

Über das Vorkommen von Hemicellulosen in Wurzelstöcken, Rhizomen und Wurzelknollen.

Von

Anton Stieger.

(Aus dem Agrikulturchemischen Laboratorium der Eidgenössischen Technischen
Hochschule in Zürich.)

(Der Redaktion zugegangen am 5. Juni 1913.)

a) Allgemeines.

In einer klassischen Arbeit über die Keimungsgeschichte der Dattelkerne machte der Botaniker Sachs¹⁾ (1862) das erste Mal darauf aufmerksam, daß die pflanzliche Zellmembran nicht einheitlicher Natur sei. Er unterschied in den Zellwänden der Dattelkerne bereits eine als Baustoff dienende und eine als Reservematerial aufgespeicherte Cellulose. Letztere löste sich, wie Sachs beobachtete, beim Keimungsvorgange vollständig auf. Wenige Jahre später bestätigte der Botaniker Frank²⁾ die von Sachs gewonnenen Resultate durch mikroskopische Untersuchungen über die Keimungsvorgänge der Samen von *Tropaeolum*.

Die chemische Zusammensetzung des als Reservecellulose bezeichneten Kohlenhydrates blieb lange Zeit unaufgeklärt. Erst im Jahre 1889 gelang es Reiss,³⁾ aus Palmensamen (*Thytelephas macrocarpus*) ein reservecellulosehaltiges Produkt zu isolieren. Die Hydrolyse desselben ergab einen Zucker, der bis dahin aus Cellulose noch nie erhalten worden war. Reiss nannte dieses neue Kohlenhydrat Seminin und den erhaltenen Zucker Seminose. E. Fischer⁴⁾ zeigte noch im gleichen Jahre, daß die Seminose identisch ist mit der von ihm kurz vorher entdeckten Mannose.

¹⁾ Sachs, Bot. Zeitung, 1862.

²⁾ Pringsheims Jahrbücher, 1866—67, Bd. 5.

³⁾ Reiss, Landw. Jahrbücher, 1889, Bd. 18, S. 711.

⁴⁾ E. Fischer, B., Bd. 22, S. 1155 (1889).

Ein Jahr nachdem Reiss seine Untersuchungen veröffentlicht hatte, erschien die erste Arbeit von E. Schulze und Steiger¹⁾ über die Reservecellulose. Damit begannen die über zwei Jahrzehnte sich erstreckenden Untersuchungen von E. Schulze und seinen Mitarbeitern über die Verbreitung, Beschaffenheit und Bedeutung der Reservecellulosen, sowie der andern Bestandteile der pflanzlichen Zellmembranen.

Während eine große Anzahl von Früchten und Samen auf ihren Gehalt an Hemicellulosen untersucht worden²⁾ sind, so liegen fast keine diesbezüglichen Resultate an vegetativen Pflanzenorganen vor. Einzig die Internodien von *Molinia coerulea* sind auf den Gehalt an Hemicellulose geprüft. Es war nun vom pflanzenphysiologischen Standpunkte aus wünschbar, weitere vegetative Pflanzenteile in dieser Richtung zu untersuchen. Ich stellte mir daher die Aufgabe, eine Anzahl Wurzelstöcke, Rhizome und Knollen verschiedener Pflanzen auf das Vorkommen von Hemicellulosen zu prüfen. Dabei durfte ich ein positives Resultat um so eher erwarten, als mir H. C. Schellenberg mitteilte, daß er bereits in einigen unterirdischen Pflanzenteilen Hemicellulose mikroskopisch nachgewiesen habe. Durch die Bezeichnung von Pflanzen, an denen diese Beobachtungen gemacht wurden, ward ich in den Stand gesetzt, gleich eine Reihe günstigen Materials sammeln zu können. Daneben unterließ ich es aber nicht, auch andere Objekte in den Bereich der Untersuchung zu ziehen, die einen Gehalt an Hemicellulose nicht erwarten ließen. Es waren dies die stärke-reichen Wurzeln von *Heracleum sphondylium*, *Iris pseudacorus*, *Germanium Robertianum*, die öl- und stärkereiche Wurzel von *Chochlearea armoracia*.

Das untersuchte Material beschaffte ich mir selbst; zum Teil war es dasselbe, das ich im ersten Teil meiner Arbeit auf jene Verbindungen untersuchte, die aus den wässerigen Extrakten mit Mercurinitrat ausgefällt wurden.

