

BOTANISCHES ARCHIV.

Zeitschrift für die gesamte Botanik.

Herausgegeben von Dr. CARL MEZ,
Professor d. Botanik a. d. Univers. Königsberg.

III. Band, Heft 3.

Ausgegeben am 15. März 1923.

Herausgeber: Prof. Dr. Carl Mez, Königsberg Pr., Besselplatz 3 (an diese Adresse alle den Inhalt d. Zeitschrift betreffenden Zuschriften). - Verlag des Repertori-
ums, Prof. Dr. Fedde, Berlin-Dahlem, Fabeckstrasse 49 (Adresse für den Bezug der
Zeitschrift). - Alle Rechte vorbehalten. Copyright 1923 by Carl Mez in Königsberg.

Das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlenhydrate
im Laubblatt in seiner Abhängigkeit vom Wassergehalt.¹⁾

Von TRUDE HORN (Kiel).

A. EXPERIMENTELLER TEIL.

ABSCHNITT I: VORVERSUCHE.

URSPRUNG (1) beobachtete, dass in abgeschnittenen, den Sonnenstrahlen ausge-
setzten *Phaseolus*-Blättern die Stärke in den ersten Stunden stetig zunahm, um in
den folgenden allmählich abzunehmen, ja ganz zu verschwinden. Er bezeichnet diesen
Vorgang als Solarisation und kommt zu folgender Erklärung: Durch die intensive
Sonnenbestrahlung wird die Tätigkeit der Chloroplasten lahm gelegt. Sie werden in-
aktiviert, d.h. sie bilden keine Stärke mehr. Der Abbau der Stärke zu Zucker da-
gegen schreitet fort. Vielleicht geht mit der Hemmung der Stärkebildung sogar ei-
ne Förderung der Auflösung Hand in Hand. - Bei einer Nachprüfung von URSPRUNG's
Angaben bediente ich mich folgender Methode:

Morgens geerntete Blätter von *Syringa vulgaris* wurden lose in Holzrahmen ein-
gespannt und den Blättern stets eine senkrecht zu den einfallenden Sonnenstrah-
len stehende Richtung gegeben. Die Blattstiele tauchten in Wasser und wurden so-
fort nach dem ersten Eintauchen ein wenig abgeschnitten, um die Wasserversorgung
der Spreite so wenig wie möglich zu hemmen. Ein nebenbei befestigtes Thermometer
zeigte die Temperatur an. Möglichst gleich grosse Blätter eines Zweiges wurden
der Bestrahlung verschieden lange Zeit ausgesetzt. Nach 1, 2, 3 etc. Stunden wur-
de ein Blatt aus dem Rahmen genommen und auf seinen Stärkegehalt hin untersucht.
Die Stärkeprobe führte ich nach den Vorschriften von SACHS aus: Nachdem die Blät-

¹⁾Ein Teil der Resultate wurde in einer Arbeit von SCHRÖDER und HORN (Biochem.
Zeitschrift CXXX (1922) Seite 165 verwertet.

ter in kochendem Wasser getötet, wurde das Chlorophyll durch Alkohol extrahiert. In Jod-Jodkalium trat dann die bekannte Blaufärbung auf. Um den Unterschied in der Färbung deutlicher zu machen, legte ich die Blätter auf weisse Porzellanteller und konnte so eine Zu- oder Abnahme der Stärke leicht erkennen. Die Ergebnisse entsprachen zum Teil den von URSPRUNG gewonnenen: An heissen Tagen löste sich in abgeschnittenen Blättern die anfangs gebildete Stärke wieder auf; an kühleren, Sonnenstrahl-armen dagegen häufte sie sich langsam aber stetig an.

Versuch 1: 12. VI. 20. Wetter: sonnig, warm, gegen Mittag wolkig; Temp. 24 - 25°. 8,15 Uhr morgens 6 Blätter geerntet (3 benachbarte Paare); 8,40 5 Blätter in die Sonne.

Blatt	Versuchsdauer in Minut.	Stärke
I	0	keine
II	60	viel
III	120	sehr viel
IV	240	sehr viel
V	360	wenig.

Versuch 7: 3. VI. 20. Wetter: nach 10 Uhr trübe, Temp. 15 - 11° fallend. 9 Uhr morgens 5 Blätter geerntet (von benachbarten Paaren); 9,35 Uhr 4 Blätter in die Sonne.

I	0	sehr wenig
II	90	wenig
III	150	mehr als II.
IV	240	sehr viel
V	360	sehr viel

Nicht immer aber verliefen die Versuche in dieser Weise. Öfters war ein Blatt, das stundenlang den heissen Strahlen ausgesetzt gewesen war, noch voll Stärke, so dass es aus der Reihe der übrigen Blätter, die deutlich die Abnahme der Stärke zeigten, herausfiel. Mir fiel bald auf, dass ein solches Blatt sich im Gegensatz zu den übrigen Blättern, die trotz den getroffenen Vorsichtsmassregeln stets mehr oder weniger angewelkt waren, durch besondere Turgeszenz auszeichnete. Da die Möglichkeit, dass das Welken als Ursache des Stärkeschwundes infrage kam, vorlag, hielt ich die Blätter bei neuen Versuchen im Dunkeln und untersuchte *a l l e i n* den Einfluss des Welkens auf den Stärkegehalt des Blattes.

Die Methodik vereinfachte sich auf folgende: Die Blätter wurden halbiert und die stiellosen Hälften sofort in Alkohol geworfen, die übrigen im Dunkelzimmer teils auf offenen Petrischalen trocken ausgelegt, teils im Exsikkator über Chlorcalcium getrocknet, teils auf Wasser gelegt, sodass die Spreiten schwammen, die Stiele dagegen untertauchten. Nach mehreren Stunden wurde der Stärkegehalt zusammengehöriger Blatthälften miteinander verglichen.

Alle in dieser Weise angestellten Versuche zeitigten dasselbe Ergebnis: Bei starkem Wasserverlust lösten die Blätter die in ihnen gespeicherte Stärke auf (cf. Tabelle auf der folgenden Seite).

Nach diesem Ergebnis beschränkte ich mich auf Untersuchung der gefundenen Tatsache und vermag daher nicht zu unterscheiden, ob der von URSPRUNG angegebene Befund des Stärkeschwundes im Sonnenlicht nur auf den Wasserverlust der Blätter zurückzuführen ist. URSPRUNG spricht sich über seine Versuchsanordnung, insbesondere über die Turgeszenz der *Phaseolus*-Blätter, nicht weiter aus. Es ist immerhin möglich, dass intensive Bestrahlung die Stärkebildung durch Inaktivierung der Chloroplasten unterbindet und dass bei der beschleunigten Auflösung der Stärke

auch sie neben dem Wassermangel als verursachendes Moment infrage kommt.

Für meine Untersuchungen stellte ich mir nun die Frage:

Wird die im welkenden Blatt schwindende Stärke zu Zucker gelöst?

Sollte sich dies bestätigen, so ergeben sich zwei weitere Fragen:

Welche Zuckerarten entstehen?

Ist der Prozess der Stärkelösung zu Zucker umkehrbar, d.h. wird im welken Blatt bei Erhöhung des Wassergehaltes Stärke aus Zucker rückgebildet?

Quantitative Zuckerbestimmungen sollten der Beantwortung der Fragen dienen.

Mitten in den Untersuchungen stehend, fand ich in den Arbeiten von NEGER (2) und LUNDEGARDH (3) Angaben über die Auflösung der Stärke bei Wassermangel. NEGER, von ökonomisch-praktischen Betrachtungen ausgehend, hat mikrochemisch festgestellt, dass das welke, stärkefreie Blatt Kupfer reduziert, ohne eine Differenzierung der Zucker versucht zu haben. Ebenso sagt er über eine Zunahme des Reduktionsvermögens beim Welken nichts aus. LUNDEGARDH hat sich eingehender mit der Tatsache beschäftigt und hat zahlreiche Versuche mit Samen und Moosen, auf die ich noch zurückkommen werde, angestellt. Es mag schon hier kurz erwähnt sein, dass er auf Grund seiner Untersuchungen zu folgenden Schlüssen kommt:

1. Beim Welken wird Stärke zu Zucker gelöst;

2. Die Richtung des Bildungsprozesses Stärke - Zucker hängt bei unterbundener Ableitung nur vom Wassergehalt ab. Die Giltigkeit beider Annahmen hat er nicht

=====

25. VI. 20. 6,40 Abends. 4 Blätter (zwei benachbarte Paare) geerntet und halbiert, die stiellosen Hälften in Alkohol, die übrigen teils trocken, teils nass gehalten.

Blatt	Versuchsdauer in Stunden	Stärke	
		Hälfte mit Stiel	Hälfte ohne Stiel
Trocken auf offener Petrischale	26	reichlich	etwas mehr
Im Exsiccator	26	keine	viel
Auf Wasser	26	viel	viel

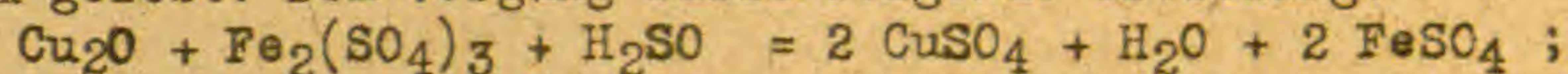
=====

bewiesen. Mit dem Beweise der ersten hat er sich allerdings garnicht beschäftigt.

ABSCHNITT II: HAUPTUNTERSUCHUNGEN.

a. Methodik.

Die quantitativen Zuckerbestimmungen wurden nach den Vorschriften von BERTRAND (4) ausgeführt. Ihr Prinzip ist kurz folgendes: in alkalischer CuSO_4 -Lösung wird zweiwertiges Kupfer durch Zucker zu einwertigem Kupfer, das als rotes Cu_2O ausfällt, reduziert. Der Niederschlag wird von Eisensulfat wieder zu CuSO_4 unter gleichzeitiger Reduzierung des dreiwertigen Eisens zu zweiwertigem gelöst. Den Vorgang fasst folgende Gleichung:



2 Atome Cu entsprechen 2 Atomen Fe.

Die Menge des Eisens wird durch Titrieren mit KMnO_4 bestimmt. Bei bekanntem Titer der Permanganatlösung berechnet sich aus der Anzahl der gebrauchten ccm die Menge des reduzierten Kupfers in mgr. Die dazu gehörigen Zuckermengen werden in den Tabellen, die für 10 - 100 mgr Zucker aufgestellt sind, nachgeschlagen. Die auf Zuckermengen von weniger als 10 mgr kommende Anzahl von mgr Kupfer wurde auf dem Wege der Extrapolation geschätzt. Doch sind die Resultate in diesem Falle weniger genau.

Die den Zuckerbestimmungen parallel gehenden Stärkeproben wurden

weiterhin nur nach SACHS' Methode ausgeführt. Mir genügte die Feststellung der Stärke-Abnahme anfangs vollkommen. Und auch später, wo die quantitative Bestimmung erwünscht gewesen wäre, musste ich auf sie verzichten, um die ohnehin schon lange Zeit, die ein einziger Versuch für sich in Anspruch nahm, nicht noch zu verlängern. Der Verlauf einer Analyse war folgender:

Die auf ihren Zuckergehalt hin zu untersuchenden Blätter wurden mit einer Scheere fein zerschnipselt und 5 Minuten lang in 80 ccm kochendem Aqua destillata im Glaskolben extrahiert. Um eine durch Pflanzensäure mögliche Inversion des Rohrzuckers zu vermeiden, fügte ich 50 mgr BaCO_3 hinzu. Nach einer Abkühlung von 30 Minuten wurde der meist dunkelgelb gefärbte Extrakt abgegossen, und die Schnipsel nach Hinzufügung von weiteren 80 ccm Aqua dest. abermals 5 Minuten lang gekocht und unter der Flüssigkeit über Nacht stehen gelassen. Ein Wattebausch verschloss während der Zeit den Glaskolben und verhinderte eine Verunreinigung. Am nächsten Morgen wurde der Extrakt abgegossen, und die Schnipsel wurden zum 3. mal mit 80 ccm dest. Wasser gekocht. Nach den 30 Minuten der Abkühlungszeit wurden die 3 Auszüge zusammengegossen und ihre Menge gemessen. Der Auszug war meist durch schwebende Blattreste verunreinigt, deren Beseitigung sich aber vorerst nicht als notwendigerwies, da die Blatteilchen doch durch die mit Bleiessig vorgenommene Reinigung aus dem Extrakt entfernt wurden (5). Bei Vermeidung jedes Überschusses wurden die in der Lösung anwesenden Gerbstoffe, Glycoside etc. durch Zusatz von Bleiessig entfernt. Ein dicker gelber Niederschlag fiel aus. Hatte er sich abgesetzt, so wurde von ihm abfiltriert. Ein Auswaschen des Niederschlags erfolgte nicht. Um das nunmehr im Filtrat anwesende Blei zu entfernen, wurde, solange noch ein Niederschlag ausfiel, dreifach normale Na_2SO_4 -Lösung hinzugefügt. Ein weisser feiner Niederschlag von PbSO_4 , der meist gering war, setzte sich ab. Das Abfiltrieren ergab keinen messbaren Flüssigkeitsverlust. Durch die quantitativen Zuckerbestimmungen erhielt ich mithin die im Filtrat vorhandenen Zuckermengen. Daraus liess sich auf weiter unten zu besprechende Art und Weise der Zuckergehalt des ungereinigten Auszuges berechnen. Durch Auswaschen der Niederschläge hätte ich mir diese Berechnungen ersparen können. Es wurde aber darauf verzichtet aus folgendem Grunde: Die Menge der im Extrakt vorhandenen direkt reduzierenden Zucker war meist gering. Ich bestimmte häufig pro 20 ccm des Auszuges 8 - 9 mgr. Für Zuckermengen unter 10 mgr wird aber, wie oben schon erwähnt wurde, die Bestimmung ungenau. Es wäre daher unvorteilhaft gewesen, durch die mit dem Auswaschen notwendigerweise verbundene Verdünnung des Extraktes die Zuckerkonzentration noch mehr herabzusetzen. Der so gereinigte meist wasserklare Extrakt, dessen Zuckermengen nunmehr bestimmt wurden, war von schwach basischer oder höchstens neutraler Reaktion.

