

HOPPE-SEYLER'S ZEITSCHRIFT

für

PHYSIOLOGISCHE CHEMIE

unter Mitwirkung von

E. ABDERHALDEN-Halle, SVANTE ARRHENIUS-Stockholm, G. v. BUNGE-Basel, A. ELLINGER-Frankfurt a. M., H. EULER-Stockholm, EMIL FISCHER-Berlin, H. FISCHER-Innsbruck, R. GOTTLIEB-Heidelberg, W. v. GULEWITSCH-Moskau, O. HAMMARSTEN-Upsala, S. G. HEDIN-Upsala, V. HENRIQUES-Kopenhagen, G. HOPPE-SEYLER-Kiel, O. KESTNER-Hamburg, F. KNOOP-Freiburg i. Br., R. KOBERT-Rostock. L. KREHL-Heidelberg, Wm. KÜSTER-Stuttgart, CARL TH. MÖRNER-Upsala, F. v. MÜLLER-München, J. P. PAWLOW-St. Petersburg, C. A. PEKELHARING-Utrecht, F. PREGL-Graz, E. SALKOWSKI-Berlin, M. SIEGFRIED-Leipzig, S. P. L. SÖRENSEN-Kopenhagen, H. STEUDEL-Berlin, H. THIERFELDER-Tübingen, H. WIELAND-München, R. WILLSTÄTTER-München, A. WINDAUS-Göttingen, E. WINTERSTEIN-Zürich, R. v. ZEYNEK-Prag

herausgegeben von

A. KOSSEL,

Professor der Physiologie in Heidelberg

Einhundertunderster Band:

Drittes und viertes Heft.

(Ausgegeben am 26. Januar 1918.)

STRASSBURG
VERLAG VON KARL J. TRÜBNER
1918.

EINHUNDERTUNDERSTER BAND, DRITTES UND VIERTES HEFT.

Inhalt.

	Seite
Kylin, Harald. Zur Kenntnis der wasserlöslichen Kohlenhydrate der Laubblätter	77
Lifschütz, J. Zur Analyse des Cholesterins	89
Rudolf, Johann. Über das Fett des Blutes bei gesunden und kranken Pferden	99
Ruoss, H. Die Bestimmung der Eigenreduktion und der Dextrose im Urin mit alkalischer Glycerinkupferlösung	131
Meyerhof, Otto. Über das Vorkommen des Coferments der alkoholischen Hefegärung im Muskelgewebe und seine mutmaßliche Bedeutung im Atmungsmechanismus. (Vorläufige Mitteilung.)	165
Jansen, W. H. Kalkstudien am Menschen. I. Mitteilung. Zur Methodik der Bestimmung des Blutkalks	176

Für das nächste Heft sind Arbeiten eingegangen von:

H. Ruoss, W. H. Jansen, F. Knoop, E. Hirschberg und
H. Winterstein, A. Windaus und E. Rahlen.

Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie erscheint in Bänden von 6 Heften, im Gesamtumfang von ca. 20 Bogen. Preis des Bandes 12 Mark.

Kurze Notizen oder Bemerkungen zu anderen Arbeiten werden in der Regel am Schluß des Heftes und außerhalb der Reihenfolge des Eingangsdatums mitgeteilt. — Bereits in anderen Zeitschriften veröffentlichte Arbeiten, sowie Referate über bereits publizierte Arbeiten werden nicht aufgenommen.

Das Honorar beträgt für den Druckbogen 25 Mark. Von jeder Arbeit werden dem Verfasser 75 Separat-Abdrücke gratis geliefert.

In bezug auf die Rechtschreibung der Fachausdrücke sind bis auf weiteres die Publikationen der Deutschen chemischen Gesellschaft maßgebend. In zweifelhaften Fällen wird der etymologische und internationale Standpunkt vor dem phonetischen bevorzugt.

Zur Kenntnis der wasserlöslichen Kohlenhydrate der Laubblätter.

Von

Harald Kylin.

(Aus dem medizinisch-chemischen Institut der Universität Upsala.)

(Der Redaktion zugegangen am 17. September 1917.)

