker. 1 = 2 dcm

2. IV. 6 $\alpha = + 9,15$

3. IV. 10 + 8,50

Secale cereale. 5 ccm Saft + 15 ccm Rohrzucker. 1 = 2 dcm

13. III. 10^{30} $\alpha = + 8,81$

12^{30} + 7,90

3 + 7,55

Der Versuch die peptolytischen Fermente in den unterirdischen Pflanzenteilen oder in den oberirdischen Organen — den Verwertungsstellen — nachzuweisen, gab bei folgenden Arten negative Resultate.

Rhizomen: *Polygonatum multiflorum*.

Paris quadrifolia.

Arum maculatum.

Phyteuma spicata.

Tussilago Farfara.

Stengel und Blätter: *Polygonatum multiflorum*.

Paris quadrifolia.

Arum maculatum.

Entwickelte Knospen: *Lonicera tatarica*.

Sambucus nigra.

Die lange Tabellenreihe, die diese Versuche begleitet, lassen wir hier infolge der Einheitlichkeit der negativen Resultate den Dipeptidlösungen als auch 20prozentiger Seidenpeptonlösung gegenüber fort. (Drehungswinkel des Saftes war immer negativ. $\alpha = -0,15$ bis $-0,55^\circ$.)

Die Spaltung des Rohrzuckers durch die Säfte einiger Arten verdient jedoch Beachtung.

Polygonatum multiflorum. Blätter und Blütenknospen.

3 ccm Saft + 7 ccm Rohrzucker. 1 = 2 dcm

5. IV. 11^{30} $\alpha = + 5,62^\circ$

3 + 5,25

6. IV. 11 + 3,91

Polygonatum multiflorum. Rhizomen.

3 ccm Saft + 3 ccm Rohrzucker. 1 = 0,5.

6. IV. 3 $\alpha = + 1,23$

5 + 1,13

8. IV. 9 + 1,08

Bei *Arum maculatum* und *Paris quadrifolia* ist die Invertase in den Rhizomen überhaupt nicht vorhanden und in den oberirdischen Teilen nur schwach erkennbar.

Phyteuma spicata. Rhizomen.

5 ccm Saft + 5 ccm Rohrzucker. 1 = 1 dcm

4. IV. 10^{30} $\alpha = + 1,80$

12^{30} + 1,80

3^{10} + 1,64

5. IV. 9 + 1,25

Lonicera tatarica. Blätter.

3 ccm Saft + 17 ccm Rohrzucker. $l = 2$ dcm

10. III. 11 $\alpha = + 12,04$

11. III. 9³⁰ $+ 10,52$

Sambucus nigra. Blätter.

2 ccm Saft + 18 ccm Rohrzucker. $l = 2$ dcm

11. III. 12¹⁵ $\alpha = + 12,50$

3¹⁰ $+ 12,10$

7 $+ 10,70$

12. III. 9 $+ 8,06$

Versuche mit *Phyllocactus hybridus*. Exemplar in Blüte.

Drehungswinkel des Saftes bleibt unverändert.

$\alpha = + 0,02^{\circ}$ bei $l = 0,5$ dcm.

3 ccm Saft + 3 ccm Leucylglycin. $l = 0,5$ dcm

a) 2. II. 4⁴⁵ $\alpha = + 0,02$ b) $\alpha = + 0,03$

5⁵⁰ 0,00 0,00

3. II. 10 $- 0,12$ $- 0,15$

Agave americana. Zweig mit Blüten. Isola Madre.

Drehungswinkel des Saftes bei $l = 1$ dcm beständig und $= - 0,30^{\circ}$

3 ccm Saft + 3 ccm Leucylglycin + 3 ccm Kochsalzlösung. $l = 1$ dcm

a) 1. IV. 4¹⁰ $\alpha = - 0,31$ b) $\alpha = - 0,31$

2. IV. 9 $- 0,45$ $- 0,47$

4 $- 0,60$ $- 0,60$

3 ccm Saft + 4 ccm Glycyl-l-tyrosin + 3 ccm Kochsalzlösung.

$l = 1$ dcm

a) 1. IV. 4¹⁰ $\alpha = - 0,17$ b) $\alpha = - 0,15$

2. IV. 9 $- 0,25$ $- 0,29$

4 $- 0,29$ $- 0,32$

Versuche mit Pilzen.

Psalliota campestris. Der Saft war dunkel. (9.)