¹⁾ E. Schulze und Steiger, Landw. Versuchsst., 1889, Bd. 36, S. 9.

²⁾ Am Schlusse befindet sich eine Zusammenstellung aller Pflanzen und Pflanzenteile, in denen Hemicellulosen nachgewiesen wurden.

b) Untersuchungsmethoden.¹⁾

Die zerkleinerten Wurzeln wurden zweimal mit Wasser von ca. 50° und dann mit verdünntem Alkohol extrahiert. Der getrocknete Rückstand gemahlen und mit der Dreefschenschen Reibe zu Staub zerrieben. Diesen prüfte ich mikroskopisch auf den Gehalt an Stärke. Fand sich letztere vor, was meistens der Fall war, so wurde zu deren Entfernung die Substanz während 2—3 Stunden mit Wasser auf 90—100° erhitzt und nachher bei 60° während 1 Stunde mit Grünmalzdiastase behandelt. Es konnte zwar auf diese Art nie alle Stärke entfernt werden, wohl aber der größte Teil. Da Hemicellulosen, soweit bekannt,²⁾ bei der Hydrolyse keinen Traubenzucker liefern, so wirkte der zurückbleibende Rest von Stärke nicht störend.

Zur Entfernung der Proteinstoffe extrahierte ich die stärkefreie Substanz mit 0,25%iger Natronlauge. Das derart zubereitete Material wurde mit 3%iger Schwefelsäure gekocht. Um aus der erhaltenen Lösung noch vorhandene Proteine zu entfernen, reinigte ich nach E. Schulze³⁾ mit Phosphorwolframsäure; dann wurde zum Sirup eingedampft und dieser mit Alkohol⁴⁾ extrahiert. Bei der Isolierung der Zucker hielt ich mich ganz an die von E. Schulze und Godet (l. c.) gegebenen Vorschriften. Zur Identifikation der Zucker wurden die von B. Tollens in Abderhaldens «Biochemischen Arbeitsmethoden»⁵⁾ beschriebenen Vorschriften benutzt.

c) Resultate.

Untersucht wurden 15 verschiedene Pflanzenwurzeln und zudem noch die oberirdischen Teile einer Wüstenpflanze aus der Sahara: *Anabasis aetioïdes*. Als Pentose konnte in allen Objekten Arabinose und als Hexose Galaktose identifiziert

¹⁾ Nach Schulze und Godet, Diese Zeitschrift, 1909, Bd. 61, S. 279.

²⁾ Nur die Hemicellulosen in den Internodien von *Molinia coerulea* enthalten sehr wahrscheinlich Glukose nach den Untersuchungen von E. Schulze, Diese Zeitschrift, Bd. 39, S. 318.

³⁾ Schulze und Pfenniger, Diese Zeitschrift, Bd. 68, S. 93.

⁴⁾ Wenn im folgenden von einer alkoholischen Zuckerlösung oder einem alkoholischen Sirup die Rede ist, so ist darunter immer der auf diese Weise erhaltene alkoholische Extrakt verstanden.

⁵⁾ Bd. 2, S. 85.

werden.¹⁾ Die Prüfung auf Mannose und Fruktose fiel immer negativ aus. In allen Fällen wurden 1—2 kg grüner im Herbst gesammelter Wurzeln als Ausgangsmaterial verwendet.

1. *Asparagus officinalis*²⁾ (Spargel). Rhizome und Wurzeln. Die alkoholischen Extrakte konnten auch nach mehrmaligem Reinigen durch Eindunsten und Wiederaufnahme in Alkohol nicht zum Krystallisieren gebracht werden. Der erste 95%ige Extrakt zeigte recht deutlich die Phloroglucinreaktion. Daraufhin versetzte ich einen Teil dieses Extraktes nach der Vorschrift von Ruff und Ollendorf³⁾ mit Benzylphenylhydrazin. Nach ein paar Stunden war eine beträchtliche Fällung von Hydrazon eingetreten; dasselbe schmolz nach 4maligem Umkrystallisieren bei 170—171°. Für Arabinosebenzylphenylhydrazon ist der Schmelzpunkt 172°. Die Krystallform des vorliegenden Hydrazons war ganz übereinstimmend mit der Krystallform eines aus reiner Arabinose hergestellten Präparates. Die Krystalle gaben mit Phloroglucin und Salzsäure beim Erhitzen die für Pentosen charakteristische kirschrote Färbung; auch die Bialsche⁴⁾ Farbenreaktion wurde erhalten. Es lag demnach Arabinose vor. Die Prüfung auf Galaktose fiel negativ aus. Keiner der Sirupe lieferte beim Erhitzen mit Salpetersäure Schleimsäure.