Die Zucker wurden quantitativ bestimmt in:

I. 2 mal 20 ccm des Auszuges (Analyse + Kontrollanalyse) sofort;

II. 2 mal 20 ccm nach 1/5-stündiger Inversion unter Zusatz von 5 ccm 5-fach normaler Salzsäure in kochendem Wasserbad. Die Konzentration der Salzsäure in den 25 ccm entsprach der einer Normallösung.

III. 2 mal 20 ccm nach 20 Minuten langer Inversion im Wasserbad unter Zusatz von 5 ccm 20%iger Zitronensäure. Die Konzentration der 25 ccm war die einer 4% Zitronensäurelösung. Die 5-fach normale Salzsäure wurde durch Verdünnung der käuflich zu erhaltenden 25%igen Salzsäure gewonnen. Es erwies sich als unnötig, den Titer der so hergestellten Salzsäure genau zu bestimmen. Es musste nur darauf geachtet werden, dass bei den Analysen stets eine Salzsäure von gleichem Titer zur Anwendung kam. Ebenso wurde der Titer der 20%igen Zitronensäure, die stets durch quantitatives Abwägen hergestellt wurde, nicht bestimmt. Die Anwendung einer gleichen Zitronensäure zu den Analysen schaltete die Möglichkeit eines durch Titer-Differenzen entstehenden Fehlers aus. Beide Säuren wurden nach erfolgter Inversion des Zuckers durch 5-fach normale Na_2CO_3 -Lösung neutralisiert. Durch Titrieren wurde die auf 5 ccm Salzsäure bzw. Zitronensäure treffende Anzahl von ccm Karbonatlösung gefunden. In den 6 mal 20 ccm wurden die Zuckermengen nach BERTRAND bestimmt. Die Titrationen konnten auf 1/20 genau abgelesen werden. Analyse und

Kontrollanalyse durften um nicht mehr als 1/10 ccm differieren.

Parallel mit der Zucker- gieng die T r o c k e n g e w i c h t s b e s t i m m u n g. Sie war einfach. Blattschnipsel + 50 mgr BaCO₃ wurden sorgfältig jeden Verlust vermeidend auf der Nutsche soweit als möglich vom Wasser befreit und auf einer abgewogenen Petrischale im Trockenofen bis zur Gewichtskonstanz erhitzt. Auf den Fehler in der Trockengewichtsbestimmung (durch Extraktion der Blätter verursacht) komme ich später zurück.

Um die Art und Weise, auf die sich der Zucker- und Wassergehalt der analysierten Blätter berechnete, verständlich zu machen, führe ich die Berechnungen eines Versuches genau durch und gehe hierbei auch auf alle Einzelheiten des Analysenganges ein.

Versuch 17: 27. VI. 20. *Tropaeolum majus*. 26 Blätter 2,10 Uhr nachmittags geerntet. - Blätter leicht welk. - Wetter sonnig und heiss.

Halbieren der Blätter.

Zucker- und Wassergehaltsbestimmungen.

25 halbe ohne Stiel sofort

25 halbe mit Stiel nach 4-stündigem Welken.

Stärkebestimmungen.

1/2 ohne Stiel, sofort in Alkohol abgetötet

1/2 mit Stiel, nach vierstündigem Welken.

Zucker- und Wassergehaltsbestimmungen.

25 halbe ohne Stiel sofort

Frischgewicht: 17,550 gr

Extraktmenge: 244 ccm

Zusatz von 9 ccm Bleiessig: 253 ccm

Nach der Filtration: 226 ccm

Zusatz von 4 ccm Na₂SO₄: 230 ccm

Nach der Filtration: 230 ccm

Die Zuckerbestimmungen im gereinigten Extrakt, auf die oben beschriebene Art und Weise durchgeführt, ergaben:

	Gebrauchte Anzahl von ccm KMnO ₄ (Titer 10).	Berechnete Menge von Cu in mgr
direkt	2,675	26,75
nach 1/2-stündiger Inversion mit Salzsäure	7,095	70,95
nach 20 Minuten langer Inversion mit Zitronensäure	6,74	67,4

Berechnung der einzelnen Zuckerarten:

Jede Hexose reduziert direkt, ebenso Maltose als Disaccharid mit einer Aldehydgruppe. Sie wird aber durch Salzsäure in zwei Moleküle Glucose gespalten, die das Reduktionsvermögen bedeutend erhöhen. Rohrzucker reduziert nicht direkt, wohl aber der durch Inversion mit Salz- oder Zitronensäure erhaltene Invertzucker.

Das Reduktionsvermögen ist mithin zurückzuführen:

Bei direkter Zuckerbestimmung auf Hexosen und Maltosen;

Bei Zuckerbestimmung nach Inversion mit Salzsäure auf Hexosen, den aus Rohrzucker entstandenen Invertzucker, die aus Maltose entstandene Glucose;

Bei Zuckerbestimmungen nach Inversion mit Zitronensäure auf Hexosen, Maltose, den aus Rohrzucker entstandenen Invertzucker.

1. G e s a m t z u c k e r .

Die Summe aller im Extrakte nach Inversion mit Salzsäure reduzierenden Zucker wurde als Gesamtzucker bezeichnet. 70,95 mgr Cu entsprechen 36,34 mgr Gesamtzucker (als Invertzucker berechnet).

2. **M a l t o s e n**: Aus der Differenz zwischen dem Reduktionsvermögen des Extraktes nach Inversion mit Salzsäure und Zitronensäure berechnete sich die Maltose nach folgender Überlegung: Durch die Inversion mit Salzsäure spaltet sich ein Molekül Maltose unter Aufnahme von 1 Molekül Wasser zu 2 Molekül Glucose

Aus 9,5 mgr Maltose werden 10 mgr Glucose.

Aus 0,95 mgr Maltose wird 1 mgr Glucose.

1 mgr Maltose reduziert zwischen 10 und 20 mgr laut Tabelle 1,1 mgr Kupfer.

0,95 mgr Maltose reduzieren zwischen 10 und 20 mgr 1,045 mgr Kupfer.

Angenommen, 1 mgr Glucose reduziere stets 2 mgr Kupfer, so würde das Reduktionsvermögen von 0,95 mgr Maltose (1,045 mgr Cu) durch die Spaltung der Maltose zu Glucose (durch die Inversion mit Salzsäure) eine Erhöhung zu 2 mgr Cu erfahren, was einem Zuwachs von $2 - 1,045 = 0,955$ mgr Cu entspräche. Aus dieser Steigerung des Reduktionsvermögens lässt sich nunmehr die Menge der Maltose berechnen. Ein Beispiel dafür:

Es werden direkt reduziert: 20 mgr Kupfer;

Nach Inversion mit Salzsäure: 40 mgr Cu;

Nach Inversion mit Zitronensäure: 36 mgr Cu.

Durch die Spaltung der Maltose wird das Reduktionsvermögen um 4 mgr Cu erhöht. Demnach: $0,95 \text{ mgr Maltose} : 0,955 = x \text{ mgr Maltose} : 4$; $x = 3,99$ mgr Maltose.

In dieser Berechnung steckt aber noch ein Fehler: es ist nicht berücksichtigt, dass 1 mgr Glucose nicht immer 2 mgr Cu reduziert. Die ersten Zuckeranteile reduzieren stets stärker als die folgenden. Habe ich einerseits zwei Zuckerlösungen von 10 und 20%, andererseits zwei solche von 80 und 90%, so beträgt der Unterschied zweier Lösungen in beiden Fällen 10 mgr Zucker. Der Unterschied im Reduktionsvermögen ist nicht gleich gross. Zwischen 10 und 20 mgr Zucker reduziert 1 mgr Glucose $2 - 1,9$ mgr Cu, zwischen 80 und 90 mgr dagegen $1,6 - 1,5$ mgr Cu (immer für 20 ccm Lösung). 1 mgr Glucose reduziert, um auf obiges Beispiel zurückzukommen, 1,9 mgr Cu zwischen den Grenzen von 36 und 40 mgr Cu (gegeben durch obige Titrationen), wodurch sich der 0,95 mgr Maltose entsprechende Zuwachs auf 0,855 mgr Cu erniedrigt. Für die Maltose ergibt sich demnach: 4,5 mgr.

Berechnung der Maltose im Versuch 17.

1 mgr Glucose reduziert 1,83 mgr Cu im Intervall von 67,4 - 70,95 mgr Kupfer.

$1,83 - 1,045 = 0,785$.

0,785 mgr Zuwachs entsprechen 0,95 mgr Maltose. Die Differenz zwischen Reduktionsvermögen nach Inversion mit Salzsäure und Zitronensäure ist 3,55.

Also: $x:355 = 0,95:0,785$. $x = 4,275 = 4,3$ mgr.

3. **H e x o s e n**: Von der Kupfermenge, die dem direkten Reduktionsvermögen des Extraktes entspricht, ist die durch 4,3 mgr Maltose reduzierte Menge abziehen; 4,3 mgr Maltose reduzieren 4,9 mgr Kupfer.

$26,75 - 4,9 = 21,85$ mgr Cu; 21,85 mgr Cu entsprechen 10,7 mgr Glucose.

4. **R o h r z u c k e r**: Aus der Differenz zwischen dem direkten Reduktionsvermögen des Extraktes und dem nach Inversion mit Zitronensäure berechnete sich der Rohrzucker. Auch hier musste berücksichtigt werden, dass eine bestimmte Menge reduzierten Kupfers nicht immer derselben Zuckermenge entsprach. Aus der Tabelle für Invertzucker wurde direkt die auf 40,65 mgr Cu treffende Zuckermenge im Intervall von 26,75 - 67,4 bestimmt = 21,14 mgr Invertzucker. 1 mgr Invertzucker entspricht 0,95 mgr Rohrzucker.

Also $21,14 \cdot 0,95 = 20,08$ mgr Rohrzucker.

Zusammenstellung.

Zucker	In 20 ccm des behandelten Extrakts	In 230 ccm des behandelten Extrakts
Maltose	4,3 mgr	49,45 mgr
Rohrzucker	20,08 "	230,92 "
Hexosen	10,7 "	123,05 "
Gesamtzucker	36,34 "	417,91 "

Die auf 244 ccm des ungereinigten Extraktes fallenden Zuckermengen wurden auf Grund folgender Berechnung gefunden:

In A ccm des gewonnenen Extraktes x mgr Zucker.

Zusatz von b ccm Bleiessig: Flüssigkeitsmenge: $A + b = B$ ccm.

Zucker: x mgr

Filtrieren: Verlust von c ccm. - Flüssigkeitsmenge: $B - c = C$ (direkt nach der Filtration gemessen).

Zuckerverlust: $x \cdot \frac{c}{B}$ Zucker: $x - x \cdot \frac{c}{B} = x \cdot \frac{C}{B}$

Zusatz von d ccm Na_2SO_4 : Flüssigkeitsmenge: $C + d = D$ ccm
 Zucker: $x \cdot \frac{C}{B} - x \cdot \frac{c}{B} = x \cdot \frac{C - c}{B}$

Filtrieren: Verlust von e ccm.

Zuckerverlust: $x \cdot \frac{e}{D}$ Flüssigkeitsmenge: $D - e = E$ (direkt nach der Filtration gemessen).

Zucker: $x \cdot \frac{CD - Ce}{BD} = x \cdot \frac{CE}{BD}$

Der Zuckergehalt in E ccm des behandelten Extraktes wird quantitativ bestimmt = G.

$$G = x \cdot \frac{CE}{BD} ; x = G \cdot \frac{BD}{CE} ; \frac{BD}{CE} = R ; x = GR \text{ mgr}$$

Es war daher nur nötig, die quantitativ bestimmten Zuckermengen mit dem Faktor R zu multiplizieren, um die im Extrakte ursprünglich vorhandenen Mengen zu bestimmen. In der beschriebenen Analyse waren:

B = 253 ccm, C = 226 ccm, D = 230 ccm, E = 230 ccm (für D und E ergab sich nicht immer der gleiche Wert!). R = 1,12

In 244 ccm (25 Blatthälften) waren demnach: 55,13 mgr Maltose, 137,82 mgr Hexose, 258,63 mgr Rohrzucker, 468,06 mgr Gesamtzucker.

Trockengewicht der 25 Blatthälften: 2379.

Auf 1000 mgr Trockensubstanz daher: 23 mgr Maltose, 58 mgr Hexose, 109 mgr Rohrzucker, 197 mgr Gesamtzucker.

Aus Frischgewicht und Trockengewicht berechnete sich der Wassergehalt der Blätter (auf die in dieser Berechnung steckenden Ungenauigkeiten wird noch eingegangen werden) auf:

$$\begin{array}{r} 17,550 \text{ g Frischgewicht (vor Extraktion)} \\ - 2,379 \text{ g Trockengewicht (nach Extraktion)} \\ \hline 15,171 \text{ g Wasser, das in } \% \text{ des Frischgewichts} = 86,04\% \end{array}$$

Zucker- und Wassergehaltsbestimmungen der gewelkten Blätter:

Frischgewicht: 22,32 g; nach 4-stündigem Welken im Dunkelmzimmer auf offenen Petrischalen wogen die Blätter 21,6 g, von Stiel und Mittelnerv befreit 18 g. Es war nötig, Stiel und Hauptnerv abzuschneiden, um ein den frischen Blatthälften vergleichbares Material zu haben. Die doppelte Gewichtsbestimmung erwies sich zur Berechnung des Wassergehaltes als unbedingt notwendig. Die 25 Blatthälften enthielten:

57,79 mgr Maltose, 139,1 mgr Glucose, 299,44 mgr Rohrzucker, 516,1 mgr Gesamtzucker.

Des Trockengewicht betrug 2471 mgr. Bei Berechnung der Zuckermengen pro Mille der Trockensubstanz erwies sich eine kleine Änderung als abgebracht. In den welken Blatthälften ergab sich für den Gesamtzucker eine Zunahme von 48 mgr. Dieser Zuwachs wurde zum Trockengewicht addiert: $2471 + 48 = 2519$. Obige Zuckermengen wurden auf 2519 mgr bezogen. Pro Mille der Trockensubstanz ergaben sich:

19 mgr Maltose, 55 mgr Hexose, 119 mgr Rohrzucker, 205 mgr Gesamtzucker.