In bezug auf die Produkte, die sich bei der Assimilation in den Laubblättern bilden, unterscheidet man wie bekannt nach Stahl (1900, S. 558) zwei verschiedene Typen, nämlich die Stärkeblätter und die Zuckerblätter. Stärkeblätter nennt man solche, die beim Assimilationsprozeß rasch und reichlich Stärke speichern, Zuckerblätter dagegen diejenigen, welche in der freien Natur niemals oder doch nur unter den günstigsten Assimilationsbedingungen Stärke bilden, die aber die Produkte der Assimilation in löslicher Form anhäufen. Der Gegensatz liegt also darin, ob Stärke bei der Assimilation gebildet wird oder nicht, und es wäre demnach vielleicht richtiger, von «Stärkeblätter» und «Nicht-Stärkeblätter» zu sprechen, da es ja nicht von vornherein auszuschließen ist, daß die Assimilationsprodukte der Zuckerblätter andere wasserlösliche Kohlenhydrate als die Zuckerarten sein können.

Die von Stahl durchgeführte Unterscheidung zwischen Stärkeblättern und Zuckerblättern gründet sich auf die Untersuchungen von Meyer und Schimper. Meyer (1885) hat eine große Menge Laubblätter untersucht, und er hat dabei nachweisen können, daß es Pflanzen gibt, die nur sehr geringe Mengen Stärke oder sogar keine bilden, während andere in ihren Blättern Stärke in großen Mengen anhäufen. Er stellte auch fest, daß der Preßsaft aus Blättern, die keine oder nur sehr wenig Stärke speichern, im allgemeinen eine größere Menge reduzierender Kohlenhydrate enthält als der Preßsaft der lebhaft stärkepeichernden Blätter. In bezug auf die Menge

der wasserlöslichen, nicht reduzierenden Kohlenhydrate kann man aus den Angaben von Meyer keine sichere Schlußfolgerung ziehen. Von besonderem Interesse ist aber die Angabe, daß in den Blättern von *Yucca filamentosa* ein wasserlösliches, nicht reduzierendes Kohlenhydrat in nicht unbedeutenden Mengen vorkommt. Meyer behauptet, daß dieses Kohlenhydrat mit dem von Schmiedeberg in *Scilla maritima* gefundenen Sinistrin identisch sei. Dies ist wohl nicht so ganz sicher, soviel ist aber sicher, daß das von Meyer in *Yucca filamentosa* entdeckte Kohlenhydrat zu der Inulinreihe gehört, wenn man mit dieser Reihe alle diejenigen Kohlenhydrate zusammenfaßt, die linksdrehend sind und bei der Hydrolyse Lävulose geben. Stärke kommt in den Blättern von *Yucca filamentosa* nicht vor; sie wird von dem «Sinistrin» ersetzt.

Schimper hat einige Pflanzen in bezug auf ihren Gehalt an Glykose und Stärke untersucht und ist dabei zu der Schlußfolgerung gekommen, «daß die Menge der Glykose derjenigen der Stärke umgekehrt proportional ist» (Schimper, 1885, S. 779). Unter Glykose versteht Schimper in diesem Zusammenhang reduzierende Zuckerarten. Die Mengen von Glykose und Stärke wurden nicht quantitativ bestimmt, sondern nur annäherungsweise geschätzt.

Wie oben erwähnt wurde, gründet sich die von Stahl durchgeführte Unterscheidung zwischen Stärkeblättern und Zuckerblättern auf die Untersuchungen von Meyer und Schimper, also auf die Tatsache, daß in den Blättern die Menge der reduzierenden Zuckerarten derjenigen der Stärke umgekehrt proportional ist. Eine Ausnahme von dieser Regel ist aber schon durch die Arbeit von Meyer bekannt, indem dieser nachweisen konnte, daß die Blätter von *Allium schoenoprasum* nur sehr geringe Mengen reduzierender Zuckerarten enthalten, trotzdem sie keine Stärke speichern, und es ist ja von vornherein wahrscheinlich, daß es auch andere Pflanzen gibt, die in dieser Hinsicht mit *Allium schoenoprasum* übereinstimmen. Nun fragt es sich aber, welche Stoffe diese Pflanzen bei ihrer Assimilation aufspeichern. Bei Beantwortung

dieser Frage muß man in erster Linie die wasserlöslichen, nicht reduzierenden Kohlenhydrate berücksichtigen, da es wahrscheinlich ist, daß diejenigen Blätter, die nur geringe Mengen reduzierender Zuckerarten oder Stärke enthalten, eine größere Menge wasserlöslicher, nicht reduzierender Kohlenhydrate bilden, und ich habe deshalb die Mengen der reduzierenden Zuckerarten und der wasserlöslichen, nicht reduzierenden Kohlenhydrate teils in einigen Zuckerblättern, teils in einigen Stärkeblättern quantitativ untersucht.