2. *Iris pseudacorus* (Schwertlilie). Rhizom. Der bei der Hydrolyse mit verdünnter Schwefelsäure erhaltene alkoholische Extrakt lieferte beim Verdunsten über Schwefelsäure Krystalle. Dieselben wurden mechanisch von der Lösung getrennt, getrocknet, dann in wenig Wasser gelöst und durch Kochen mit Tierkohle gereinigt. Die farblose, wässrige Lösung dampfte ich auf kleines Volumen ein, versetzte dann mit dem 2fachen Volumen Alkohol und ließ im Exsikkator auskrystalli-

¹⁾ Diese finden sich in den Objekten in Form von Pentosanen und Galaktanen.

²⁾ Eine genaue Untersuchung über die Bestandteile des Spargels wurde von E. Winterstein und P. Huber, Zeitschrift f. Nahrungs- und Genußmittel, ausgeführt: 1904, Heft 12, S. 721 u. 1905, Heft 7, S. 411. Vergleiche auch Tollens, Journal für Landwirtschaft, 1910, S. 101.

³⁾ Ruff und Ollendorf, B., Bd. 32, S. 3235.

⁴⁾ Die Reaktion befindet sich in Abderhaldens «Biochemische Arbeitsmethoden», Bd. 2, S. 97 beschrieben.

sieren. Die Krystalle wurden im Polarisationsrohr untersucht; dabei ergab sich folgendes Resultat:

Eine wässrige Lösung, die in 10 ccm 0,9168 g Substanz enthielt, drehte bei 19° C. im 200 mm-Rohr 41,3 S.V. nach rechts; demnach ist $[\alpha]^D = 82,7^\circ$.

Da für reine Galaktose $[\alpha]^D = 81,5^\circ$, so ist der vorliegende Zucker als Galaktose zu bezeichnen. Dies wurde auch bestätigt durch Bildung von Schleimsäure beim Kochen der Krystalle mit (1,15 spez. Gew.) Salpetersäure. Die erhaltene Schleimsäure schmolz bei 215°.

Die von den Galaktosekrystallen abgegossene Mutterlauge versetzte ich mit Benzylphenylhydrazin. Es wurde eine Fällung erhalten. Der Schmelzpunkt derselben war nach mehrmaliger Umkrystallisation bei 171—172°. Es lag hier also Arabinosebenzylphenylhydrazon vor; dies wurde auch bewiesen durch die Krystallform und die Phloroglucinreaktion.

Es lieferten die Hemicellulosen demnach bei der Hydrolyse Galaktose und Arabinose.

3. *Allium porrum* (Lauch). Aus der ersten alkoholischen Zuckerlösung schieden sich ein paar Krystalle aus, die sehr schön die Phloroglucinreaktion zeigten. Als nach längerem Stehen sich die Krystallisation nicht vermehrte, versetzte ich den etwas verdünnteren Extrakt mit Benzylphenylhydrazin. Die erhaltene krystallinische Fällung war nach Schmelzpunkt und Krystallform als Arabinosebenzylphenylhydrazon zu bezeichnen. Es schmolzen die Krystalle nach 3maligem Umkrystallisieren bei 171°, ferner ergaben sie mit Phloroglucin und Salzsäure beim Erhitzen die kirschrote Färbung; ebenso auch die Bialsche Grünfärbung.

Ferner lieferte der Zuckersirup nach dem Kochen mit (1,15 spez. Gew.) Salpetersäure eine ziemlich große Menge Schleimsäure; dieselbe schmolz bei 215—216°. Daraus ist zu schließen, daß in der Zuckerlösung neben Arabinose auch Galaktose vorlag.