Die Notwendigkeit der Korrektur wird verständlich, wenn man folgende Überlegung anstellt: Beim Welken des Blattes wird Stärke in Zucker umgewandelt. Der Zucker wird extrahiert, ist also im Trockengewicht nicht mehr vorhanden. Sollen die Trockengewichte und die auf diese bezogenen Zuckermengen einander entsprechen, so muss zum Trockengewicht der welken Blatthälften notwendig die in Zucker umgewandelte Stärke, das ist der Zuwachs an Zucker, addiert werden. — Die häufige Abnahme des Gesamtzuckergehaltes bei den auf Wasser schwimmenden Blättern wurde bei Bestimmung des Trockengewichtes nicht berücksichtigt.

Schon hier möchte ich auf eine Ungenauigkeit in der Berechnung aufmerksam machen. Die Grösse des Zuwachses, die sich durch Vergleich der Gesamt-Zuckermengen der 2 x 25 Blatthälften ergab, wurde nur dann richtig bestimmt, wenn die Blatthälften zu Beginn des Versuchs dasselbe Gewicht, also denselben Zuckergehalt zeigten. Das war meist nicht der Fall. Der Zuwachs wurde daher zu gross oder zu klein bestimmt. Der Fehler erwies sich indessen als so gering, dass er vernachlässigt werden konnte.

Die Berechnung des Wassergehaltes der welken Blätter aus Frisch- und Trockengewicht erwies sich als etwas umständlich. Mir war wohl das Trockengewicht (Tr) und das Welkgewicht (W) der Blätter bekannt; ihr Frischgewicht dagegen fehlte. Es musste berechnet werden. Diese Berechnung erscheint vielleicht von vorn herein als unnötig; dann auch aus Tr und W liess sich ein Wassergehalt berechnen: $(W - Tr) \text{ gr} = a \text{ g Wasser}; a : W \cdot 100 = \text{Wasser in Prozenten des Welkgewichts}$. Der so berechnete Wassergehalt ist aber nicht mit dem auf oben angegebene Art berechneten der frischen Blatthälften vergleichbar. Denn das Welkgewicht ist eine Funktion des Wassergehaltes. Vergleichbar sind die Wassergehalte von verschiedenen Blättern aber nur dann, wenn sie beide auf dieselbe konstante Grösse bezogen sind. Als solche konnten das Trockengewicht und das Frischgewicht infrage kommen. Bezogen auf das eine wie auf das andere ergab sich dasselbe Verhältnis des Wassergehaltes der welken Blätter zu dem der frischen, wie folgendes Beispiel zeigt:

1. In 1000 gr Frischgewicht seien 200 g Trockengewicht. Wassergehalt in gr: 800; Wassergehalt in % des Frischgewichts: 80%.

2. Welkgewicht: 500 g — 200 g Trockengewicht. Wassergehalt in gr: 300; Wassergehalt in % des Frischgewichts: 150%; Wassergehalt in % des Trockengewichts: 150%; Wassergehalt in % des Welkgewichts: 60%.

3. Das Verhältnis der Wassergehalte von 1 und 2 bei Bezug auf das Frischgewicht: 0,375 (welk: zu frisch), auf das Trockengewicht: 0,375; auf das Welkgewicht: 0,75.

Der in Prozenten des Welkgewichts ausgedrückte Wassergehalt war zu hoch. Ein miteinander vergleichbarer prozentualer Wassergehalt der Blätter war nur zu gewinnen durch Bezug des absoluten 1. auf das Frischgewicht, 2. auf das Trockengewicht.

Ich wählte den ersten Weg, wie schon aus der Wassergehaltsberechnung der frischen Blatthälften bekannt ist; und zwar leiteten mich folgende Gründe dazu: Das bestimmte Trockengewicht entsprach nicht dem wahren. Unter Trockengewicht versteht man die Summe aller organischen und anorganischen Produkte mit Ausnahme des Wassers. Das hier bestimmte Trockengewicht war daher zu klein; ihm fehlten alle im Extrakt vorhandenen Stoffe. — Der absolute Wassergehalt (Frischgewicht — Trockengewicht) wurde daher zu hoch bestimmt. Wurde der so zu hoch berechnete absolute Wassergehalt in Prozenten des Trockengewichts ausgedrückt $(F - Tr : Tr \times 100)$ so wurde er nochmals zu hoch bestimmt. Drückte ich den Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichts aus, fiel die letzte Fehlerquelle weg. Es galt daher, das Frischgewicht der welken Blatthälften zu berechnen. Aus dem beim Welken erfolgten Gewichtsverlust der Blatthälften mit Stiel und Mittelnerv, wurde auf den der Spreiten allein geschlossen. (6). Ich gieng dabei von der Voraussetzung aus, dass Stiel und Spreite gleichmässig stark Wasser verloren hatten, eine Voraussetzung, die sicher nicht zutreffend war.

Frischgewicht von Spreiten und Stielen:	22,320 gr
Welkgewicht von Spreiten und Stielen	21,6 gr
Verlust	0,720 gr
Welkgewicht der Spreiten allein:	18 gr

22,320 gr verloren 720 mgr, das sind 2,3%, die als Welkungsgrad bezeichnet wurden. Sie geben an, wieviel Prozente vom Frischgewicht beim Welken verloren gingen. 21,6 gr (Welkgew.) sind 96,8% von 22,320 gr (Frischgewicht), ebenso 18 gr (Welkgew.) - 96,8% von unbekanntem Frischgewicht. Daraus das Frischgewicht der gewelkten Spreiten: 18,595 gr. Wassergehalt der gewelkten Blatthälften: 83,25% des Frischgewichts. Der geringe Gewichtsverlust, den die Blätter durch die Atmung erlitten, wurde bei der Berechnung des Wassergehaltes nicht berücksichtigt. Der gesamte Verlust beim Welken wurde als Wasserverlust betrachtet.

Stärkebestimmungen. - Die frische wie die 4 Stunden lang im Dunkelzimmer gewelkte Blatthälfte wurde nach SACHS' Methode auf ihren Stärkegehalt hin geprüft. Durch Vergleich ergab sich kaum eine Abnahme der Stärke im welken Blatt.

Zusammenstellung der Resultate.

Behandlung der Blatthälften.	Wassergehalt in % des Frischgewichts	in pro Mille des Trockengewichts				
		Stärke	Gesamt-Zucker	R-Z	Hexosen	Maltose
Frisch	86,04	mässig	197	109	58	23
4 Stunden trocken.	83,25	weniger	205	119	55	19 ¹⁾

b. Kritik der Methodik.

1. Zuckerbestimmungen. - Die quantitative Zuckerbestimmung ist mit einem Fehler behaftet. Trotzdem ist eine Deutung der erhaltenen Ergebnisse möglich, ohne damit auf unsicheren Grundlagen aufzubauen, wie bei einzelner Besprechung der Bestimmungsfehler gezeigt werden soll. Ich möchte hier nur kurz darauf hinweisen, dass auch bei evtl. Verbesserung der von mir benützten Methode kaum alle Bestimmungsfehler werden ausgeschaltet werden können. Mit einem gewissen Mass von Ungenauigkeiten wird stets zu rechnen sein.

Angaben der einzelnen Fehlerquellen - 1. Die BERTRANDSchen Tabellen gelten nur für reine Zuckerlösungen. Es ist erwiesen, dass die Zucker sich gegenseitig in ihrem Reduktionsvermögen beeinflussen. Der dadurch entstehende Bestimmungsfehler liegt nahe der Fehlergrenze. Weder die absolute Zuckerzunahme beim Welken wird dadurch infrage gestellt, noch wird das Verhältnis der Zuckerzunahme bei verschiedenem Welkungsgrad dadurch gestört. Der Fehler wächst proportional der Zuckerzunahme und wird daher bei geringer Zunahme klein, bei erheblicher grösser sein, sodass das gefundene Verhältnis der Zunahme dem wahren entspricht.

2. Die Reinigung des Blattauszuges mit Bleiessig bewirkt einen kleinen Zucker-erverlust, wie folgende Analysen zeigen:

a. Quantitative Bestimmungen einer quantitativ hergestellten Traubenzuckerlösung.

Resultat: in 20 ccm der Lösung vorhanden: 70 mgr
 gefunden: 69,84 mgr
 also Verlust 0,16%

b. Quantitative Bestimmungen einer Traubenzuckerlösung direkt und nach Zusatz

¹⁾ Die hier geringe Zunahme von Rohrzucker und Gesamtzucker kann nicht durch Verschiedenheit in der Trockengewichtsbestimmung verursacht sein, da eine Zunahme von Hexose und Maltose ausblieb, deren Mengen annähernd die gleichen blieben (die Abnahme von 3 - 4 mgr liegt innerhalb der Fehlergrenze).

von Bleiessig.

Resultat: in 20 ccm der Lösung direkt: 67,72 mgr
nach Ausfällen des Bleies: 64,93
Verlust: 4,1%

c. Analoge Bestimmungen durchgeführt mit einer Rohrzuckerlösung.

Resultat: in 20 ccm der Lösung direkt: 70,69 mgr
nach Ausfällen des Bleies: 68,26 mgr
Verlust: 3,5%

Vergleicht man die Ergebnisse miteinander, so ergibt sich eindeutig, dass die Reinigung einen Zuckerverlust von 3,5 - 4% verursachte. Der Zuckerverlust in den Blattextrakten dürfte noch ein wenig grösser gewesen sein, da nach Zusatz von Bleiessig ein dicker Niederschlag ausfiel, der etwas Zucker mitgerissen haben wird, und der in den oben unter b und c angeführten Analysen naturgemäss ausblieb.

Trotz dem Verlust an Zuckersubstanz musste die Reinigung vorgenommen werden, da die im gereinigten Extrakt bestimmten Zuckermengen um ungefähr 30% hinter denen des ungereinigten zurückstanden, wie ein Versuch ergab:

d. Bestimmungen der Zuckermenge im ungereinigten und gereinigten Blattauszug von *Tropaeolum majus* nach Inversion mit Salzsäure:

Resultat: in 40 ccm des Auszuges, ungereinigt: 109 mgr
nach Zusatz von Bleiessig und Entfernung
des Bleies durch Na_2SO_4 : 76,3 ; Verlust 30%
Entfernung des Bleies durch Salzsäure: 77,68; Verlust 28,7%
Entfernung des Bleies durch Schwefelwasserst.: 76,0 ; Verlust 30,3%

Der ohne Reinigung bestimmte Zuckergehalt war zu hoch. Es erwies sich daher als unbedingt notwendig, die Reinigung des Extraktes vorzunehmen. Die Annahme, dass Glycoside die Ursache des hohen Reduktionsvermögens waren, hatte die grösste Wahrscheinlichkeit. Im ungereinigten Extrakt war bei differenzierter Zuckerbestimmung die Differenz zwischen Reduktionsvermögen nach Inversion mit Zitronensäure und Salzsäure bedeutend höher als im gereinigten. Aus der Differenz der beiden Reduktionsvermögen wurde (wie in der Berechnung angegeben) die Maltose berechnet. Es ergab sich mithin für den ungereinigten Extrakt ein viel zu hoher Maltosegehalt. Infolgedessen berechnete sich auch der Gehalt an Hexosen falsch (direktes Reduktionsvermögen - dem Reduktionsvermögen der Maltose). Ein klares Bild über das Mengenverhältnis der verschiedenen Zuckerarten konnte bei Ausführung der Analyse mit ungereinigtem Extrakt mithin nicht gewonnen werden! Dem mit der Reinigung des Auszuges verbundenen Fehler in der Zuckerbestimmung ist auch kein allzu hoher Wert beizumessen. Bei den in den Blättern enthaltenen Zuckermengen konnte es sich höchstens um einen Fehler von 1 - 5 mgr handeln. Der Fehler war in der Bestimmung der verschiedenen Zuckerarten annähernd gleich, sodass mit einer Verschiebung des Mengenverhältnisses nicht zu rechnen war. Auch das Verhältnis, in dem Zuckermengen verschiedener Versuche standen, wurde kaum dadurch beeinträchtigt, da meist die gleiche Bleimenge zur Reinigung verwandt wurde, sodass der Fehler sich in den gleichen Grenzen hielt.

3. Bei Kochen mit Salzsäure tritt leicht Zerstörung von etwas Lävulose ein, die indes als Ungenauigkeit kaum in Betracht kommen dürfte.

4. Wie schon aus der Methodik bekannt, wurde angenommen, dass im Blattextrakt Hexosen, Rohrzucker, Maltose gelöst waren, dass Salzsäure beide Disaccharide völlig spalte, schwache, durch Zitronensäure bewirkte Inversion nur den Rohrzucker. Nach Untersuchungen von SCHRÖDER stimmen letztere Annahmen ziemlich. Die Ungenauigkeiten, die sich durch die Art der Bestimmung ergaben, liegen innerhalb der Fehlergrenzen.

2. Wassergehaltsbestimmungen. - Der in Prozenten des Frischgewichts ausgedrückte Wassergehalt ist infolge der zu niedrigen Bestimmung des Trockengewichts zu hoch. Seine Bestimmung ist auch zu fehlerhaft, um einen Vergleich der an verschiedenen Tagen geernteten Blätter in Bezug auf ihre Turgeszenz zu ermöglichen. Es ist aber wohl möglich, den Wassergehalt der frischen Blatthälften mit dem der

20/2	frisch	-	-	1214	226	5,735	334,25	275
20/2	24 Stund.			1093	226	5,8	338,2	308
	Stiele in							+ 33
	Wasser							

Blatt- zahl.	Behand- lung	Wasser- gehalt	Frisch- gewicht in gr	Trocken- gew. in mgr	Flüssig- keitsme- nge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil- le d. Tro- ckeng.
-----------------	-----------------	-------------------	-----------------------------	----------------------------	---------------------------------------	------------------------	-------------------	--

Versuch III. 15.VII.20. Ernte 1,15 N. Wetter: mässig warm. - Titer 10; ungereinigt. Stärke im Blatt: frisch: mässig; 4 Stunden trocken: weniger.