Zu dieser Untersuchung wurde ich durch meine Studien über die Assimilationsprodukte einiger Phaeophyceen angeregt. Ich habe nämlich nachgewiesen, daß es bei einigen hergehörigen Algen, die nie Stärke bilden, und die nur sehr geringe Mengen reduzierender Zuckerarten enthalten, ein besonderes Polysaccharid gibt, das Laminarin genannt worden ist. Das Laminarin ersetzt physiologisch die Stärke anderer Pflanzen. Und meiner Meinung nach ist es nicht von vornherein unwahrscheinlich, daß es unter den sogenannten Zuckerblättern solche gibt, bei denen die Stärke von wasserlöslichen Polysacchariden irgend einer Art ersetzt wird, in derselben Weise wie es bei einigen bisher untersuchten Braunalgen der Fall ist.

Jüngst ist eine Arbeit von Gast erschienen, in welcher für einige Laubblätter nicht nur die Zuckerarten, Saccharose, Maltose, Dextrose und Lävulose, sondern auch die Stärke bestimmt worden sind. Die Resultate habe ich in der Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle 1.

	Kohlenhydrate in Proz. des Trockengewichtes 1 ^h bis 3 ^h nachm.					
	Stärke	Saccharose	Maltose	Dextrose	Lävulose	Gesamtzucker
<i>Tropaeolum majus</i>	6,44	4,37	1,07	0,48	3,28	9,20
<i>Cucurbita ficifolia</i>	6,06	2,63	0,58	0,00	0,85	4,06
<i>Vitis vinifera</i>	5,34	3,12	0,53	1,01	1,66	6,32
<i>Musa ensete</i>	0,67	7,36	0,68	2,62	2,43	13,09
<i>Canna iridifolia</i>	1,27	5,89	0,38	0,00	0,30	6,57

Unter den von Gast untersuchten Pflanzen sind in bezug auf die Stärkemenge *Tropaeolum majus*, *Cucurbita ficifolia* und *Vitis vinifera* zu den Stärkeblättern zu stellen, *Musa ensete* und *Canna iridifolia* am besten unter den Zuckerblättern einzureihen. Unter den untersuchten Stärkeblättern besitzt *Cucurbita* eine geringe Menge reduzierender Zuckerarten, *Tropaeolum* dagegen eine beträchtliche Menge; *Vitis* nimmt eine Mittelstellung ein. Unter den Zuckerblättern enthält *Musa* eine beträchtliche Menge reduzierender Zuckerarten, *Canna* dagegen nur geringe Mengen. Die von Schimper behauptete umgekehrte Proportionalität zwischen reduzierenden Zuckerarten und Stärke läßt sich demnach nicht immer bestätigen.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch auf eine Untersuchung von Müller (1904) hinweisen, nach welcher die Stärkeblätter eine größere Menge Assimilationsprodukte als die Zuckerblätter aufzuhäufen vermögen. Die Beobachtung von Müller trifft gut zu, wenn man *Canna iridifolia* mit den drei Stärkeblätter führenden Pflanzen vergleicht, dagegen nicht, wenn man anstatt *Canna iridifolia* *Musa ensete* berücksichtigt.

* * *

Die von mir untersuchten Blätter sind während der Mittagszeit, zwischen 1^h—2^h nachmittags, eingesammelt worden, also während einer Zeit, wo man zu erwarten hat, daß die Blätter Assimilationsprodukte am reichlichsten enthalten. Die Untersuchung ist in der letzten Woche des Mai und der ersten Hälfte des Juni dieses Jahres (1917) gemacht worden. Während dieser Zeit herrschte ein warmes, heiteres Wetter, also Bedingungen, welche die Assimilationsintensität günstig beeinflußten.

Von jeder der untersuchten Arten wurden 100 g frisch gepflückter Blätter abgewogen. — Gleichzeitig wurden etwa 1,5 g Blätter abgewogen, um das Trockengewicht zu bestimmen. — Die Blätter wurden zerschnitten, nach Zusatz von etwas Calciumcarbonat, um die Pflanzensäuren zu neutralisieren,

mit 750 ccm siedendem Wasser übergossen, und dann eine Viertelstunde im Wasserbad erwärmt. Nach einem Tage wurde das Extrakt abdekantiert, das Material mit 500 ccm Wasser übergossen, dann eine Viertelstunde im Wasserbade erwärmt und nach einem Tage wieder abdekantiert. Dieses Verfahren wurde noch einmal wiederholt, und das Material schließlich ausgepreßt. Die vereinigten drei Extrakte wurden dann zu etwa 125 ccm konzentriert, mit Bleiessig gefällt, zu 200 ccm ergänzt und dann filtriert.