4. *Rumex acetosa* (Ampfer). Wurzelstöcke. Die Extrakte lieferten auch nach langem Stehen keine Krystalle. Dagegen konnte ich aus der verdünnten alkoholischen Lösung mit

Benzylphenylhydrazin eine Fällung erhalten. Der Schmelzpunkt dieser Fällung lag nach mehrmaliger Umkrystallisation bei 171° ; ferner zeigten die Krystalle die Phloroglucinreaktion. Es lag also Arabinosebenzylphenylhydrazon vor.

Beim Kochen des Sirups mit Salpetersäure wurde Schleimsäure erhalten; dieselbe schmolz nach der Reinigung durch Auflösen in Natronlauge und Ausscheidenlassen aus der mit Salpetersäure neutralisierten Lösung bei 215° . Es lag also Galaktose vor.

5. *Rheum officinale* (Rhabarber). Wurzelstöcke. Die Prüfung des Zuckersirups auf Galaktose lieferte ein positives Resultat; die beim Kochen des Sirups mit Salpetersäure erhaltene Schleimsäure hatte einen Schmelzpunkt von $215-216^{\circ}$. Ferner konnte aus dem alkoholischen 95%igen Extrakt eine Fällung von Arabinosebenzylphenylhydrazon erhalten werden; die Verbindung schmolz nach der Reinigung bei $170-171^{\circ}$; ferner zeigte sie die Phloroglucinreaktion und die Bialsche Grünfärbung.

Die Hemicellulosen lieferten also bei der Hydrolyse Galaktose und Arabinose.

6. *Paeonia officinalis* (Pfingstrose). Rhizome und Wurzeln. Die alkoholischen Lösungen konnten nicht zur Krystallisation gebracht werden. Der 95%ige alkoholische Extrakt gab nach Zusatz von Benzylphenylhydrazin eine Ausscheidung, die sich als das Benzylphenylhydrazon der Arabinose erwies. Sie stimmte im Aussehen mit einem aus reiner Arabinose dargestellten Hydrazon überein und schmolz nach wiederholtem Umkrystallisieren aus Alkohol bei 171° , während für jenes Präparat ein Schmelzpunkt von 172° gefunden wurde.

Die Prüfung des Zuckersirups auf das Vorhandensein von Galaktose gab ein positives Resultat, indem beim Kochen des Sirups mit Salpetersäure Schleimsäure entstand. Letztere schmolz bei 216° .

Die Hemicellulosen von *Paeonia officinalis* lieferten bei der Hydrolyse demnach Galaktose und Arabinose.

7. *Cochlearia armoracia* (Meerrettich). Wurzelstöcke. Aus dem Alkoholextrakt, welcher die am leichtesten löslichen Teile des Zuckersirups enthielt, krystallisierte sehr bald ein Zucker aus. Derselbe wurde noch einmal umkrystalli-

siert aus verdünntem Alkohol und dann im Polarisationsrohre untersucht, wobei folgendes Resultat erhalten wurde:

Eine wässrige Lösung, die in 10 ccm 0,2305 g Substanz enthielt, drehte bei 17° C. im 200 mm-Rohr 13,75° S. V. nach rechts; demnach ist $[\alpha]^D = 102,9^\circ$.

Für reine Arabinose ist bekanntlich $[\alpha]^D = +104-105^\circ$. Es waren demnach obige Zuckerkrystalle Arabinose. Das daraus dargestellte Benzylphenylhydrazon schmolz bei 172°.

Die von den Arabinosekrystallen getrennte Mutterlauge gab beim Erhitzen mit Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,15 Schleimsäure (Schmelzpunkt 212°). Daraus ist zu schließen, daß neben Arabinose im Zuckersirup auch Galaktose vorhanden war.

8. *Alchimilla vulgaris* (Frauenmantel). Wurzelstock. Eine Krystallisation wurde aus den alkoholischen Lösungen nicht erhalten. Dagegen ergab der Extrakt auf Zusatz von Benzylphenylhydrazin eine Ausscheidung. Dieselbe schmolz nach mehrmaligem Umkrystallisieren aus Alkohol bei 171—172°; es lag also das Hydrazon von Arabinose vor; was auch bewiesen wurde durch die Phloroglucinreaktion.

Beim Kochen des Sirups mit Salpetersäure wurde ziemlich viel Schleimsäure gebildet, sie schmolz bei 215°. Es war also in der Zuckerlösung auch Galaktose vorhanden.