20/2	frisch	88,2%	9,8	1174	222	5,29	301,92	257
20/2	4 Stund. trocken, Welkungs grad 98%	68,2%	11,78	1310,9	238	6,25	385,8	295
								+ 38

Versuch IV. 16.VII.20. Ernte 2 Uhr N. Wetter: warm. - Titer 10; ungereinigt. Stärke im Blatt: frisch: viel; feucht gehalten: viel. - Feucht gehaltene Blätter in Glasschalen, Unterseite nach unten, auf Wasser schwimmend (7). Schalen auf mit feuchtem Fliesspapier belegten Porzellantellern stehend. Über Schale und Teller Glasglocken gestülpt. - Stiele vor Beginn unter Wasser abgeschnitten. Nach Schluss des Versuchs wurden sie mit den Blättern gewogen zur Feststellung der Wassergehaltszunahme.

20/2	frisch	87,8%	8,5	1034	228	5,1	298,22	288
20/2	24 Stund auf Was- ser schw.	103,5%	11	972	222	4,87	276,72	285
								- 3

Versuch V. 19.VII.20. Ernte 2,45 N. Wetter: trübe, Regen. - Titer 10; ungereinigt Stärke im Blatt: frisch: wenig; 2 Stunden trocken: wenig.

20/2	frisch	88,6%	8,25	942	227	4,075	234,1	249
20/2	2 Stund. trocken Welk.- Grad 16,2%	72,3%	9,9	948,6	226	4,4	252,67	266
								+ 17

Versuch VI. 21.VII.20. Ernte 2,10 N. Wetter: sonnig, warm. - Titer 10, ungereinigt
Stärke im Blatt: frisch: reichlich; 2 Stunden trocken: reichlich.

20/2	frisch	88,4%	9,8	1133	218	4,18	231,08	204
20/2	2 Stund. trocken Welk.- Grad 10,7%	77,7%	12,1	1187,48	216	4,625	254,56	215
								+ 11

Versuch VIIa. 27.VII.20. Ernte 3,15 N. Wetter: trübe, Regen. - Titer: 10; unger.

34/2	frisch	88,6%	16,9	1920	200	7,15	374	195
34/2	24 St. trocken Welk.- Grad 40,2%	48,5%	20,5	1738,16	187	9,78	491,16	283 + 88

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch VII^o.

reichl.	2,15	7,15	5,535	2	159	190	1	83	99
keine.	2,75	9,78	7,95	4,7	233,7	222,5	3 + 2	135 + 52	128 + 29

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil-le d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	--------------------------------

Versuch VIIIa. 5.VIII.20. Ernte 1,45 N. Wetter: sonnig, warm.-Titer 10, unger

33/2	frisch	88,7%	19,5	2168	208	7,3	397,7	182
33/2	48 St. trock.	33%	24,5	1782,5	206	7,45	402,22	226 + 44

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch VIIIb.

reichl.	2,8	7,3	5,45	187	129	227,8	9	59	104
keine	1,515	7,45	5,55	-	195,7	225,6	-	110 + 51	127 + 23

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil-le d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	--------------------------------

Versuch IX. 9.VIII.20. Ernte 3 Uhr N.; Wetter: sonnig, warm. - Titer: 10, unger

60/2	frisch	87,25%	16,1	2053	214	6,7	273,43	182
60/2	24 St. trock.	57,25%	38	1754,85	202	9,15	493,28	281
	Welke Grad 30%							
60/2	48 St. trock.	33,95%	38	1828,61	204	8,35	451,04	247
	Welke Grad 53,3%							

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch IXb.

reichl.	2,325	6,7	5,325	30	151,9	169,1	15	74	82
keine	3,9	9,15	7,73	93,9	188,9	182,8	54	108	104
keine	2,35	8,35	6,8	10,2	193,8	193,8	6	118	106

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil-le d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	--------------------------------

Versuch XV. 20.VI.21. Ernte 3,40 N. Wetter: Regen, kühl. - Titer: 10, gereinigt.

40/2	frisch	85,8%	21,05	2984	E:121	5,75	429,74	144
40/2	24 St. trock.	67,6%	26,22	2868,4	(R:1,15)	9,85	758,13	264
	Welk.-Grad 19,6%				E:140 (R:1,15)			+ 120

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XVa.

viel	1,525	5,75	5,4	78	275,64	56,34	26	92	19
keine	5,65	13,5	11,95	293	398,4	44,53	102 + 76	139 + 47	16 - 3

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil-le d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	--------------------------------

Versuch XVI. 23.VI.21. Ernte 3,55 N Wetter: Regen, kühl. - Titer: 10, gereinigt.

20/2	frisch	85,9%	9,82	1384	E:204	3,39	183,97	133
20/2	24 St. auf Wasser schw.	97%	14,68	1263	(R:1,08) E:230 (R:1,08)	2,75	167,67	133

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XVIa.

mässig	0,925	3,39	3,285	43	122,3	11	31	88	8
weniger	1,25	2,75	2,62	67,07	79,48	16,15	<u>53</u> + 22	<u>63</u> - 25	<u>13</u> + 5

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mille d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	-------------------------------

Versuch XVII. 27.VI.21. Ernte: 2,10N. Wetter: sehr heiss. - Titer: 10, gereinigt.

26/2	frisch	86,04%	17,55	2379	E:230	7,095	468,06	197
26/2	4 Stund. trocken Welk.-Grad 3,2%	83,25%	23,32	2519	(R:1,12) E:240 (R:1,12)	7,475	516,1	<u>205</u> + 8

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XVIIa.

mässig	2,675	7,095	6,74	137,82	258,63	55,13	58	109	23
weniger	2,6	7,475	7,1	139,1	299,44	57,79	<u>55</u> - 3	<u>119</u> + 10	<u>19</u> - 4

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mille d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	-------------------------------

Versuch XVIII. 29.VI.21. Wetter: meist Regen. - Titer: 10, gereinigt. - Blätter halbiert, beide Hälften zum Welken ausgelegt. Nach 5 Stunden wurden die stiellosen Hälften analysiert, die den Stiel tragenden auf Wasser gelegt.

25/2	5 Stund. trocken	81,1%	15,01	2034	E:258 (R:1,1)	5,56	398,02	196
25/2	darnach 22 St. auf Wasser	97,3%	19,18	1881	E:253 (R:1,1)	4,36	302,03	<u>160</u> - 36

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XVIIIa.

mässig	1,9	5,56	5,3	109,23	235,51	40,44	54	116	20
weniger	2,425	4,36	4,25	156,87	121,11	16,72	<u>83</u>	<u>64</u>	<u>9</u>
							+ 29	- 52	- 11

Versuch XXI. 7.VII.21. Ernte 5,50 N. 25 ganze Blätter mit langen Stielen die 23 Stunden lang in Wasser tauchten.

Wasseranalyse: Zuckergehalt nach Inversion mit Salzsäure: 40 mgr.

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mille d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	-------------------------------

Versuch XXII. 11.VII.21. Ernte 3,50 N. Wetter: sehr heiss. - Titer 10, gereinigt.

20/2	frisch	88,3%	14,85	1739	E:192	4,55	250,39	144
20/2	24 St. auf Wasser	95,5%	18,85 (Spreite + Stiel)	1657	(R:115) E:190 (R:1,16)	2,83	153,18	<u>92</u> - 52
20	frisch	92,8%	2,77	198	Stiele: E:42,5	3,4	39,16	198
20	24 St. auf Wasser	?	?	156	(R:1,1) E:53,5 (R:1,1)	1,4	20,01	128

Wasseranalyse: Nicht bestimmbare Spuren von Zucker im Wasser.

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XXIIa. Spreiten.

wenig	0,725	4,55	4,02	2,76	170,43	60,09	2	98	35
weniger	1,075	2,83	2,64	45,7	79,53	20,94	<u>28</u>	<u>48</u>	<u>13</u>
							+ 26	- 50	- 22

Blatt- zahl.	Behand- lung	Wasser- gehalt	Frisch- gewicht in gr	Trocken- gew. in mgr	Flüssig- keitsme- nge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil- le d. Tro- ckeng.
Versuch XXV. 21.VII.21. Ernte 4 Uhr N. Wetter: kühl. - Titer: 10; gereinigt. Ganze Blätter mit 10 cm langem Stiel. Nur die Stiele analysiert.								
10	frisch	95,2%	4,85	231	E:100	4,1	111,71	484
10	18 St. trock.	?	?	287	(R:1,1) E:104	5,585	161,19	561
10	18 1/2 Stund. auf aq. dest. schw.	?	?	234	(R:1,1) E:108 (R:1,1)	3,98	117,02	501
10	18 1/2 Stund. nur Stiele in aq. dest. tauch.	?	?	230	E:110 (R:1,1)	3,435	102,43	445
Hierzu Analyse des Wassers: ca. 5 mgr nach Inver. mit HCl.								

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citr- nens.	Hexo- sen	Rohr- zucker	Mal- tose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XXVa.

-	3,05	4,1	-	83,33	27,7	-	361	120	-
-	4,275	5,585	-	122,41	37,75	-	427	131	-
-	3,365	3,98	-	99,73	17,52	-	425	75	-
-	2,925	3,435	-	87,73	13,15	-	381	57	-

Blatt- zahl.	Behand- lung	Wasser- gehalt	Frisch- gewicht in gr	Trocken- gew. in mgr	Flüssig- keitsme- nge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil- le d. Tro- ckeng.
-----------------	-----------------	-------------------	-----------------------------	----------------------------	---------------------------------------	------------------------	-------------------	--

Versuch XXVI. 31.VII.21. Ernte 3,45 N. - Titer 10, gereinigt. - Die Nerven aus der Spreite herausgeschnitten. Nerven und nervenfreie Spreite getrennt analysiert. Die in ersteren vorhandenen Zuckermengen erwiesen sich aber zu gering, um genau bestimmt werden zu können.

30/2	frisch	89,5%	16,6	1740	E:221 (R:1,1)	2,865	171,14	98
30/2	26 St. trocken Welk.- Grad 17,6%	73,14%	13,41	1221	E:207 (R:1,1)	2,5	140,27	113 + 15

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XXVla.

fast keine	0,95	2,865	-	56,52	109,76	-	32	63	-
keine	1,4	2,5	-	79,31	58,98	-	$\frac{64}{-32}$	$\frac{48}{-15}$	-

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mille d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	-------------------------------

Versuch XXVII. 3.VIII.21. Geerntet 5,10 morgens, - Titer 10, gereinigt.

25/2	frisch	89,4%	15,7	1657	E:206 (R:1,17)	2,35	137,99	83
25/2	26 St. trock. Welke-Grad 21,3%	68,3%	20,2	1634	E:200 (R1,17)	1,575	89,51	$\frac{56}{-27}$

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XXVIIa.

keine	0,2?	2,35	-	12,05	119,67	-	7	72	-
keine	0,23?	1,575	-	11,7	72,77	-	$\frac{7}{\pm 0}$	$\frac{45}{-27}$	-

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XXIXa.

wenig	0,5	4,1	-	29,4	204	-	12	83	-
keine	0,895	3,81	-	51,74	162	-	22	86	-
wenig	0,55	3,14	-	31,69	142	-	15	67	-

Blatt- zahl.	Behand- lung	Wasser- gehalt	Frisch- gewicht in gr	Trocken- gew. in mgr	Flüssig- keitsme- nge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil- le d. Tro- ckeng.
-----------------	-----------------	-------------------	-----------------------------	----------------------------	---------------------------------------	------------------------	-------------------	--

Versuch XXIX. 9.VIII.21. Ernte morgens 5 Uhr. - Titer 10; gereinigt.

15 ganze	frisch	88,4%	21,2	2454	E:200 (R: 1,2)	4,1	243,8	99
15 ganze	26 St. trock.	71,0%	18,65	1887	E:196 (R:1,2)	3,81	220,5	119 86
15 ganze	26 St. auf Wasser schw.	96,0%	19,7	2116	E:194 (R:1,21)	5,14	181,33	

Versuch XXXI. 14.VIII.21. Geerntet morgens 4,30. - Titer 10, gereinigt.

15 ganze	frisch	89,5%	21,6	2271	E: 180 (R:1,31)	3,21	186,28	82
15 ganze	27 St. trock. Welk. Grad 43%	46,5%	23,45	2261	E: 93 (R:1,26)	3,6	208,46	92
15 ganze	28 St. auf Wasser	20,5%	20,5	1955	E:105 (R: 1,21)	2,215	137,22	70

Titer für 20 ccm				Zucker absolut		Zucker in % d. Trockengewichts			
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citr- nens.	Hexo- sen	Rohr- zucker	Mal- tose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XXXIa.

die ersten Spuren	0,18?	3,21	-	10,61	167,95	-	5	74	-
keine Spuren	0,8	3,6	-	45,62	155,06	-	20	69	-
	0,35	2,215	-	20,66	109,9	-	11	56	-

Versuch XXXIIa. 1.

sehr wenig	1,57	4,575	-	45,54	85,53	-	53	99	
weniger	0,55	1,1	-	15,09	15,44	-	<u>25</u> - 28	<u>26</u> - 72	

Versuch XXXIIa. 2.

weniger als 1.	2,23	6,125	-	65,01	114,24	-	49	87	
keine	0,42	1,35	-	11,23	26,14	-	<u>10</u> - 39	<u>23</u> - 64	

Blatt- zahl.	Behand- lung	Wasser- gehalt	Frisch- gewicht in gr	Trocken- gew. in mgr	Flüssig- keitsme- nge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil- le d. Tro- ckeng.
-----------------	-----------------	-------------------	-----------------------------	----------------------------	---------------------------------------	------------------------	-------------------	--

Versuch XXXII. 1. 16.VIII.21. Topfspflanzen, beide Exemplare bei Besonnung einen Tag lang nicht begossen, in's Dunkelzimmer gerbracht, Pflanze 1 stark begossen, Pflanze 2 weiter trocken gehalten. - Titer 10; gereinigt.

21/2	frisch	90,3%	8,9	865	E:97 (R:1,22)	4,575	136,86	159
18/2	40 St. feucht	?	?	593	E:102 (R:1,3)	1,1	31,66	$\frac{53}{105}$

Versuch XXXII. 2.