Durch diese Behandlung habe ich beabsichtigt, die wasserlöslichen Kohlenhydrate so gut wie möglich zu extrahieren. Um den Rohrzucker vor Hydrolyse zu schützen, wurde Calciumcarbonat zugesetzt, und anhaltende, höhere Temperatur während des Extrahierens vermieden. Durch den Zusatz von Bleiessig wurden die Gerbstoffe und diejenigen amorphen Kohlenhydrate, die zu den Pflanzenschleimen und den Pektinstoffen gehören, entfernt.

Nach dem Abfiltrieren des Bleiessigniederschlages wurde das Filtrat auf sein optisches Drehungsvermögen und sein Reduktionsvermögen (durch Titrierung nach Fehling) untersucht.

Dann wurden von dem Filtrate zwei Portionen von je 35 ccm abgemessen, und die eine mit Essigsäure bis zu etwa 3%, die andere mit Schwefelsäure bis zu etwa 3% versetzt. — Beim Zusatz von Schwefelsäure mußte berücksichtigt werden, daß das Filtrat Bleiacetat enthielt. — Die beiden Portionen wurden dann in siedendem Wasserbade während zwei Stunden hydrolysiert, und nach Zusatz von derjenigen Wassermenge, die während der Hydrolyse verdunstet war, auf Drehungs- und Reduktionsvermögen untersucht.

Auf Grund der Bestimmung des Reduktionsvermögens des nicht hydrolysierten Filtrates läßt sich die Summe der reduzierenden Zuckerarten bestimmen, und sie ist in der Tabelle 2 als Dextrose berechnet worden. Die Menge des Rohrzuckers läßt sich aus der Veränderung des Drehungsvermögens oder aus derjenigen des Reduktionsvermögens nach der Hydrolyse mit Essigsäure berechnen, natürlich unter der Voraussetzung, daß die Essigsäure andere Saccharide, die eventuell vorhanden

sein können, intakt läßt. In der Tabelle 2 sind die Rohrzucker-mengen in beiden, oben erwähnten Weisen berechnet worden: die Berechnung nach der Veränderung des Drehungsvermögens hat einen etwas höheren Wert gegeben als die nach der Veränderung des Reduktionsvermögens. — Man erhält die Menge des im Filtrate anwesenden Rohrzuckers, wenn man die im 2 dm-Rohre gemessene Rotationsverminderung mit 0,57 multipliziert. — Die Vergrößerung des Reduktionswertes nach der Hydrolyse mit Essigsäure habe ich als Dextrose berechnet und den dabei gefundenen Wert als die Menge des im Filtrate vorhandenen Rohrzuckers betrachtet. 1 g Rohrzucker gibt freilich 105 g Invertzucker, da aber das Reduktionsvermögen der Lävulose etwas kleiner ist als das der Dextrose (Lävulose : Dextrose = 92 : 100), ist diese Berechnungsweise ziemlich richtig. — Der Unterschied im Reduktionsvermögen nach der Hydrolyse mit Essigsäure und derjenige mit Schwefelsäure bezieht sich auf die Menge der Di- und Polysaccharide, Rohrzucker ausgenommen. Das Reduktionsvermögen nach der Hydrolyse mit Schwefelsäure gestattet eine (wenigstens approximative) Berechnung der Gesamtmenge wasserlöslicher Kohlenhydrate. In der Tab. 2 sind sie als Dextrose berechnet worden.