9. *Medicago sativa* (Luzerne). Wurzeln. Aus dem 95%igen alkoholischen Extrakt krystallisierte ein Zucker. Die Krystalle geben mit Phloroglucin und Salzsäure beim Erhitzen eine kirschrote Färbung; es liegt also eine Pentose vor. Nachdem dieselbe aus verdünntem Alkohol umkrystallisiert worden, untersuchte ich sie im Polarisationsrohr und erhielt dabei folgendes Resultat:

Eine wässrige Lösung, die in 10 ccm 0,5634 g Substanz enthielt, drehte bei 17,5° im 200 mm-Rohr 33,6° S. V. nach rechts; demnach ist $[\alpha]^D = 102,9^\circ$.

Für reine Arabinose ist $[\alpha]^D = 104-105^\circ$. Es liegt also Arabinose vor. Dies wurde auch bestätigt durch Herstellung des Arabinosebenzylphenylhydrazons; es schmolz dasselbe bei 172°.

Eine Untersuchung des Zuckersirups auf Galaktose ergab deren Vorhandensein, indem beim Kochen des Sirups mit Salpetersäure Schleimsäure erhalten wurde. (Schmelzpunkt 215° .)

Die Zuckerlösung enthält also Arabinose und Galaktose.

10. *Daucus carota* (Möhre). Wurzeln. Eine Krystallisation wurde nicht erhalten. Der alkoholische Extrakt, der die am leichtesten löslichen Teile des Zuckersirups enthielt, in gewohnter Weise auf Pentosen geprüft, ergab ein Benzylphenylhydrazon; dasselbe zeigte die Phloroglucinreaktion und schmolz nach mehrmaligem Umkrystallisieren aus Alkohol bei 170° . Es lag also das Hydrazon der Arabinose vor.

Der weniger leicht lösliche Teil des Sirups wurde mit Salpetersäure gekocht, dabei wurde Schleimsäure erhalten. (Schmelzpunkt 215° .) Es war also im Zuckersirup neben Arabinose auch Galaktose vorhanden.

11. *Heracleum sphondylium* (Bärenklau). Wurzelstock. Aus dem 95%igen Alkoholextrakt wurden einige Krystalle erhalten. Dieselben zeigen sehr schön die Phloroglucin- und die Bialsche Reaktion. Es lag also eine Pentose vor. Da sich die Krystallisation nicht mehr vermehrte, so versetzte ich die alkoholische Lösung mit Benzylphenylhydrazin; das ausgeschiedene Hydrazon schmolz nach mehrmaligem Umkrystallisieren aus Alkohol bei 170° . Das deutet auf das Vorhandensein von Arabinosebenzylphenylhydrazon hin. Für die Anwesenheit dieses Körpers sprach auch die Krystallform des Hydrazons.

Beim Erwärmen eines Teiles des Zuckersirups mit Salpetersäure wurde sehr viel Schleimsäure erhalten. (Schmelzpunkt 216° .) Es ist also in der Zuckerlösung auch Galaktose neben Arabinose vorhanden.

12. *Lysimachia punctata* (Gelbweiderich). Der alkoholische Extrakt, welcher die in Alkohol am leichtesten löslichen Teile des Zuckersirups enthielt, lieferte ein paar Krystalle. Dieselben zeigten ganz charakteristisch die Phloroglucinreaktion; es lag also eine Pentose vor. Da keine weitem Krystalle mehr ausgeschieden wurden, so versetzte ich die alkoholische Lösung mit Benzylphenylhydrazin. Der entstandene Niederschlag zeigte

die für Arabinosebenzylphenylhydrazon charakteristischen Krystalle; sie schmolzen nach mehrmaligem Umkrystallisieren aus Alkohol bei 171°; ferner gaben sie auch die Phloroglucinreaktion. Es ist demnach der hier vorliegende Zucker Arabinose.

Beim Kochen des Zuckersirups mit Salpetersäure wurde Schleimsäure erhalten; sie zeigte einen Schmelzpunkt von 215°. Der Zuckersirup schloß demnach auch Galaktose in sich.