23/2	frisch	89,6%	12,7	1321	E:95 (R:1,25)	6,125	184,54	139
23/2	40 St. trock- en	?	?	1140	E:91 (R:1,3)	1,36	38,74	$\frac{34}{105}$

A. Stärkeführende Blätter.

1. Gesamtzucker und Stärke. - Sämtliche mit welken Blättern ausgeführten Versuche ergaben das eindeutige Resultat, dass beim Welken Stärke verschwindet und dass mit der Stärke-Zunahme eine Abnahme der Zuckermengen parallel geht. Die Hydrolyse der Stärke hing in ihrer Intensität von dem Grade des Wasserverlustes ab, je stärker dieser, desto grösser die Zuckerzunahme. Die welken Blätter zeigten diese Erhöhung des Zuckergehaltes stets, gleichgiltig, ob die Zuckermengen im gereinigten oder ungereinigtem Extrakt bestimmt wurden. Die Versuche mit ungereinigten Auszügen bestätigen somit die Ergebnisse der mit gereinigtem Extrakte ausgeführten und sind bei Feststellung der Resultate (soweit sie die Zu- oder Abnahme des Gesamtzuckers betreffen) mit heranzuziehen. - In den folgenden Besprechungen sollen die mit ungereinigtem Extrakt ausgeführten Analysen mit den Buchstaben "ung.", die mit gereinigtem Extrakt mit "g." bezeichnet werden.

Schon nach zweistündigem Welken genügte die Abnahme des Wassergehaltes zur Erzielung einer höheren Zuckermenge im Blatt. Die Abnahme der Stärke konnte nach so kurzer Zeit mit der benützten Methode allerdings nicht festgestellt werden (Versuch V. unger., VI. ung.). Nach vierstündigem Welken trat neben der Zuckerabnahme auch die Stärkeabnahme deutlich hervor (Versuch III. ung.) - In Versuch XVII g. trat nach vierstündigem Welken der Blätter kaum eine Abnahme von Stärke hervor. Auch der Gesamtzucker nahm hier geringer als sonst nach 2-stündigem Welken zu. - Nach 24 Stunden war die Stärke stets vollkommen verschwunden und der Zuckergehalt hatte für das Blatt sein Maximum erreicht, ein Maximum, das Funktion der vorhandenen gewesenen Stärkemengen war (Versuch I. ung., VII. ung., XV g.). Nach 48-stündigem Welken der Blätter wurde der Zucker nur in ungereinigtem Extrakt bestimmt. Das Ergebnis, das die Abnahme des Gesamtzuckers zeigte, bedarf daher der Nachprüfung. Dass die Auflösung der Stärke im abgeschnittenen welkenden Blatt nicht einfach die Fortsetzung des Stärkeabbau-Prozesses ist, der in ihm statt hatte, als es sich noch in turgescentem Zustand befand, sondern in ursächlichem Zusammenhang mit der Abnahme des Wassergehaltes steht, beweisen die folgenden Versuche.

Wurden die Blätter feucht gehalten (auf Wasser schwimmend), so erhöhte sich der Wassergehalt, wobei es gleichgiltig war, ob die Blätter sofort nach der Ernte oder erst nach kurzfristigem Welken auf Wasser geworfen wurden. Die Menge des Gesamtzuckers blieb entweder die gleiche wie im frischen Blatt (Versuche IV. ung. und

XVI g.) oder nahm ab (Versuche XVIII g. und XVI g.). - Die Blätter des Versuchs II. ung. (Stiele alleine in Wasser tauchend) zeigten nach 24 Stunden Zuckerzunahme und Stärkeabnahme. Die Vermutung liegt nahe, dass die Wasserversorgung der Blätter nicht ausreichend war und dass ein leichtes Welken eintrat. - Der Stärkegehalt wurde in Versuch IV ebenso hoch, in den übrigen 3 Versuchen ein wenig niedriger als der der frischen Blatthälften geschätzt. Wenn auch die Schätzung roh war, so ergab sich doch sicher, dass, falls die Stärke tatsächlich abgenommen haben sollte, diese Abnahme nur sehr klein gewesen sein konnte und weit hinter der in welken Blättern beobachteten zurückstand.

Es ergab sich mithin als Resultat, dass im trocken ausgelegten Blatt, also bei vollständig unterbundener Ableitung, Stärke zu Zucker gelöst wurde. In dem auf Wasser schwimmenden Blatt, wo eine geringe Ableitung von Zucker in Wasser, wie unten ausführlicher zu besprechen sein wird, stattfand, trat niemals eine Erhöhung des Zuckergehaltes, keine oder nur eine sehr geringe Abnahme von Stärke auf. Damit ist bewiesen, dass die im welkenden Blatt auftretende Hydrolysisierung der Stärke nicht die Fortsetzung des normalen Stärke-Abbau-Prozesses ist. Wäre letzteres nicht der Fall, würde also im abgeschnittenen welkenden Blatt (und damit bei vollständig unterbundener Ableitung) der normale Abbau unter allmählicher Anhäufung von Zucker fortschreiten, so müsste in dem auf Wasser schwimmenden Blatt, bei vorhandener wenn auch geringer Ableitung, die Stärke schneller verschwinden müssen als im welkenden Blatt. Da das nicht der Fall war, ergibt sich, dass Abbau von Stärke beim Welken durch die Abnahme des Wassergehaltes bedingt ist.

Diese Tatsache liess mich, wie unten noch näher auszuführen sein wird, erwarten, dass das Blatt bei Zunahme des Wassergehaltes Zucker in Stärke umwandeln, damit also, seinen Zuckergehalt erniedrigend, den Stärkegehalt erhöhen würde. Die Zuckerabnahme trat, wie schon erwähnt, in zwei Versuchen (XVIII g., XXII g.) auf. Eine Zunahme der Stärkemenge mit steigendem Wassergehalt dagegen konnte nicht nachgewiesen werden. - Auch in mehreren mit einzelnen *Tropaeolum*-Blättern angestellten Versuchen konnte die Zunahme von Stärke bei steigendem Wassergehalt nicht beobachtet werden. Vier Versuche wurden derart ausgeführt, dass zu jedem Versuch 2 Blätter halbiert (zum Teil frisch geerntete, zum Teil vorher angewelkte), die stiellosten Hälften abgetötet, die den Stiel tragenden 20 - 24 Stunden auf Wasser schwimmend belassen wurden. Nach Ablauf der Versuchsdauer wurde die in Jod-Jodkalium auftretende Blaufärbung entsprechender Hälften miteinander verglichen. Die Zuckerbestimmung blieb aus. Ich stellte fest:

3 mal keinen Unterschied in der Färbung der Blatthälften; 1 mal die deutlich hellere Färbung des auf Wasser geschwommenen Blattes.

Auch die mit Moosen in dieser Richtung angestellten Versuche brachten negative Ergebnisse. Gewelkte Moosblätter, die ihre Stärke völlig abgebaut hatten, zeigten keine Regeneration der Stärke bei erneuter Wasserzufuhr. Vielmehr konnte ich in Moosblättern, die 20 - 30 Stunden lang feucht gehalten worden waren, geringe Abnahme von Stärke beobachten. Über das wahre Verhalten der Stärke bei Erhöhung des Wassergehaltes im Blatt sagen all' diese Versuche nichts bestimmtes aus. Die SACHS'sche Jodprobe dürfte zur Erkennung geringer Differenzen im Stärkegehalt verschiedener Blätter nicht ausreichen. Beide Möglichkeiten - einerseits Zunahme der Stärke, anderseits Abnahme (Zuckerabnahme könnte durch Ersatz der Stärke für veratmeten Zucker verursacht sein) - im feucht gehaltenen Blatt (Erhöhung des Wassergehaltes) sind weder bewiesen noch widerlegt. Und doch glaube ich nicht, dass öfters eine Stärke-Abnahme, niemals eine Zunahme, in den auf Wasser schwimmenden Blättern beobachtet wurde, dass Stärkerückbildung bei Erhöhung des Wassergehaltes eintritt. Ich glaube auch nicht, dass die in den Versuchen XVII und XXII konstatierte Zuckerabnahme auch nur zum Teil durch eine mit der SACHS'schen Methode nicht nachweisbare Erhöhung der Stärkemenge zu erklären ist. Der Herabsetzung des Gesamtzuckergehaltes müssen in diesen beiden Fällen andere Ursachen zugrunde liegen. Das Schwinden einer geringen Zuckermenge kann durch Austritt in Wasser erklärt werden. 25 *Tropaeolum*-Blätter, nur mit den 20 - 25 cm langen Stielen in Wasser stehend,

leiteten in 24 Stunden 40 mgr Zucker in's Wasser (Versuch XXI). - 10 Blätter mit 10 cm langen Stielen leiteten in 18 Stunden 5 mgr Zucker in das Wasser (Versuch XXV).

Die Mengen von 6 - 40 mgr Zucker dürften etwas grösser gewesen sein, denn einerseits wurde das Wasser von 400 - 500 ccm auf dem Wasserbad zu 60 - 25 ccm eingedampft, wobei sicher Zerstörung einer geringen Zuckermenge auftrat, andererseits lagen hauptsächlich in dem oben an zweiter Stelle angeführten Versuch die Zuckermengen pro 20 ccm weit unter 10 mgr, was, wie schon erwähnt, stets eine ungenaue Bestimmung nach sich zog.

10 *Tropaeolum*-Blätter mit 10 cm langen Stielen (die Spreiten auf Wasser schwimmend) leiteten in 18 Stunden sehr viel weniger als 6 mgr (Versuch XXII). Der in Wasser gelöste Zucker konnte in beiden Fällen infolge seiner geringen Menge nicht quantitativ bestimmt werden.

Die vier Versuche zeigen, dass die Grösse der austretenden Zuckermenge mit der Länge des Stieles ansteigt und dass sie dort, wo nur die Stiele in Wasser tauchen, grösser ist als da, wo auch die Spreiten das Wasser berühren. (8). Da in sämtlichen Versuchen, in denen der Zuckergehalt feucht gehaltener Spreiten bestimmt wurde (Ausnahme Versuch III) die Spreiten stets auf Wasser schwammen, die Stiele 1 - 1,5 cm lang waren, so konnte die in's Wasser austretende Zuckermenge nur eine minimale gewesen und musste sehr viel weniger als 6 mgr betragen haben. Schon Abnahme von 12 - 13 mgr Zucker pro Mille der Trockensubstanz können kaum durch Ableitung erklärt werden, viel weniger die von 36 und 52 mgr.

Überblicke ich die Tatsachen, so kann gesagt werden: Es ist nicht wahrscheinlich, dass die Zuckerabnahme in den Versuchen XVIII und XXII durch Regeneration von Stärke oder durch Austritt von Zucker in's Wasser erklärt werden kann. Die Frage, was wird aus dem Zucker, steht offen. Ihre Beantwortung ist vielleicht durch genaue Bestimmung der in's Wasser austretenden Zuckermengen und durch quantitative Stärkebestimmungen möglich.

Die ziemlich bedeutende Zuckerabnahme in Versuch XXII, bei dem als einzigen nicht Blatthälften, sondern verschiedene Blätter einmal sofort nach der Ernte, das andere mal nach 24-stündigem Schwimmen auf Wasser analysiert wurden, kann zum Teil dadurch erklärt werden, dass von vornherein in den Blättern, die auf Wasser geworfen wurden, ein niedrigerer Zuckergehalt als in den frisch analysierten zugegen war.

Die Unklarheiten im Verhalten von Stärke und Gesamtzucker in den auf Wasser schwimmenden Blättern können in keiner Weise die gewonnene Tatsache, dass im welkenden Blatt, in ursächlichem Zusammenhang mit der Wassergehalts-Abnahme stehend, Stärke schwindet und Gesamtzucker zunimmt, irgendwie infrage ziehen.

2. Einzelzucker. - Das Verhalten der verschiedenen Zuckerarten bei Wassermangel einerseits, reichlicher Versorgung mit Wasser andererseits konnte zum grossen Teil nur an den Ergebnissen der mit gereinigtem Extrakt ausgeführten Analysen studiert werden. Da, wie schon erwähnt, im ungereinigten Extrakt das Reduktionsvermögen der einzelnen Zuckerarten nicht klar hervortrat (Rohrzucker ausgenommen). In der Zu- und Abnahme der Maltose war ein Gesetz nicht zu erkennen. Hingegen hing die Rohrzucker-Menge auffällig vom Wassergehalt des Blattes ab. Welkte das Blatt, so nahm der Rohrzucker zu, erhöhte sich der Wassergehalt, so nahm er ab. Die Hexosen dagegen erhöhten ihre Menge unabhängig vom Wassergehalt des Blattes im welkenden wie in dem auf Wasser schwimmenden Blatt. Die stärkere Zunahme der Hexosen trat jedoch in den gewelkten Blättern auf (Versuch XV).

Im einzelnen ergab sich folgendes: Nach 4-stündigem Welken hatte nur der Rohrzucker zugenommen. Der Hexosengehalt blieb praktisch der gleiche, da die gefundene Abnahme innerhalb der Fehlergrenzen lag (Versuch XVII g.). - Nach 24 Stunden hatte sich der Rohrzucker um $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ (Versuch VII, VIII, IX und XV), die Hexosen um das dreifache der ursprünglich vorhanden gewesenen Menge vermehrt (Versuch XV). Wurde das Blatt feucht gehalten, so vermehrten bei gleichem oder abnehmendem Gesamtzucker die Hexosen ihre Mengen, während der Rohrzucker abnahm (Versuch XVI, XVIII, XXII und XXV). Die Zunahme der Hexosen geschah auf Kosten

des Rohrzuckers. Beweisend dafür ist die Tatsache, dass der Rohrzucker im feucht gehaltenen Blatt um 25 - 50 mgr pro Mille der Trockensubstanz abnahm. Diese Abnahme kann, wie schon erwähnt wurde, nicht durch Ableitung von Zucker in's Wasser erklärt werden. Sie ist auch ganz unabhängig davon, ob in den auf Wasser schwimmenden Blättern der Gesamtzucker-Gehalt abnahm oder gleich blieb. In Versuch XVI verminderte sich der Gesamtzucker in den auf Wasser schwimmenden Blättern nicht und trotzdem nahm der Rohrzucker ab (um 25 mgr), die Hexosen dagegen erhöhten ihre Menge um 23 mgr.