Der Umstand, daß in den Pflanzenextrakten ein Gemisch von Sacchariden vorliegt, beeinflusst in unvorteilhafter Weise die Genauigkeit der Analysenresultate und die in der Tabelle 2 zusammengestellten Angaben sind deshalb nur approximativ richtig. Da aber die Untersuchung in bezug auf alle Blätter in derselben Weise fortgetrieben worden ist, gestatten doch diese Angaben einen Vergleich zwischen den Mengen wasserlöslicher Kohlenhydrate in den beiden Typen, den Zuckerblättern und Stärkeblättern. — In bezug auf die Tabelle 2 sei weiter bemerkt, daß die Primärangaben über das Drehungs- und Reduktionsvermögen vor und nach der Hydrolyse sich auf 200 ccm Filtrat beziehen. Die daraus berechneten Mengen muß man demnach verdoppeln, um Angaben über die Mengen der verschiedenen Kohlenhydrate des Ausgangsmateriales (100 g), in Prozent des Frischgewichtes ausgedrückt, zu bekommen. — Das Vorkommen oder Nicht-Vorkommen von Stärke wurde von Sachs

Jodprobe untersucht. Bei den als Zuckerblätter angeführten Blättern ließen sich geringe Mengen Stärke bei *Veratrum nigrum* und *Convallaria majalis* nachweisen, die übrigen waren stärkefrei. *Taraxacum*, *Bunias* und *Acer* besaßen reiche Mengen Stärke, *Hosta* und *Tilia* dagegen mäßige Mengen.

Tulipa silvestris. Die Blätter dieser Pflanze enthalten besonders große Mengen reduzierender Zuckerarten und wie aus dem Drehungsvermögen hervorgeht, liegt in diesem Falle hauptsächlich Dextrose vor. Außerdem enthalten die Blätter etwa 1% Rohrzucker, während übrige Saccharide nur in geringer Menge vorhanden sind. Die frischen Blätter schmecken stark süß.

Narcissus poeticus. Die Blätter dieser Pflanze enthalten ebenfalls große Mengen reduzierender Zuckerarten, sie stehen aber in dieser Hinsicht weit hinter denjenigen der vorhergehenden Art. Beide Arten enthalten etwa gleich große Mengen Rohrzucker, *Narcissus* besitzt aber eine große Menge von nicht näher bestimmten, wasserlöslichen Kohlenhydraten als *Tulipa*.

Gentiana brevidens. Diese Pflanze besitzt ein besonderes Interesse. Es hat sich nämlich ergeben, daß die Blätter neben einer nicht unbedeutenden Menge reduzierender Zuckerarten ein noch nicht bekanntes Saccharid enthalten, welches linksdrehend ist und bei der Hydrolyse nur Dextrose gibt. Aus den Angaben über das Drehungs- und Reduktionsvermögen nach der Hydrolyse mit Schwefelsäure läßt sich nämlich der Gehalt an Dextrose nach dem Drehungswert auf 4,56%, nach dem Reduktionswert auf 4,54% berechnen. Die Übereinstimmung dieser beiden Werte zeigt, daß Lävulose nicht vorhanden sein kann, und daß nach der Hydrolyse mit Schwefelsäure nur Dextrose vorhanden ist. Aus diesem Ergebnisse kann man die Schlußfolgerung ziehen, daß nicht nur Lävulose, sondern auch Rohrzucker fehlt. Unter der Voraussetzung, daß das hier vorliegende, noch unbekanntes Saccharid nicht reduzierend wirkt, berechnet sich die Dextrosemenge in den Blättern von *Gentiana brevidens* zu 2,02% und die Menge des unbekanntes Saccharides zu 2,52%. In bezug auf die Eigen-

Tabelle 2.