13. *Taraxacum officinale* (Löwenzahn). Wurzeln. Die alkoholischen Sirupe lieferten keine Krystalle. Dagegen schied sich aus dem 95%igen alkoholischen Extrakt beim Versetzen mit Benzylphenylhydrazin ein Hydrazon aus. Dasselbe schmolz nach mehrmaligem Umkrystallisieren nicht höher als 167—169°. Daraufhin spaltete ich das Hydrazon mit Formaldehyd nach der Vorschrift von Ruff und Ollendorf.¹⁾ Ich erhielt eine kleine Menge Zuckerkrystalle; dieselben gaben sehr schön die Phloroglucinreaktion. Nachdem ich sie aus verdünntem Alkohol umkrystallisiert hatte, stellte ich aus ihnen wieder das Benzylphenylhydrazon dar; dasselbe schmolz jetzt bei 171—172°. Es lag also Arabinose vor.

Der Zuckersirup ergab beim Kochen mit Salpetersäure Schleimsäure, die bei 213° schmolz. Es war also auch Galaktose vorhanden.

14. *Mirabilis jalapa* (Wunderblume). Wurzeln. Der Zuckersirup auf Galaktose geprüft ergab ein positives Resultat; die beim Kochen des Sirups mit Salpetersäure erhaltene Schleimsäure schmolz bei 212°.

Die alkoholischen Zuckerlösungen lieferten keine Krystallisation. Daraufhin versetzte ich den ersten Extrakt mit Benzylphenylhydrazin; es trat nach ein paar Stunden eine Ausscheidung ein. Dieselbe schmolz nach dreimaligem Umkrystallisieren bei 171°. Es lag also Arabinose vor. Dies wurde auch noch bewiesen durch die Krystallform und durch die Phloroglucinreaktion.

15. *Anabasis aetioïdes*. Von dieser Wüstenpolsterpflanze, welche mir Herr Professor C. Schröter gütigst zur

¹⁾ B., Bd. 32. 3235.

Verfügung stellte, wurden die oberirdischen Pflanzenteile auf Hemicellulose untersucht.

Der alkoholische Extrakt, welcher die am leichtesten löslichen Teile des Zuckersirups enthielt, lieferte ziemlich viel Krystalle. Dieselben wurden von der Mutterlauge entfernt und einmal aus verdünntem Alkohol umkrystallisiert. Dann untersuchte ich die Krystalle im Polarisationsrohr mit folgendem Resultat:

Eine wässrige Lösung, die in 10 ccm 1,0048 g Substanz enthielt, drehte bei 17° C. im 200 mm-Rohr 60° S. V. nach rechts; demnach ist $[\alpha]^D = 104,1^\circ$.

Für Arabinose ist $[\alpha]^D = 104-105^\circ$; es lag also diese vor. Das dargestellte Arabinosebenzylphenylhydrazon schmolz bei 171—172°.

Der mit Salpetersäure gekochte Zuckersirup lieferte Schleimsäure. Dieselbe schmolz bei 215°. Es war also in der Zuckerlösung neben Arabinose auch Galaktose vorhanden.

d) Besprechung der Resultate.

Wie die Versuchsergebnisse zeigen, enthalten alle untersuchten Objekte Hemicellulosen. Diese lieferten bei der Hydrolyse in jedem Falle Galaktose und Arabinose mit Ausnahme von *Asparagus officinalis*, wo keine Galaktose nachgewiesen werden konnte. Der Gehalt an diesen Zuckern war, nach der Menge der erhaltenen Sirupe zu schließen, überall ungefähr gleich groß. Vor allem war gar kein Unterschied zu konstatieren zwischen den Wurzeln, welche keine oder wenig Stärke, und denen, welche sehr viel Stärke enthalten. Im Gegenteil, *Cochlearia armoracea* war sehr reich an Stärke und trotzdem konnte ich aus den Hemicellulosen derselben relativ am meisten Arabinose isolieren. Ebenso enthielten die sehr stärkereichen Wurzeln von *Heracleum sphondylium* beträchtliche Mengen von Galaktose, was aus der reichlichen Quantität Schleimsäure zu schließen war.

Die Frage, ob die Hemicellulosen in den Pflanzenwurzeln als Baustoff oder ausschließlich als Reservestoff dienen, kann selbstverständlich auf Grund meiner Untersuchungen nicht ent-

schieden werden. Um diese Frage zu beantworten, müssen erst einige Wurzelstöcke in verschiedenen Wachstumsstadien systematisch auf den Gehalt an Hemicellulose untersucht werden. Ebenso müßten bei der direkten mikroskopischen Untersuchung die Lösungsbilder in den betreffenden Membranen aufgesucht werden. Es ist wohl zu erwarten, daß die Hemicellulosen in den vegetativen Speicherorganen ebenso die Rolle eines Reservestoffes spielen, wie sie in den Samen den gleichen Zwecken dienen.

d) Zusammenstellung der Pflanzen und Pflanzenteile, in denen Hemicellulosen nachgewiesen wurden.