0,5 ccm Saft + 4,5 ccm Kochsalzlösung. $l = 0,5$

19. II. 4¹⁰ $\alpha = + 0,02$

5¹⁰ $+ 0,05$

6⁵⁰ $+ 0,05$

20. II. 9 $+ 0,08$

0,5 ccm Saft + 4,5 ccm Leucylglycin

a) 19. II. 4 $\alpha = + 0,02$ b) $\alpha = + 0,01$ c) $\alpha = + 0,02$

5¹⁰ 0,00 $- 0,01$ $- 0,04$

20. II. 9 $- 0,15$ $- 0,12$ $- 0,12$

Der Saft der Pilze bildet ein sehr ungeeignetes Beobachtungsobjekt für die Spaltung der Polypeptide, welche Tyrosin enthalten, wahrscheinlich infolge der in ihm vorhandenen Fermente, die auf das Tyrosin einwirken (Tyrosinase!).

In unseren Versuchen mit Pilzen wurde die Mischung nach einer verhältnismäßig kurzen Zeit dunkel, so daß man den Drehungs-

winkel der Mischung nicht mehr beobachten konnte. Dieselbe Tatsache wurde auch von E. Abderhalden und Dahmhahn erwähnt (3).

Agaricus (species). An einem faulenden Baumstumpf gesammelt.

Im Vergleich mit *Psalliota campestris* ist der Saft absolut durchsichtig.
Drehungswinkel des Saftes. $\alpha = 0,0^\circ$.

2 ccm Saft + 3 ccm Leucylglycin + 5 ccm Kochsalzlösung. $l = 1$ dcm

a) 9. IV.	5 ³⁵	$\alpha = - 0,02$	b) 10. IV.	12 ⁴⁵	$\alpha = - 0,02$
10. IV.	10 ⁴⁵	$- 0,12$		4	$- 0,07$
	3 ⁴⁵	$- 0,15$		7	$- 0,10$
	5 ³⁰	$- 0,18$			

Rohrzucker wurde vom Saft von *Agaricus* nicht gespalten.

Ein großes Interesse bietet die Beobachtung reifender Samen, in welchen sich die Aufspeicherung der Eiweißkörper abspielt. Die Tätigkeit der Fermente beim Reifen der Samen ist noch sehr wenig untersucht, und auch die Verbreitung der proteolytischen Fermente in dieser Entwicklungsperiode der Pflanzen ist uns wenig bekannt. Deswegen war es interessant, die Verbreitung der peptolytischen Fermente bei der Reife der Samen festzustellen.

Die von mir untersuchten vier Fruchtarten gaben keine guten Resultate in Bezug auf die Spaltung der Dipeptide und des Seidenpeptons. *Carica Papaya* bildet vielleicht eine Ausnahme.

Die Untersuchung wurde an folgenden Früchten angestellt:

- | | | |
|---------|-------------------------------------|---|
| 26. I. | <i>Carica Papaya</i> | } wurden in ganz frischem Zustande aus den Gewächshäusern des Landwirtsch. Instituts bezogen. |
| 23. II. | <i>Philodendron pertusum</i> | |
| 4. III. | <i>Cucumis utilissimus</i> | |
| 8. IV. | <i>Citrus (Aurantium) sinense</i> . | Körner |

Diese Resultate sind insofern nicht eindeutig, als das Reifen der Früchte von *Carica Papaya* und *Philodendron pertusum* im Gewächshause an und für sich keinen ganz normalen Prozeß vorstellt, wenngleich die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse auch richtig getroffen sind. Die Lebensfunktionen sind aber auch hier, wie bei anderen Gewächshauspflanzen, stark herabgedrückt.

Was *Cucumis utilissimus* anbelangt, so ist seine Entwicklung in den Gewächshäusern im Frühjahr zwar sehr intensiv, kann aber nicht als normal angesehen werden. Es ist eine bekannte Methode der Gärtner, durch Entfernen der männlichen Blüten eine übermäßige Befruchtung zu verhindern, um möglichst entwickeltes Fleisch bei geringer Körnerzahl zu gewinnen.

Das letzte Objekt bildeten die Körner der Apfelsinen, einer importierten Frucht, die einige Wochen Transport hinter sich hatte.

Wir führen hier die Beobachtungen des Saftes von *Carica Papaya* an, der infolge seines verschiedenen Verhaltens zu verschiedenen Dipeptiden nicht ohne Interesse ist.

Carica Papaya.