	Trocken-		Vor der Hydrolyse		Nach der Hydrolyse mit Essigsäure		Hydrolyse mit Schwefelsäure		Wasserlösliche Kohlenhydrate in Prozent des Frischgewichtes			
	sub- stanz in Proz.	Optische Drehung (in 2 dm- Röhre)	Reduk- tionswert einer ...prozent. Dextrose- lösung entsprech.	Optische Drehung (in 2 dm- Röhre)	Reduk- tionswert einer ...prozent. Dextrose- lösung entsprech.	Optische Drehung (in 2 dm- Röhre)	Reduk- tionswert einer ...prozent. Dextrose- lösung entsprech.	Re- duzie- rende Zucker- arten	Rohrzucker		Übrige wasser- lösliche Kohlen- hydrate	Summe wasser- löslich. Kohlen- hydrate
									polari- me- trisch berech- net	n. d. Re- duk- tions- wert be- rechnet		
Zuckerblätter:												
<i>Tulipa silvestris</i> . . .	16,40	+ 3,60	3,03	+ 2,62	3,43	+ 2,43	3,49	6,06	1,12	0,80	0,12	6,98
<i>Narcissus poeticus</i> . . .	15,49	+ 0,62	1,25	- 0,29	1,67	- 0,25	2,00	2,50	1,04	0,84	0,66	4,00
<i>Gentiana brevidens</i> . . .	20,06	- 0,78	1,01	+ 0,05	1,32	+ 2,40	2,27	2,02	—	—	2,52	4,54
<i>Hemerocallis fulva</i> . . .	16,57	+ 0,50	0,82	- 0,34	1,25	- 0,50	1,61	1,64	0,96	0,86	0,72	3,22
<i>Fritilaria imperialis</i> . . .	10,94	+ 0,18	0,61	- 0,21	0,80	- 0,36	1,05	1,22	0,44	0,38	0,50	2,10
<i>Allium victorale</i> . . .	16,65	+ 1,08	0,39	+ 0,07	0,89	+ 0,15	1,09	0,78	1,15	1,00	0,40	2,18
<i>Veratrum nigrum</i> . . .	19,45	+ 0,70	0,39	- 0,08	0,79	- 0,48	—	0,78	0,91	0,80	0,64	2,22
<i>Scilla sibirica</i> . . .	10,34	- 0,05	0,29	- 0,28	0,40	- 0,20	0,52	0,58	0,26	0,22	0,24	1,04
<i>Iris germanica</i> . . .	25,50	+ 0,04	0,21	- 0,30	0,42	- 0,77	0,88	0,42	0,39	0,42	0,92	1,76
<i>Convallaria majalis</i> . . .	23,64	+ 0,28	0,06	- 0,70	0,89	- 1,00	1,85	0,12	—	—	—	3,70
„	—	- 0,03	0,08	- 0,87	0,87	- 1,02	1,85	0,16	—	—	—	3,70
Stärkeblätter:												
<i>Hosta siboldiana</i> . . .	16,39	+ 0,38	0,17	+ 0,17	0,28	+ 0,29	0,75	0,34	0,24	0,22	0,94	1,50
<i>Tilia europaea</i> . . .	30,73	+ 0,57	0,13	- 0,23	0,54	- 1,09	1,32	0,26	0,91	0,82	1,56	2,64
<i>Taraxacum officinale</i> . . .	17,39	+ 0,59	0,13	+ 0,35	0,29	+ 0,12	0,50	0,26	0,27	0,32	0,42	1,00
<i>Bunias orientalis</i> . . .	17,49	+ 0,29	0,02	+ 0,18	0,05	+ 0,15	0,45	0,04	0,13	0,05	0,80	0,90
<i>Acer platanoides</i> . . .	28,26	+ 0,08	0,01	- 0,15	0,13	- 0,50	0,49	0,02	0,26	0,24	0,72	0,98

schaften dieses unbekanntes Saccharides kann man aus den Primärangaben in der Tabelle 2 entnehmen, daß es linksdrehend ist und bei der Hydrolyse nur Dextrose gibt; ferner möchte hervorgehoben werden, daß dieses Saccharid schon von Essigsäure teilweise hydrolysiert wird. Für eine Reindarstellung dieses Saccharides fehlte es mir an Blattmaterial.

Stärke fehlt bei *Gentiana brevidens*, wird aber durch das oben erwähnte Saccharid ersetzt. In der Literatur ist es lange bekannt, daß Stärke bei den *Gentiana*-Arten fehlt oder nur in sehr geringen Mengen vorkommt, und es scheint mir nicht unwahrscheinlich, daß sie von einem Saccharid ersetzt wird, welches mit dem oben erwähnten identisch oder nahe verwandt ist. In diesem Zusammenhang möchte ich an die Phaeophyceen erinnern. Bei diesen Algen fehlt Stärke; bei den bisher untersuchten Arten wird sie aber von einem besonderen Polysaccharid, dem Laminarin, ersetzt; Dextrose ist nur in sehr geringen Mengen vorhanden und Rohrzucker fehlt vollkommen. Vgl. ferner Kylin 1915.