Familie	Pflanze	Untersucht	Resultat
Pinaceae	<i>Pinus cembra</i>	Samenschalen	Galaktose ¹⁾
Gramina	<i>Zea Mays</i>	Samen und Fruchtschale	Galaktose und Xylose ²⁾
	<i>Triticum sativum</i>	desgl.	Arabinose » » ³⁾
	<i>Secale cereale</i>	»	» » » ³⁾
	<i>Hordeum sativum</i>	Endosperm d. Samen	» » » ⁴⁾
	<i>Oryza sativa</i>	Korn	» » » ⁵⁾
	<i>Saccharum officinarum</i>	Stengel und Blatt	Galaktose » » ⁶⁾
	» »	Rohr	Arabinose » » ⁷⁾
	<i>Phyllostachis nigra</i>	Pflanze	Xylose ⁸⁾
	<i>Molinia coerulea</i>	Internodien	Glukose, Fruktose, Xylose ⁹⁾
Palmaceae	<i>Phoenix dactylifera</i>	Palmkuchen	Galaktose und Mannose ²¹⁾
	<i>Elaeis guinensis</i>	»	» » » ²¹⁾
	<i>Cocos nucifera</i>	»	» » » ²²⁾
	<i>Phytelephas macrocarpus</i>	Samen	Mannose ¹⁰⁾
	<i>Chamerops humilis</i>	»	» ¹⁰⁾
	<i>Lodoicea Seychellarum</i>	»	» ¹⁰⁾
	<i>Metroxylon Rumphii</i>	»	Galaktose und Mannose ²¹⁾
	<i>Areca Catechu</i>	»	» » » ²¹⁾
	<i>Oenocarpus Bacaba</i>	»	» » » ²¹⁾
	<i>Astrocaryum vulgare</i>	»	» » » ²¹⁾
Liliaceae	<i>Allium cepa</i>	»	Mannose ¹⁰⁾
	<i>Allium porrum</i>	Wurzel	Galaktose und Arabinose *
	<i>Asparagus officinalis</i>	Same	Mannose ¹⁰⁾
	» »	Wurzel und Rhizom	Arabinose *)
	<i>Ruscus aculeatus</i>	Same	Mannose und Arabinose ¹⁰⁾

*) Von mir untersuchte Objekte.

Fortsetzung.

Familie	Pflanze	Untersucht	Resultat
Iridaceae	<i>Iris pseudacorus</i>	Same	Mannose ¹⁰⁾
	»	Wurzel und Rhizom	Galaktose und Arabinose *)
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i>	Fruchtschalen	» » Xylose ¹¹⁾
Betulaceae	<i>Corylus avellana</i>	»	» » » ¹¹⁾
	»	Samen	Galaktose ¹¹⁾
Polygonaceae	<i>Rumex acetosa</i>	Wurzeln	Galaktose, Arabinose *)
	<i>Rheum officinale</i>	»	» » *)
Chenopodiaceae	<i>Anabasis aetioïdes</i>	Oberirdische Pflanze	Galaktose und Arabinose *)
Ranunculaceae	<i>Paeonia officinalis</i>	Wurzelstock	Galaktose, Arabinose *)
	»	Samen	Galaktose, eine Pentose ¹²⁾
Cruciferae	<i>Cochlearia armoratia</i>	Wurzelstock	Galaktose, Arabinose *)
Rosaceae	<i>Pruno amygdalus</i>	Samen	» » ¹¹⁾
	<i>Alchemilla vulgaris</i>	Wurzeln	» » *)
Leguminosae	<i>Lupinus luteus</i>	Samen	» » ¹³⁾
	»	Samenschalen	» » ¹⁴⁾
	» <i>albus</i>	»	» » ¹⁾
	<i>Lupinus angustifolius</i>	Samen	» » ¹⁵⁾
	»	Samenschale	» » ¹⁾
	<i>Lupinus hirsutus</i>	Samen	» » ¹¹⁾
	<i>Soja hispida</i>	»	» » ¹³⁾
	<i>Faba vulgaris</i>	»	» » ¹⁰⁾
	<i>Pisum sativum</i>	»	» » ¹⁶⁾
	<i>Vicia sativa</i>	»	» » ¹⁶⁾
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	»	» » ¹¹⁾
	»	Fruchthülse	» » ¹¹⁾
	<i>Medicago sativa</i>	Pflanze	» » ¹⁸⁾
	»	Wurzel	» » *)
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Samen	» » ¹¹⁾
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i>	»	» Xylose ? ¹²⁾
Balsaminaceae	<i>Impatiens balsamina</i>	»	Galaktose ¹²⁾
Sesameae	<i>Sesamum Indicum</i>	Sesamkuchen	Arabinose ¹⁷⁾