Der Drehungswinkel bei $l = 1$ dcm ist eine beständige Größe und $= + 0,16^\circ$

5 ccm Saft + 5 ccm Leucylglycin. $l = 1$ dcm

22. I.	3^{54}	$\alpha = + 0,06$	23. I.	6^{10}	$\alpha = + 0,18$
	4^{15}	$+ 0,10$		7	$+ 0,20$
	5	$+ 0,44$	24. I.	9^{30}	$+ 0,25$
	6^{15}	$+ 0,37$		12^{30}	$+ 0,22$
23. II.	10	$+ 0,37$		3^{25}	$+ 0,22$
	12^{25}	$+ 0,37$	25. I.	12^{45}	$+ 0,22$
	4	$+ 0,37$		3	$+ 0,22$

2,5 ccm Saft + 2,5 ccm Glycyl-l-Tyrosin. $l = 0,5$ dcm

24. I.	3^{25}	$\alpha = + 0,53$	25. I.	9^{30}	$\alpha = + 0,35$
	5	$+ 0,35$		11	$+ 0,30$
	6	$+ 0,25$		12^{45}	$+ 0,30$
	7^{10}	$+ 0,22$		3	$+ 0,30$

Womit man die Vergrößerung des Drehungswinkels bei Leucylglycin erklären soll, ist schwer zu entscheiden. Die einzige Möglichkeit wäre an die Spaltung des d-Leucylglycins zu denken. Diese konnte jedoch vorher nicht beobachtet werden. Eine deutliche Spaltung von Glycyl-l-tyrosin konnte ich feststellen.

Der Saft der Apfelsinenkörner und *Cucumis* enthält Invertase.

Apfelsinenkörner.

1 ccm Saft + 9 ccm Rohrzucker. $l = 1$ dcm

11. III.	3^{15}	$\alpha = + 8,60$
	7	$+ 6,25$
12. III.	10^{30}	$+ 6,06$

Cucumis.

4 ccm Saft + 6 ccm Rohrzucker. $l = 1$ dcm

8. IV.	11^{40}	$\alpha = + 3,58$
	6	$+ 3,25$
9. IV.	3^{15}	$+ 1,25$

Die durchgeführten Versuche führen zu dem Ergebnis, daß die meisten Pflanzen der Frühlingsflora die angewandten drei Dipeptide nicht spalten. Eine Ausnahme bilden die Zwiebel und Pilze. Das negative Ergebnis berechtigt jedoch nicht zu dem Schlusse, daß den untersuchten Pflanzen peptolytische Fermente überhaupt fehlen. Es sei hier auf die Versuche von Abderhalden und seiner Schule hingewiesen, die ergaben, daß auch Pankreassaft gegenüber einer ganzen Anzahl von Polypeptiden wirkungslos ist. Es müßte also eine weit größere Anzahl von Polypeptiden als Versuchsobjekt angewendet werden. Desgleichen ist auch das mittels der optischen Methode

gewonnene negative Resultat nicht immer beweiskräftig. Abderhalden und Pringsheim konnten nämlich zeigen, daß auch bei konstant bleibendem Drehungswinkel eine Spaltung erfolgt sein kann. Dies ist der Fall, wenn beide Komponenten des Razemkörpers gespalten werden. Hier muß also die chemische Methode die endgültige Entscheidung liefern, d. h. es müssen die Spaltungsprodukte isoliert werden.

Als ein weiteres Ergebnis der mitgeteilten Versuche ist anzuführen, daß sich die Invertase während des Winterschlafes der Pflanze in aktivem Zustande befinden kann.

Herrn Prof. Dr. E. Abderhalden spreche ich hiermit für die Anregung zu diesen Versuchen, seine Ratschläge und sein Interesse meinen besten Dank aus.

Es sei mir auch erlaubt, an dieser Stelle Herrn Professor S. Karsten, Direktor des Botanischen Instituts, für die Bereitwilligkeit, mit der er mir zu Pflanzenmaterial verhalf, meinen besten Dank auszusprechen.

Um eine bequemere Übersicht über die Resultate zu ermöglichen, führen wir dieselben hier in Form einer Tabelle an.

	Ruhende Pflanzen	Peptolyt. Fermente	Invertase
Samen:	1. <i>Brassica Napus oleifera</i>	negativ	—
	2. <i>Lathyrus sativus</i>	"	—
	3. <i>Linum usitatissimum</i>	"	—
Knospen:	4. <i>Syringa vulgaris</i>	"	negativ
	5. <i>Viscum album</i>	"	"
Blätter:	6. <i>Pinus Laricio</i>	"	"
	7. <i>Agave americana</i>	"	"
Rhizome:	8. <i>Convallaria maialis</i>	"	"
	9. <i>Iris germanica</i>	"	"
	10. <i>Tussilago Farfara</i>	"	positiv
Ganze Pflanzen:	11. <i>Lemna minor</i>	"	"
	12. <i>Sedum album</i>	"	"
	13. <i>Mamillaria gracile</i>	"	—
	14. <i>Opuntia coccinellifera</i>	"	—
	15. <i>Polytrichum commune</i>	"	—
	16. Lichen-spezies	"	—

Pflanzen in Blüte und voller Entwicklung, gekeimte Samen.