Einige Auszüge aus den Tabellen zum Beweis der Abhängigkeit des Rohrzuckers vom Wassergehalt des Blattes:

Nr.	Behandlung der Blätter	Rohrzucker	Hexosen	Wassergehalt
XVI	24 Stunden feucht	63	53	97%
XVII	4 Stunden trocken	119	55	83,25%
XVIII	nach 5-stündigem Welken 22 St. auf Wasser	64	83	97,3%

Also: je niedriger der Wassergehalt, um so grösser die Menge des Rohrzuckers. Bei wechselndem Wassergehalt ein zum Teil gleicher Gehalt an Hexosen.

2. Noch klarer trat die Tatsache der Abhängigkeit des Rohrzuckers vom Wassergehalt des Blattes in den mit Stielen angestellten Versuchen hervor. Ich muss einschalten, dass, wie aus den Tabellen ersichtlich, hier auf die Inversion mit Zitronensäure verzichtet wurde. Die Zucker sind nur als Rohrzucker und Hexosen berechnet. Die Maltose steckt mithin in jeder der für diese Zucker berechneten Menge, wodurch das Verhältnis der beiden Zuckerarten bei der geringen Maltosemenge kaum gestört sein dürfte (Versuch XXV). Auch hier ergab sich, dass der Rohrzucker-gehalt mit steigendem Wassergehalt abnimmt, mit fallendem dagegen zunimmt. Vergleicht man je zwei Analysen-Ergebnisse miteinander:

Behandlung	Rohrzucker	Hexosen
18 Stunden trocken	131	427
18 Stunden Spreiten auf Wasser	75	425

Bei gleichem Gehalt an Hexosen zeigten die feucht gehaltenen Blätter in den Stielen einen nahezu um die Hälfte kleineren Gehalt an Rohrzucker als die gewelkten

Behandlung	Rohrzucker	Hexosen
frisch	120	361
18 Stunden nur Stiele in Wasser tauchend	57	381

Auch hier zeigten die feucht gehaltenen Stiele den bedeutend niedrigeren Rohrzucker-gehalt bei annähernd gleichem Hexosengehalt wie die frisch analysierten Stiele.

3. Die mit Topfpflanzen angestellten Versuche zeigten ein entsprechendes Resultat (Versuch XXXII). Zwar nahm Stärke wie Zuckergehalt der Blätter im Dunkeln ab. Die Herabsetzung der Zuckermenge erfolgte jedoch bei beiden Pflanzen in ungleicher Weise. Die feuchtgehaltene Pflanze verminderte ihren Rohrzucker-gehalt stärker, ihren Gehalt an Hexosen schwächer als die trocken gehaltene Pflanze. Dem höheren Wassergehalt entsprach auch hier der niedrigere Gehalt an Rohrzucker.

B. Stärkefreie bzw. keine Stärke führende Blätter.
(Versuche XXVII g., XXVI g., XXIX g., XXXI g.)

Da die Stärkemenge der geernteten Blätter gering war oder fehlte, so war auch die beim Welken durch Schwinden der Stärke hervorgerufene Erhöhung des Gesamtzuckers nur eine geringe oder eine Zunahme fehlte ganz. Im feucht gehaltenen Blatt sank der Gehalt an Gesamtzucker um einige mgr, was wohl zum Teil auf die schon besprochene Ableitung, vielleicht auch auf Atmung zurückzuführen ist. Der Stärkegehalt nahm in ihm nicht oder sehr wenig ab. Also auch hier trotz vorhandener Ableitung keine oder kaum eine Lösung der Stärke zu Zucker, bei vollständiger Stockung der Ableitung dagegen Lösen der Stärke zu Zucker.

Was die einzelnen Zuckerarten betrifft, so nahm im welkenden wie in dem auf Wasser schwimmenden Blatt der Rohrzucker ab, die Hexosen dagegen erhöhten ihre Menge. Doch zeigten auch hier die gewelkten Blätter den höheren Rohrzuckergehalt.

Eine Sonderstellung nimmt Versuch XXVII ein. Die geernteten Blätter enthielten keine Stärke und setzten ihren Gesamtzuckergehalt beim Welken herab. Diese Abnahme betraf nur die Rohrzuckermenge, der Hexosen-Gehalt blieb der gleiche. Abnahme des Rohrzuckers ohne Erhöhung der Hexosen ist nicht verständlich; das Resultat dieses einen abweichenden Versuchs wird später bei der Deutung der Gesamtergebnisse berücksichtigt werden.

2. *Iris germanica* und *Convallaria majalis*.

Convallaria majalis: Die Versuche ergaben keine klaren Ergebnisse. Ich wurde zu der Annahme gezwungen, dass im Blatt ein Zucker vorhanden ist, der zum Teil durch Zitronensäure, vielleicht vollständig durch Salzsäure gespalten wird und der daher das Mengenverhältnis der übrigen Zucker nicht hervortreten lässt (9).

Iris germanica: Die Methode musste in einigen Punkten ein wenig geändert werden. Zum Nachweis ganz geringer Stärkemengen eignete sich die SACHS'sche Methode nicht. Um Spuren von Stärke noch erkennen zu können, führte ich Querschnitte durch das Blatt, legte diese auf den Objektträger in Jod-Chloralhydrat und untersuchte unter dem Mikroskop, ob sich blaue Stärkekörnchen zeigten, was indes nie der Fall war.

Die Anwendung der Blatthälften-Methode war bei *Iris* nicht möglich, da bei symmetrischem Halbieren der Blätter grosse Wundflächen erzielt wurden. Um zu jedem Versuch möglichst gleichartiges Material zu haben, wurden nur die Blätter einer Pflanze benützt. Jede Pflanze treibt 6 - 8 Blätter, von denen je zwei einander an Grösse entsprechen. Es wurde nun so verfahren, dass immer ein Blatt des Paares frisch, das andere, nachdem es 24 - 48 Stunden trocken oder feucht gehalten war, analysiert wurde.

Blatt- zahl.	Behand- lung	Wasser- gehalt	Frisch- gewicht in gr	Trocken- gew. in mgr	Flüssig- keitsme- nge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mil- le d. Tro- ckeng.
Versuch X. 30.IV.21. Ernte 3,30 N. - Titer 10,3, nicht gereinigt.								
3	frisch	91,8%	13,1	1070	216	8,865	514,84	481
3	48 St. trock. Welk.- Grad 9.5%	83%	14,74	1111	232	8,85	548,68	492 + 11

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch Xa.

keine	6,1	8,865	8,76	335,9	155,5	14,6	31,4	14,5	1,4
keine	6,9	8,85	8,625	401,6	109,6	34,3	36,1	9,9	3,1
							+ 4,7	- 4,6	+ 1,7

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mille d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	-------------------------------

Versuch XI. 30.V.21. Ernte 3 Uhr N. Wetter: kühl. - Titer 10,3, gereinigt. - Das Reduktionsvermögen war nach dem Invertieren mit Salzsäure und Zitronensäure gleich gross; Maltose war mithin in den Blättern nicht vorhanden.

2	frisch	92,39	20,2	1536	E:214 (R:1,12)	8,75	563,48	367
2	24 St. trock. Welk.-Grad 4,4%	87,7	26,5	2100	E:196 (R:1,15)	12,15	761,4	<u>363</u> - 5

Titer für 20 ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose

Versuch XIa.

keine	7,075	8,75	8,75	449,4	110,14	-	29,3	7,2	-
keine	10,275	12,15	12,15	633,04	123,5	-	30,1	5,9	-
							+ 0,8	-1,3	

Blattzahl.	Behandlung	Wassergehalt	Frischgewicht in gr	Trockengew. in mgr	Flüssigkeitsmenge in ccm	Titer pro 20 ccm	Zucker absolut	Zucker pro Mille d. Trockeng.
------------	------------	--------------	---------------------	--------------------	--------------------------	------------------	----------------	-------------------------------

Versuch XII. 2.VI.21. Ernte 4 Uhr N. Wetter: warm, feucht. - Titer: 10,3 gereinigt. - Feucht gehaltene Blätter; die Blätter lagen in einer grossen, mit Wasser gefüllten Porzellanschale. Die unter Wasser abgeschnittenen Enden wurden beschwert sodass sie untertauchten.

2	frisch	92,84%	15,57	1115	E:207 (R:1,12)	6,7	412,91	370
2	24 St. auf Wasser.	99,5%	15,82	1082	E:212 (R:1,11)	6,05	372,27	<u>344</u> - 26

Titer für 20. ccm				Zucker absolut			Zucker in % d. Trockengewichts		
Stärke	dir. Redukt	Inv. mit HCl	Inv. mit Citronens.	Hexosen	Rohrzucker	Maltose	Hexosen	Rohrzuck.	Maltose
Versuch XIVa.									
keine	6,6	8,135	8,1	360,3	83,8	?	40,0	9,3	?
keine	7,875	9,19	9,1	381,4	63,7	10,7	37,4	6,2	1,0
							- 2,6	-3,1	

Ergebnisse der vorstehenden Tabellen in Worten: Beim Welken der Blätter nahm der Gesamtzuckergehalt in einem Versuch zu (X ung.), in drei weiteren Versuchen dagegen, wenn auch sehr verschieden stark, ab (Versuche XIV ung., XI g., XIII g.). Diese Abnahme des Gesamtzuckers trat auch bei feucht gehaltenen Blättern auf (Versuch XII g.). Ich kann das verschiedene Verhalten des Gesamtzuckers nicht anders erklären, als dass der Zuckergehalt der zu den 2 Analysen eines Versuchs gebrauchten Blätter von Anfang an ein verschiedener war. Damit verlieren die Versuche an Beweiskraft. Es möge daher eine kurze Zusammenstellung der Ergebnisse, soweit sie das Verhalten der Einzelzucker betreffen, hier genügen.

Trocken gehaltene Blätter. - Versuch XIII g. und XIV ung.: Abnahme von Rohrzucker und Hexosen.

Versuche X ung. und XI g.: Abnahme von Rohrzucker, Zunahme der Hexosen.

Feucht gehaltene Blätter. - Versuch XII g.: Ebenso starke Abnahme von Rohrzucker und Hexosen wie in den Versuchen XIII und XIV.

ABSCHNITT III: ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN AN MOOSEN.

a. Stärkebestimmungen.

Es lag die Vermutung nahe, dass der Erhöhung des Gesamtzuckers, die dem Stärke-Abbau im welkenden Blatt parallel gieng, eine Zunahme des osmotischen Druckes in den Zellen des Blattes entsprach. Ich versuchte daher festzustellen, ob die Grenzplasmolyse in den Zellen des gewelkten Blattes erst bei höherer Konzentration der Salzlösung eintrat als in analog gelegenen Zellen des feucht gehaltenen Blattes. Die Blätter von *Tropaeolum* erwiesen sich als nicht geeignet zu solchen Versuchen, da das Eintreten der Grenzplasmolyse schwierig zu beobachten war. Auf der Suche nach günstigeren Objekten erkannte ich bald Moose als solche. Das erste Abheben des Plasmas von der Zellwand in grenzplasmolytischen Lösungen war gut zu beobachten. Ehe an osmotische Bestimmungen herangetreten werden konnte, musste festgestellt werden, ob auch im welkenden Moosblatt die Stärke verschwindet. Stärkebestimmungen hatten daher den osmotischen voranzugehen.

Es war bald bewiesen, dass, wie in welken *Tropaeolum*-Blättern, so auch in welken Moosblättern Stärke schwindet. Anschliessend daran stellte ich auch mit Moosen Untersuchungen darüber an, ob bei Erhöhung des Wasser-Gehaltes Zunahme von Stärke stattfindet, speziell, ob in welken Blättern, in denen die Stärke völlig verschwunden war, bei Erhöhung des Wassergehaltes Rückbildung von Stärke erfolgt.

Es waren also zwei Versuchsgruppen zu unterscheiden: 1. Untersuchungen über das Schwinden der Stärke im welken Moosblatt;

2. Untersuchungen über Regeneration der Stärke bei Erhöhung des Wassergehaltes im gewelkten und daher stärkefreien Blatt.

1. Methodik.

Als Versuchsobjekt diente *Mnium cuspidatum*. Die Moospflänzchen wurden zu jedem Versuch frisch aus dem Garten geholt und vollständig ausgewachsene, kurz unter der Spitze sitzende Blätter halbiert. Es kam nun darauf an, von jedem Blatt die eine Hälfte einige Stunden feucht, die andere ebenso lange trocken zu halten, um dann beider Stärkemengen miteinander zu vergleichen. Das geschah in folgender Weise: Eine Hälfte kam in eine Petrischale, deren Boden mit nassem Fliesspapier bedeckt war. Das Blatt blieb auf diese Weise während der Versuchsdauer turgeszent.

Die andere Hälfte wurde e n t w e d e r in eine Petrischale mit trockenem Fliesspapier gelegt. Nach 5 Minuten war das Blatt meist völlig ausgetrocknet.

O d e r in eine Schale, deren Boden mit angefeuchtetem Papier belegt war. Das Blatt kam nicht direkt auf das Papier, sondern auf einen Objektträger, der seinerseits erst das Papier berührte. Das Blatt lag also trocken in einer feuchten Kammer. Auf diese Weise gelang es, das Welken sehr zu verzögern, sodass meist erst nach 20 - 24 Stunden völliges Austrocknen eingetreten war.

Sämtliche Schalen wurden mit schwarzem Papier beklebt, zugedeckt und nebeneinander aufgestellt, sodass die Blätter unter gleichen Temperaturverhältnissen lagen. Nach beendeter Versuchsdauer wurden die nassen Blatthälften mit Fliesspapier abgetrocknet und der Stärkegehalt turgeszenter und welker Blatthälften miteinander verglichen: Zusammengehörige Blatthälften kamen auf einen Objektträger in Jod-Chloralhydrat. Ein Riss in der Blattspreite begünstigte das Eindringen der Lösung und beschleunigte das Auftreten der Färbung der Stärke. Unter dem Mikroskop wurde nun der Stärkegehalt der Hälften eines Blattes miteinander verglichen.