Fortsetzung.

Familie	Pflanze	Untersucht	Resultat
Umbellifereae	<i>Heracleum spondylium</i>	Wurzelstock	Galaktose, Arabinose*
	<i>Foeniculum officinale</i>	Samen	Mannose ¹⁰⁾
	<i>Daucus carota</i>	Wurzeln	Galaktose, Arabinose*
Primulaceae	<i>Lysimachia punctata</i>	Wurzeln u. Rhizome	„ „ „*)
Loganiaceae	<i>Strychnos nux vomica</i>	Samen	Mannose ¹⁰⁾
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	„	Manose, Galaktose ¹⁹⁾
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i>	„	Galaktose ¹¹⁾
	<i>Helianthus annuus</i>	Samenschale	Galaktose, Xylose ²⁰⁾
Compositae	<i>Taraxacum offic.</i>	Wurzelstock	Galaktose, Arabinose*)

Literaturnachweis zu obiger Tabelle.

1. E. Schulze und N. Castro, Diese Zeitschrift, 1906, Bd. 49, S. 96.
2. E. Schulze, Diese Zeitschrift, 1893, Bd. 19, S. 38. — Flint und Tollens, Landw. Versuchsstation, 1893, Bd. 42, S. 381. — Grüss, Wochenschrift für Brauer, 1895, S. 1257.
3. E. Schulze, Diese Zeitschrift, 1892, Bd. 16, S. 387.
4. Grüss, w. o., Nr. 2. — E. Schulze und Steiger, B., 1890, Bd. 23, S. 2579 und 3110.
5. Grüss, w. o., Nr. 2.
6. Prinsen und Geerligs, Arch. Java-Sinkes-Ind., 1906, Nr. 7.
7. Browne, J. Amer. chem. Soc., 1904, 26, S. 1221.
8. Okamura, Landw. Versuchsst., 1895, Bd. 45, S. 457.
9. Schulze und N. Castro, Diese Zeitschrift, 1903, Bd. 39, S. 318.
10. Reiss, Landw. Jahrbuch, 1889, Bd. 18, S. 707.
11. E. Schulze und Godet, Diese Zeitschrift, 1909, Bd. 61, S. 279.
12. E. Winterstein, Diese Zeitschrift, Bd. 17, S. 353.
13. E. Schulze, Steiger u. Maxwell, Diese Zeitschr., 1889, Bd. 14, S. 227.
14. N. Castro, Diese Zeitschrift, Bd. 52, S. 521.
15. E. Schulze, w. o., Nr. 2.
16. E. Schulze, w. o., Nr. 13. — E. Schulze, Diese Zeitschrift, 1892, Bd. 16, S. 336 und Bd. 17, S. 193. — Maxwell, Landw. Versuchsst., 1889, Bd. 36, S. 15.
17. E. Schulze, w. o., Nr. 2.
18. E. Schulze und Steiger, Landw. Versuchsst., 1889, Bd. 36, S. 9.
19. Reiss, w. o., Nr. 10. — E. Schulze, w. o., Nr. 13.
20. S. Frankfurt, Landw. Versuchsst., Bd. 43, S. 143.
21. E. Schulze, w. o., Nr. 13. — Reiss, w. o., Nr. 10.
22. Maxwell, Amer. Journal, 1890, Bd. 12, S. 51. — E. Schulze, w. o., Nr. 13.
23. Lienard, Compt. rend., 1902, Bd. 135, S. 593.