Gekeimte Pflanzen:	17. <i>Linum usitatissimum</i> 2 u. 6 Tg. alt	positiv	positiv
	18. <i>Brassica Napus oleifera</i>		
	2, 4, 5 und 7 Tage alt	negativ	"
	19. <i>Cucurbita Pepo</i> 5 Tage alt	positiv	"
	20. <i>Helianthus annuus</i> 5 Tage alt	"	"
	21. <i>Lathyrus sativus</i>	"	"

	22. <i>Phaseolus vulgaris</i>	positiv	negativ
Blühende Pflanzen:	23. <i>Hyacinthus orientalis</i>	"	"
	24. <i>Crocus sativus</i>	"	"
	25. <i>Scilla minor</i>	"	"
	26. <i>Tulipa Gesneriana</i>	"	positiv
	27. <i>Gagea lutea</i>	"	"
	28. <i>Phyllocactus hybridus</i>	"	"
	29. <i>Agave Americana</i>	"	"
	30. <i>Viola odorata</i>	negativ	"
	31. <i>Asarum europeum</i>	"	"
	32. <i>Lathyrus silvestris</i>	"	"
	33. <i>Anemone nemorosa</i>	"	"
	34. <i>Helleborus foetidus</i>	"	positiv
	35. <i>Capsella bursa pastoris</i>	"	"
	36. <i>Chelidonium maius</i>	"	negativ
	37. <i>Lemna minor</i>	"	positiv
	38. <i>Pulmonaria officinalis</i>	"	"
Entwickelte Knospen:			
	39. <i>Lonicera tatarica</i>	"	"
	40. <i>Sambucus nigra</i>	"	"
Wurzeln und Rhizome:			
	41. <i>Paris quadrifolia</i>	"	negativ
	42. <i>Polygonatum multiflorum</i>	"	"
	43. <i>Arum maculatum</i>	"	"
	44. <i>Phyteuma spicatum</i>	"	positiv
Oberirdische Pflanzenteile:			
	45. <i>Paris quadrifolia</i>	"	negativ
	46. <i>Polygonatum multiflorum</i>	"	positiv
	47. <i>Arum maculatum</i>	"	negativ
	48. <i>Secale cereale</i>	"	positiv
Pilze:	49. <i>Psalliota campestris</i>	positiv	"
	50. <i>Agaricus</i> (Spezies)	"	negativ
	51. <i>Lunularia cruciata</i>	negativ	"
Reifende Samen und Früchte:			
	52. <i>Carica Papeya</i>	positiv	"
	53. <i>Philodendron pertusum</i>	negativ	"
	54. <i>Cucumis</i>	"	positiv
	55. <i>Citrus (Aurantium) sinense</i>	"	"

Literatur.

1. Abderhalden, E., Die optische Methode u. ihre Verwendung bei biolog. Fragestellungen. (Handb. d. bioch. Arbeitsmethod. 5. I. p. 575.)
2. — u. Schittelhelm, A., Die Wirkung der proteolyt. Fermente keimender Samen des Weizens und d. Lupinen auf Polypeptide. (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 49. 1906. p. 32.)
3. — u. Dahmhahn, Über den Gehalt ungekeimter u. gekeimt. Samen verschied. Pflanzenarten an peptolyt. Fermenten. (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 57. 1908. p. 332.)

4. Abderhalden u. Pringsheim, H., Studien über die Spezifität der peptolyt. Fermente bei verschied. Pilzen. (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 59. 1909. p. 249.)
 5. — —, Beitrag zur Technik des Nachweises intrazellulärer Fermente. (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 65. 1910. p. 180.)
 6. —, Synthese der Zellbausteine in Pflanze u. Tier. 1912.
 7. —, Notiz zum Nachweis peptolytischer Fermente in Tier- und Pflanzengewebe. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 66. 1910. p. 137.)
 8. Green-Windisch, Die Enzyme. 1901.
 9. Abderhalden, E., und Rilliet, Auguste, Über die Spaltung einiger Polypeptide durch den Saft von *Psalliota campestris*. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1908. 55. 395.)
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [BH_29_1](#)

Autor(en)/Author(s): Ivanow Sergius

Artikel/Article: [Die Eiweißreservestoffe als Ausgangsprodukt des Stoffwechsels in der Pflanze. 144-158](#)