In der Literatur hat man seit lange darüber gestritten, welche Zuckerarten bei der Assimilation am ersten gebildet werden, ob einfache Zuckerarten oder Rohrzucker. In bezug auf die Literatur möchte ich auf die Arbeiten von Davis, Daisch und Sawyer (1916) hinweisen. Diese Forscher haben *Beta vulgaris* und *Solanum tuberosum* untersucht und sind dabei zu dem Resultate gekommen, daß Rohrzucker am ersten gebildet wird, und daß die in den Blättern vorkommenden einfachen Zuckerarten, Dextrose und Lävulose, erst nachträglich durch eine Hydrolyse des Rohrzuckers entstehen. Gegen diese Ansicht stelle ich diejenige von Gast, welche in einer neulich erschienenen Arbeit schreibt: «Eine Schwierigkeit bei der Annahme, daß der Rohrzucker ein direktes Assimilationsprodukt sei, besteht auch darin, daß man sich ein Disaccharid schwerlich anders als aus Monosacchariden entstanden denken kann» (S. 45), und ferner: «Es ist vielleicht richtiger, den Begriff des primären Zuckers lediglich auf den ersten analytisch nachweisbaren Zucker bei der Assimilation zu beschränken ohne Rücksicht darauf, ob er mit dem zuerst ge-

bildeten Kohlenhydrat identisch ist oder nicht. (S. 45). In derselben Weise wie Gast glaube auch ich, daß es am besten ist, anstatt von dem primären Zucker lediglich von «dem ersten analytisch nachweisbaren Zucker» zu sprechen und nach den Literaturangaben zu beurteilen, ist zwar Rohrzucker manchmal der erste analytisch nachweisbare Zucker (vgl. des näheren Gast). Es ist aber nicht immer so. Bei der in Rede stehenden *Gentiana brevidens* fehlt ja Rohrzucker und die Dextrose stellt bei dieser Pflanze den ersten analytisch nachweisbaren Zucker dar.

Hemerocallis fulva, *Fritilaria imperialis*, *Allium victorale* und *Veratrum nigrum*. Die Blätter dieser Pflanzen enthalten außer einer nicht unbedeutenden Menge reduzierender Zuckerarten auch Rohrzucker neben anderen wasserlöslichen Kohlenhydraten, über deren Natur jedoch diese Untersuchung keine Aufschlüsse gibt. Die Gesamtmenge der wasserlöslichen Kohlenhydrate beträgt etwa 2—3% des Frischgewichtes.

Scilla sibirica und *Iris germanica*. Bei diesen ist die Gesamtmenge der wasserlöslichen Kohlenhydrate geringer als bei den vier vorhergehenden und beträgt nur etwa 1—2% des Frischgewichtes. Besonders ist die Kohlenhydratmenge in den Blättern von *Scilla sibirica* verhältnismäßig gering. Die Blätter dieser Pflanze enthalten aber eine bedeutend größere Wassermenge als die von *Iris germanica*. Neben reduzierenden Zuckerarten und Rohrzucker kommen auch andere wasserlösliche Kohlenhydrate vor.

Convallaria majalis besitzt ein besonderes Interesse, da sie zeigt, daß Zuckerblätter vorkommen, die nur sehr geringe Mengen reduzierender Zuckerarten anhäufen. Wahrscheinlich enthalten die Blätter Rohrzucker, dies ist aber mit der benutzten Methode nicht sicher nachweisbar, weil ein Polysaccharid vorhanden ist, das von Essigsäure angegriffen wird. Aus den in Tabelle 2 mitgeteilten Primärangaben zu beurteilen, entsteht bei der Hydrolyse dieses Polysaccharides Lävulose und es dürfte zu der Inulinreihe im weiteren Sinne des Wortes gehören. Das Blattmaterial der beiden Analysen ist an verschiedenen Tagen eingesammelt worden.

Hosta siboldiana. Die Blätter dieser Pflanze gehören zu den Stärkeblättern und es zeigt sich, daß sie auch geringere Mengen reduzierender Zuckerarten und Rohrzucker bilden, als die Zuckerblätter. Von den nicht näher bestimmten wasserlöslichen Kohlenhydraten enthalten sie beinahe 1%; die Gesamtmenge wasserlöslicher Kohlenhydrate ist aber in den Blättern von *Hosta* geringer als in denjenigen der vorher besprochenen Arten, nur *Scilla sibirica* ausgenommen.

Tilia europaea. Die Blätter dieser Pflanze enthalten nur geringe Mengen reduzierender Zuckerarten, daneben aber etwa 0,8% Rohrzucker und 1,5% irgend eines wasserlöslichen Polysaccharides, welches, nach den in der Tabelle 2 gegebenen Primärangaben zu urteilen, bei der Hydrolyse Lävulose gibt. Die Gesamtmenge der wasserlöslichen Kohlenhydrate ist verhältnismäßig groß und ist etwa ebenso groß wie die durchschnittliche Gesamtmenge dieser Stoffe in den Zuckerblättern.