2. Ergebnisse.

Stärke im welkenden Blatt von *Mnium cuspidatum*. - Im langsam welkenden Blatt schwindet die Stärke völlig. Die ersten Versuche, in denen der Stärkegehalt feucht gehaltener und rasch gewelkter Moosblätter (auf trockenem Papier in einer Petrischale gewelkt) miteinander verglichen wurden, ergaben nur in einigen Fällen eine kaum sichtbare Stärke-Abnahme in den ausgetrockneten Hälften. (In drei von fünf Versuchen trat diese geringe Abnahme auf.) Die Resultate schienen den mit *Tropaeolum* gewonnenen zu widersprechen. Es wurde aber vermutet, dass dem Plasma in den wenigen Minuten des Austrocknens nicht genug Zeit zur Verfügung stand um die Stärke völlig zu lösen und dass im ausgetrockneten Zustande Stärke-Abbau unterblieb. Die zur Prüfung mit langsam welkenden Blättern ausgeführten Versuche bestätigten die Vermutung, wie folgende Tabelle zeigt:

Datum	Blatt Nr.	Versuchsdauer	Hälfte feucht gehalten.	Hälfte trocken in feuchter Kammer
22.IV.	1	18	sehr viel	keine, in den am Schnitttrand gelegenen Zellen sehr viel Stärke.
22.IV.	2	18	viel	Wie Blatt 1.
26.IV.	1	24	viel	Wie Blatt 1.
26.IV.	2	24	mässig, in den am Schnitttrand gelegenen Zellen mehr	keine, Schnitttrandzellen viele.
26.IV.	3	24	viel, Schnitttrandzellen mehr	analog wie oben
26.IV.	1	22	sehr viel	analog wie oben
2.V.	1	22	sehr viel	analog wie oben
2.V.	2	24	viel, Schnitttrandzellen mehr	analog wie oben.

In Worten: in Übereinstimmung mit den mit *Tropaeolum* ausgeführten Versuchen

ergab sich also, dass auch in den Blättern von *Mnium cuspidatum* Stärke beim Welken schwand. Nur in den am Schnitttrand gelegenen Zellen des welken Blattes fand sich Stärke vor. Ich konnte sogar feststellen, dass die Schnitttrand-Zellen des welken Blattes ebensoviel Stärke wie die Schnitttrand-Zellen des feucht gehaltenen Blattes enthielten, und dass beider Stärkegehalt höher war, als der der übrigen Zellen des feucht gehaltenen Blattes. Zur Erklärung der Tatsache musste erst festgestellt werden, ob in den auf nassem Papier liegenden Blättern die Schnitttrand-Zellen ihren Stärkegehalt während der Versuchsdauer erhöhten und die Stärkemenge der übrigen Zellen die gleiche blieb, oder ob letztere ihren Stärkegehalt herabsetzten, die Schnitttrand-Zellen dagegen ihre Stärkemenge nicht änderten. Zur Aufklärung wurde ein Versuch angestellt:

Mnium-Blätter wurden halbiert und die eine Hälfte in Alkohol geworfen; ihr Stärkegehalt blieb infolge des sofortigen Abtötens der gleiche. Die anderen Hälften kamen auf nasses Fliesspapier. Nach Ablauf von 25 Stunden ergab sich folgendes in der Tabelle aufgezeichnetes Resultat:

Datum	Blatt Nr.	Hälfte in Alkohol	Hälfte nass gehalten	
			Schnitttrand- und vereinzelte Zellen	übrige Zellen
27.IV.	1	viel	viel	deutlich weniger
27.IV.	2	viel	viel	weniger?
27.IV.	3	sehr viel	sehr viel	deutlich weniger

In Worten: Die am Schnitttrand gelegenen Zellen der feucht gehaltenen Hälfte zeigten ebensoviel Stärke, die übrigen dagegen weniger, als die Zellen des in Alkohol abgetöteten Blattes. Der Stärkegehalt der Schnitttrandzelle blieb also während der Versuchsdauer der gleiche. Die Tatsache könnte vielleicht folgendermassen erklärt werden: Durch den Schnitt verletzt, sterben die am Rande gelegenen Zellen ab. Da die Auflösung der Stärke vom Vorhandensein des funktionierenden Plasmas abhängt, unterbleibt sie in diesen Zellen. Auch in den vereinzelt im Mesophyll gelegenen Zellen, deren Stärkegehalt konstant blieb, dürfte es sich um solche mit abgestorbenem Inhalt handeln.

Wie die öfters konstatierte Abnahme der Stärke in der Mehrzahl der Zellen des feucht gehaltenen Blattes zu erklären ist, ist ungewiss. Vielleicht wird etwas Stärke veratmet. Versuche zur Klärung der Abnahme wurden nicht angestellt. Ganz unabhängig vom Ausfall etwaiger in dieser Richtung angestellter Untersuchungen bleibt die Tatsache bestehen, dass im welkenden Blatt von *Mnium* Stärke in verhältnismässig kurzer Zeit schwindet.

Regeneration der Stärke im Blatt von *Mnium*. - Es ist eine Tatsache, dass Stärkebildung am deutlichsten dort zu konstatieren ist, wo das stärkefreie Blatt Stärke bildet. Aus diesem Grunde versuchte ich die erwartete Stärkebildung bei erhöhtem Wassergehalt dort nachzuweisen, wo das gewelkte Blatt, das seine Stärke völlig gelöst hatte, auf Wasser geworfen wurde. Es musste darauf geachtet werden, dass die Moosblätter sofort, nachdem die letzten Spuren von Stärke verschwunden waren, auf Wasser kamen; denn es war immerhin möglich, dass der hohe Zuckergehalt des welken Blattes, der zur Stärke-Regeneration notwendig war, sich bei längerem Liegen des Blattes in ausgetrocknetem Zustande (vielleicht durch Atmung) verminderte (10). Trotz vieler Mühe ist es mir nicht gelungen, Regeneration der Stärke auf diese Weise nachzuweisen, wie folgende Versuche zeigen:

26. IV. und 2. VIII. 21. - 10 Blatthälften in feuchter Kammer (auf oben beschriebene Art und Weise) langsam austrocknend, nach 24 Stunden die Hälften eines Blattes stärkefrei, darnach je eine Hälfte der 4 Blätter, die übrig blieben, in Alkohol, die andere in ein mit Wasser gefülltes Uhrglas, über das eine schwarze Glocke gestülpt wurde.

Nach 24 Stunden: Nach dem Welken in Alkohol gelegte Blätter: beide male stärkefrei.

Nach dem Welken in Wasser gelegte Blätter: Einmal stärkefrei, das andere mal verschwommene Stärkekörnchen? Wie bei den mit *Tropaeolum* ausgeführten Versuchen steht auch hier der Beweis einer Erhöhung des Stärkegehaltes mit zunehmendem Wassergehalt noch aus (11).

Auch LUNDEGARDH (3) hat eine Regeneration der Stärke in gewelkten Moosblättern bei Erhöhung des Wassergehaltes (Liegen der Blätter auf nassem Papier oder in Wasser) nicht nachweisen können. Er glaubt jedoch, dass die von ihm festgestellte Tatsache, nämlich dass Moosblätter, die in einer 40%igen Traubenzuckerlösung ihre Stärke zu Zucker abgebaut hatten, in einer 10%igen Zuckerlösung wieder zur Stärkebildung schritten, ein Beweis für die Reversibilität des Stärkelösungs-Prozesses ist. Wenn auch in der 10%igen Traubenzuckerlösung sich der Wassergehalt des Blattes erhöht haben wird, so ist damit noch nicht bewiesen, dass Erhöhung des Wassergehaltes und Stärkebildung in ursächlichem Zusammenhang miteinander stehen. Die von LUNDEGARDH benutzten Moose bildeten auf 10%iger Zuckerlösung stets Stärke, auch wenn ihr Zuckergehalt kein anomal hoher (durch vorhergehenden Abbau von Stärke zu Zucker beim Welken) war. Auch turgeszente *Mnium*-Blätter schritten in niedrig prozentiger Zuckerlösung, wie noch genauer auszuführen sein wird, zur Stärkebildung. Die Stärkebildung wird hier also durch den chemischen Charakter der Lösung als der einer Zuckerlösung bedingt. Auch in dem eben zitierten Versuche ist die Stärkebildung nicht durch die Erhöhung des Wassergehaltes in der osmotisch schwächeren Lösung zu erklären, sondern durch die chemischen Eigenschaften der Zuckerlösung, umso mehr, als analoge Versuche, in denen anstelle der Zuckerlösung Salzlösungen verwandt wurden, ein durchaus negatives Ergebnis zeigten. Die Blätter bauten die Stärke zwar in einer normalen Salzlösung ab, Regeneration beim Verdünnen der Lösung blieb indes aus.

LUNDEGARDH's Versuche erregten mein Interesse auch aus dem Grunde, weil in ihnen meines Wissens zum ersten male Angaben über Stärkeschwund in konzentrierten Salz- oder Zuckerlösungen gemacht sind. Ich selbst fand unabhängig von LUNDEGARDH Stärkeschwund in Blättern, die in einer konzentrierten Zuckerlösung lagen. Geführt wurde ich zu den Untersuchungen durch die Vermutung, dass eine osmotisch starke Lösung ähnlich Wasser entziehend und dadurch Stärke lösend wirkt, wie die in Bezug auf Wasserdampf ungesättigte Luft. - Die Versuche seien anschliessend an die LUNDEGARDH's an dieser Stelle besprochen.

Verhalten von *Mnium*-Blättern in Zuckerlösung. - Methodik: Es wurde eine 1/20 normal Traubenzuckerlösung hergestellt, die in ein Uhrglas gegossen sich langsam konzentrierte und auf diese Weise dem in ihr liegenden Blatte allmählig Wasser entzog. Von einer Verdunkelung sah ich ab. Die Assimilationstätigkeit des Blattes wurde durch Aufstellen des Uhrglases an einem Ort mit schwacher Licht-Intensität so reduziert, dass sie die Versuchsergebnisse nicht störte. Nach Schluss des Versuchs wurden die Blätter in Wasser abgespült, um sie vom anhaftenden Zucker zu befreien. Der Stärkegehalt wurde mit den frischgehaltenen Blatthälften verglichen.

Ergebnisse: Eine sich nur wenig konzentrierende Zuckerlösung fördert die Stärkebildung, dagegen löst das in einer sich stark konzentrierenden Lösung liegende Blatt seine Stärke auf. Dazu folgende Tabelle:

Datum	Versuchsdauer	Hälfte in Zuckerlösung	Hälfte feucht gehalten
26.IV.	48 St. (Lösung ganz zähe)	wenig	mehr
26.IV.	"	"	"
10.VIII.	24 St. (Lösung wenig konzentriert)	schwarz von Stärke	reichlich

Den Ursachen des verschiedenen Verhaltens der Blätter in schwach und stark konzentrierter Zuckerlösung wurde nicht nachgeforscht. Ich begnügte mich mit Feststellung der Tatsachen. Diese erscheinen auch durchaus nicht unwahrscheinlich, wenn man Angaben WINKLER's (12) mit ihnen vergleicht. WINKLER findet, dass in ei-

ner 0,1 - 10%igen Traubenzuckerlösung Stärke gebildet wird, in einer 30%igen dagegen nicht.

b. Osmotische Bestimmungen.

Der Beweis, dass dem Stärkeabbau und der Zuckerzunahme beim Welken eine Erhöhung des osmotischen Druckes in den Zellen des Blattes parallel geht, ist mir nicht gelungen. Wohl ist eine Erhöhung des osmotischen Druckes beim Welken schon von manchen Autoren nachgewiesen worden (12). Es fehlen aber jede Angaben, ob in denselben Blättern beim Welken Stärke schwand. Ich versuchte nun nachzuweisen, dass im welken Blatte neben Stärkeschwund Erhöhung des osmotischen Druckes auftrat, was, wie schon erwähnt, nicht gelang. Als Ursachen für das Mislingen der angestellten Versuche kommt folgendes in Frage: Eine Stärke-Abnahme war nur dann zu konstatieren, wenn sie gross war, was wiederum starkes Welken voraussetzte. Legte ich solche ausgetrocknete Blätter, deren Stärke verschwunden war, in Kochsalzlösungen von verschiedenen Konzentrationen (ansteigend bis zu zweifach normaler Lösung), so trat nie Plasmolyse auf. Das Ausbleiben der Plasmolyse konnte nicht dadurch erklärt werden, dass die Salzlösungen eine noch ungenügende Konzentration besaßen; denn in turgeszenten Blättern trat schon bei einer Konzentration von 0,3 normal Plasmolyse auf, und eine derartige Zunahme des osmotischen Druckes (von 0,3 auf 2 n) beim Welken ist unmöglich. Ich glaubte daher darauf verzichten zu dürfen, die Blätter in noch konzentriertere Salzlösung zu legen und machte die Annahme, dass das Plasma während des Austrocknens Veränderungen erlitt, die ein Auftreten der Plasmolyse verhinderten. Gestützt wurde die Annahme durch das gänzlich veränderte Aussehen des Plasmas im ausgetrockneten Blatt. Wie schon erwähnt, wurde das Plasma beim Austrocknen des Blattes nicht abgetötet, da völlig welke Blätter, welche in Wasser gelegt wurden, im Licht assimilierten.

B. THEORETISCHER TEIL.

ABSCHNITT I: FOLGERUNGEN.

Die ersten Versuche liessen mich folgende zwei Annahmen machen:

1. Über das Verhältnis von Zucker und Stärke im abgeschnittenen Blatt.