Taraxacum officinale, *Bunias orientalis* und *Acer platanoides*. Die Pflanzen besitzen typische Stärkeblätter, d. h. solche Blätter, die reichliche Mengen Stärke speichern. Von reduzierenden Zuckerarten enthalten die Blätter dieser drei Pflanzen sehr geringe Mengen. Rohrzucker ist in allen nachweisbar, die Mengen sind aber nicht groß. Polysaccharide sind ebenfalls vorhanden. Die Gesamtmenge wasserlöslicher Kohlenhydrate ist etwa 0,9—1% des Frischgewichtes, und sie ist demnach bei diesen Arten bedeutend geringer als bei denjenigen, die Zuckerblätter besitzen.

Vergleicht man nun die in der Tabelle 2 zusammengestellten Angaben über die Mengen reduzierender Zuckerarten, die in den Zuckerblättern oder in den Stärkeblättern vorkommen, findet man, daß die Behauptung von Schimper, «daß die Menge der Glykose (= reduzierender Zuckerarten) derjenigen der Stärke umgekehrt proportional ist», im allgemeinen zutrifft. Unter den untersuchten Pflanzen gibt es aber eine Ausnahme, nämlich *Convallaria majalis*, die nur sehr wenig Stärke speichert, trotzdem aber nur geringe Mengen reduzierender Zuckerarten enthält. In den Zuckerblättern ist weiter im allgemeinen durchschnittlich mehr Rohrzucker vorhanden als in

den Stärkeblättern. Hier gibt es aber auch Ausnahmen, indem die Stärkeblätter führende *Tilia europaea* beträchtliche Mengen Rohrzucker besitzt, und bei der Zuckerblätter führenden *Gentiana brevidens* sogar kein Rohrzucker vorhanden ist. Vergleicht man weiter die Gesamtmenge wasserlöslicher Kohlenhydrate, beobachtet man, daß diejenigen Arten, die typische Stärkeblätter besitzen, wie *Taraxacum*, *Bunias* und *Acer*, in ihren Blättern bedeutend geringere Mengen von diesen Stoffen speichern als diejenigen, die Zuckerblätter besitzen.

Zuletzt möchte ich darauf hinweisen, daß der Rohrzucker offenbar eine in den Blättern oft vorkommende Zuckerart ist. Durch die Untersuchungen von Schulze (1895 und 1899) ist indessen schon nachgewiesen worden, daß der Rohrzucker eine große Verbreitung in der Pflanzenwelt besitzt.

Literaturverzeichnis.

Aberhalden, E., Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Bd. 2, Berlin 1910.

Davis, W. A., Daish, A. J., und Sawyer, G. C., Studies of the formation and translocation of carbohydrates in plants. Journ. of Agric. Sc., Vol. 7, Cambridge 1916.

Gast, W., Quantitative Untersuchungen über den Kohlenhydratstoffwechsel im Laubblatt. Zeitschr. für physiol. Chemie, Bd. 99, Straßburg 1917.

Kylin, H., Untersuchungen über die Biochemie der Meeresalgen. Zeitschr. für physiol. Chemie, Bd. 94, Straßburg 1915.

Lippmann, E. O. von, Die Chemie der Zuckerarten, Braunschweig 1904.

Meyer, A., Über die Assimilationsprodukte der Laubblätter angiospermer Pflanzen. Bot. Zeitung, Jahrg. 43, Leipzig 1885.

Müller, A., Die Assimilationsgröße bei Zucker- und Stärkeblättern. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 40, Leipzig 1904.

Schimper, A. F. W. Über Bildung und Wanderung der Kohlenhydrate in den Laubblättern. Bot. Zeitung, Jahrg. 43, Leipzig 1885.

Schulze, E., und Frankfurt, S., Über die Verbreitung des Rohrzuckers in den Pflanzen. Zeitschr. für physiol. Chem., Bd. 20, Straßburg 1895.

Schulze, E., Über die Verbreitung des Rohrzuckers in den Pflanzen; zweite Abhandlung. Zeitschr. für physiol. Chemie, Bd. 27, Straßburg 1899.

Stahl, E., Der Sinn der Mycorrhizenbildung. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. 34, Leipzig 1900.