Im abgeschnittenen Blatt sind Stärke und Zucker eine Funktion des Wassergehaltes derart, dass bei Herabsetzung des Wassergehaltes die Stärke abnimmt, die Zuckermenge steigt, bei Erhöhung des Wassergehaltes der Stärkegehalt erhöht wird, die Zuckermenge abnimmt. Das erste (Erhöhung der Zuckermenge und Abnahme der Stärke bei fallendem Wassergehalt) ergaben die Versuche eindeutig; das zweite dagegen (Abnahme von Zucker und Rückbildung von Stärke bei steigendem Wassergehalt) liess sich nicht erweisen. Wohl ergaben die mit auf Wasser schwimmenden Blättern angestellten Versuche zum Teil Abnahme des Gesamtzuckers. Die Abnahme konnte auch nicht durch Zuckeraustritt in's Wasser erklärt werden. Aber die von obiger Annahme geforderte Zunahme der Stärkemenge bei Erhöhung des Wassergehaltes blieb aus; ich konnte sogar zum Teil eine Abnahme der Stärke in den auf Wasser schwimmenden Blättern feststellen. (Die Möglichkeit einer mit der SACHS'schen Probe nicht nachweisbaren Zunahme der Stärke im feucht gehaltenen Blatt wurde schon besprochen.) Die Annahme, dass Stärke und Zucker eine Funktion des Wassergehaltes, im abgeschnittenen Blatt sind, ist daher nur zum Teil bewiesen. Bewiesen, dass bei Abnahme des Wassergehaltes Zucker- und Stärkemenge vom Wassergehalt abhängen. Der Beweis dagegen, dass bei günstigerer Versorgung mit Wasser sich diese Abhängigkeit durch Verminderung der Zuckermenge und Rückbildung von Stärke (indem der verschwindende Zucker zu Stärke wird) zeigt, steht noch aus.

2. Rohrzucker und Hexosen im abgeschnittenen Blatt.

An der im welken Blatt beobachteten Zunahme von Zucker beteiligen sich Rohrzucker und Hexosen. Es lag daher die Vermutung nahe, dass zwischen beiden Zuckern

ein bestimmtes Verhältnis besteht, und zwar so, dass bei Zunahme des Rohrzuckers auch die Hexosen ansteigen, bei Abnahme des Rohrzuckers die Menge der Hexosen herabgesetzt wird. Die Versuchsergebnisse zeigten jedoch die Unabhängigkeit beider Zuckerarten voneinander in der Weise, dass der Rohrzucker sich als Funktion des Wassergehaltes erwies, sodass er stieg und fiel wie der Wassergehalt ab- und zunahm. Die Hexosen dagegen erhöhten unabhängig vom Wassergehalt im welkenden wie in dem auf Wasser schwimmenden Blatt ihre Mengen. (Nur nach kurzfristigem Welken trat keine Zunahme auf, ebensowenig freilich eine Abnahme.) Eine Abnahme der Hexosen konnte in keinem einzigen Versuch gefunden werden.

Eine kurze Zusammenstellung möge die Unabhängigkeit beider Zuckerarten voneinander zeigen:

24-stündiges Welken:

(Versuch XV.)

Zu- und Abnahme bezogen auf Zucker-, Wasser- und Stärkegehalt d. frischen Blatthälften.

Zunahme von Rohrzucker,
Zunahme der Hexosen,
Abnahme des Wassergehaltes,
Abnahme der Stärke.

4-stündiges Welken:

(Versuch XVII)

Zunahme von Rohrzucker,
Gleichbleiben der Hexosen,
Abnahme des Wassergehaltes,
Abnahme der Stärke?

24 Stunden auf Wasser:

(Versuch XVI, XXII; bei XXII Zu- und Abnahme in Bezug auf das gewelkte Blatt).

Abnahme von Rohrzucker,
Zunahme der Hexosen,
Zunahme des Wassergehaltes,
Abnahme der Stärke?

18 Stunden auf Wasser:

(Versuch XXV: Stiele; in diesem Fall Vergleich von Zucker-, Wasser- und Stärkegehalt mit denjenigen frisch geernteter ganzer Stiele.

Abnahme von Rohrzucker,
Gleichbleiben der Hexosen,
Zunahme des Wassergehaltes,
Abnahme der Stärke? (in ihren Spreiten).

Wie die Abhängigkeit des Rohrzuckers vom Wassergehalt des Blattes zu deuten ist, ist noch unklar. Die Annahme, dass er im Blatt eine andere Funktion als die Hexosen erfüllt, ist wahrscheinlich. Dafür spricht auch die Tatsache, dass der Rohrzuckergehalt in Stiel und Spreite annähernd der gleiche ist, während die Hexosen in den Stielen die 5 - 6-fache Menge der in den Spreiten vorhandenen erreichen. Die Hexosen könnten danach als Wanderzucker in Betracht kommen, die sich bei fehlender Ableitung in Nerv und Stiel ansammeln, während der Rohrzucker in jeder Zelle gleichmässig vorhanden ist. Ich prüfte die Vorstellung durch getrennte Analyse von Nerv und Spreite und erwartete einen Einblick in das Mengenverhältnis von Rohrzucker und Hexosen in ihnen zu erhalten. Die in den Nerven enthaltenen Zuckermengen erwiesen sich jedoch als zu gering, um genau bestimmt werden zu können.

ABSCHNITT II: AUSBLICKE.

Die von mir gewonnenen Ergebnisse lassen eine Reihe von sonst einwandfreien Arbeiten verschiedener Autoren in anderem Licht erscheinen. Manche im Hinblick auf die Versuchsergebnisse gemachten Schlussfolgerungen werden zweifelhaft, da der mögliche Einfluss des Wassergehaltes auf die Art der Resultate nirgends berücksichtigt ist. Ohne nun eine exakte Erklärung der von SACHS, GAST, BROWN und MORRIS u. A. gewonnenen Ergebnisse abgeben zu wollen, soll im folgenden gezeigt werden, wie sämtliche Resultate auch anderer Deutung zugänglich sind und wie sie daher der ihnen von den Autoren zugeschriebenen Beweiskraft entbehren.

Schwinden der Stärke im Blatt. - Schon SACHS (13) beobachtete wiederholt, dass *Helianthus*-Blätter an heissen sonnigen Tagen nachmittags weniger Stärke als am Vormittag zeigten. Er schloss auf die Abhängigkeit dieser Erscheinung vom Welken und veranlasste NEGAMAT (14) das Verhalten stärkefreier gewelkter Blätter im Lichte zu untersuchen. Dieser stellte fest, dass stärkefreie Blätter, die er durch kurzfristiges Liegen in der Sonne zum Welken brachte, keine Stärke bilden. SACHS gibt folgende Erklärung des Vorganges ab: Während im turgeszenten Blatt neben Stärkebildung Stärkeabbau zu Zucker und dessen Ableitung auftritt, unterbleibt im welken Blatt infolge des durch den Wassermangel hervorgerufenen Spaltöffnungs-Schlusses (15) die assimilatorische Stärkebildung; der Stärke-Abbauprozess dagegen stockt nicht, sondern geht in gleicher Stärke vor sich, der gebildete Zucker wird abgeleitet. Diese Erklärung erscheint mir unwahrscheinlich. Es ist wohl möglich, dass, falls tatsächlich Spaltöffnungsschluss beim Welken auftrat, die weitere Stärkebildung unterblieb, und dass infolgedessen die Stärkemenge des Blattes nur verhältnismässig gering blieb. Trotzdem kann aber das Schwinden der Stärke nicht als einfache Fortsetzung des normalen Stärkeabbau-Prozesses angesprochen werden. Denn einerseits beobachtete ich öfters, dass *Tropaeolum*-Topfpflanzen, deren Blätter mässig Stärke enthielten, nach 30-stündigem Stehen im Dunkelmzimmer bei reichlicher Versorgung mit Wasser noch Stärke zeigten, andererseits, dass an heissen Tagen geerntete Blätter am frühen Nachmittage bereits keine Stärke enthielten. Daher glaube ich die von SACHS gefundene Tatsache folgendermassen erklären zu können: Die *Helianthus*-Blätter hatten unter Wassermangel gelitten und infolge dessen beschleunigt Stärke zu Zucker abgebaut, wobei der Gesamtzuckergehalt im Blatt bedeutend erhöht wurde.

In den Blättern immergrüner Pflanzen schwindet die Stärke bei niedriger Temperatur unter Erhöhung des Zuckergehaltes. SACHS wies nach, dass bei Temperaturen unter 0° in den Interzellularen Eis gebildet wird. Das Wasser dazu musste aus den Zellen ausgetreten sein. Es ist anzunehmen, dass diese Abnahme des Wassergehaltes das Verschwinden der Stärke verursacht und den hohen Zuckergehalt, wie ihn LID-FORSS (16) beobachtete, bedingt. Es ist aber ebenso nicht zu verkennen, dass der Wassermangel nicht als einzige Ursache der Stärkelösung infrage kommen kann. Die wintergrüne Pflanze kann nicht in jeder beliebigen Jahreszeit durch Abkühlung zum Lösen der Stärke gebracht werden. Der Prozess spielt sich unter den genannten Bedingungen nur im Herbst und Winter ab.

Hoher Gesamtzuckergehalt. - Bei Betrachtung der von verschiedenen Seiten ausgeführten quantitativen Zuckerbestimmungen in Laubblättern fällt der zeitweise Widerspruch der Ergebnisse auf. GAST (17) bestimmte und verglich miteinander den Zuckergehalt von Abends und den darauf folgenden Morgen geernteter Blätter. Die grosse Mehrzahl der Versuche ergab ein übereinstimmendes Resultat: Die Blätter enthielten am Morgen sehr viel weniger Stärke, kaum weniger Zucker als am Abend. Die Stärke war also in der Nacht aufgelöst und jeder Überschuss von Zucker abgeleitet worden. Ganz aus dem Rahmen der Mehrzahl der Versuchsergebnisse fielen die mit *Tropaeolum* gewonnenen. Die am Abend geernteten Blätter fielen durch hohen Zuckergehalt auf. Der Vergleich mit den am folgenden Morgen geernteten ergab, dass der Zuckergehalt in den Nachtstunden stark herabgesetzt worden war, die Stärkemenge dagegen nur eine geringe Abnahme erlitten hatte. GAST bemerkt zu diesem Versuch, dass der Erntetag ein heisser, sonniger Tag war. Es ist daher der möglicherweise durch die Wärme verursachte Wasserverlust der Blätter gewesen, der den hohen Zuckergehalt bedingte. Wassergehalts-Bestimmungen, die hier Aufklärung bringen würden, fehlen leider.

Die Versuche von BROWN und MORRIS (18) zeigen zum Teil Resultate, die nur durch Verschiedenheiten im Wassergehalt der analysierten Blätter erklärt werden können. Eine Tabelle zur Erläuterung:

Art der Kohlenhydrate.	Ernte vorm., sofort analysiert.	Ernte vorm., Anal. nach 12-stündiger Assimil. d. abg. Blätter.	Ernte nachm., sofort analysiert.
Stärke	1,23	3,91	4,59
Rohrzucker	4,65	8,85	3,86
Hexosen	3,96	7,64	0,39
darunter Dextrose	0,97	1,2	0,00
Lävulose	2,99	6,44	0,39

Ergebnis: Abgeschnittene Blätter zeigen im Gegensatz zu den an der Pflanze bleibenden nach gleicher Assimilationszeit den kleineren Stärke-, den grösseren Zuckergehalt. BROWN und MORRIS erwarteten im abgeschnittenen Blatte und damit bei unterbündener Ableitung Anhäufung des ersten Assimilationsprodukts. Anstelle der von ihnen erwarteten Anhäufung von Glucose trat die von Rohrzucker auf, der mit hin von ihnen als erstes Assimilationsprodukt angesprochen wurde. Dieser Schluss ist durchaus nicht berechtigt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die abgeschnittenen Blätter unter Wassermangel litten, was den hohen Zucker-, insbesondere den hohen Rohrzuckergehalt ohne weiteres erklären würde. Habe ich doch selbst des öfteren beobachtet, dass abgeschnittene Blätter in der Sonne, trotzdem sie in Wasser standen, leicht welkten.

Abhängigkeit der Rohrzuckermengen vom Wassergehalt des Blattes. - Wiederum ein Ergebnis von BROWN und MORRIS:

Tropaeolum majus.

Art der Kohlenhydrate.	Ernte 9 Uhr vorm., sofort analysiert	Ernte 9 Uhr abends, sofort analysiert.
Stärke	3,24	4,22
Rohrzucker	4,94	8,02
Dextrose	0,81	0,00
Lävulose	4,78	1,57
Maltose	1,21	3,62

In Worten: Die am Abend geernteten Blätter zeigen den bedeutend höheren Rohrzuckergehalt, dagegen einen niedrigeren Gehalt an Hexosen als die morgens geernteten. Auch hier liegt ein Wasserverlust der Blätter im Verlauf des Tages im Bereich der Möglichkeit. Die starke Zunahme des Rohrzuckers wäre dann durch Abnahme des Wassergehaltes erklärt.

Deutlich tritt die Abhängigkeit des Rohrzuckergehaltes vom Wassergehalt des Blattes in den von GIRARD (19) ausgeführten Analysen hervor. Er gibt folgende Tabelle:

Datum:	24. IX.	26. IX.	26. IX.
Ernte:	4 Uhr p. m.	4 Uhr a. m.	4 Uhr p. m.
Wassergehalt:	86,24%	87,62%	85,15%
Rohrzucker:	1,04%	0,6%	1,83%
Reduz. Zucker:	3,17%	2,72%	2,66%
Verhältnis von Rohrzucker zu reduzierendem Zucker:	33	22	68

Diese Zahlen zeigen deutlich die Abhängigkeit des Rohrzuckers vom Wassergehalt des Blattes, die Unabhängigkeit der Hexosen von ihm. GIRARD selbst hat den Schluss, dass die Menge des Rohrzuckers vom Wassergehalt bedingt ist nicht gezogen. - Es

soll man nicht behauptet werden, dass die Ergebnisse der Zuckergehalts-Bestimmungen so und nicht anders zu deuten sind. Die von mir gegebenen Deutungen sind mögliche. Es lag mir in der Hauptsache daran, zu zeigen, dass die Versuche nicht so zu verwenden sind, wie es geschehen ist. Es ist überhaupt ganz unmöglich, den Zuckergehalt von zu verschiedenen Zeiten geernteten Blättern miteinander zu vergleichen, um daraus Schlüsse zu ziehen, welcher Zucker als erstes Assimilationsprodukt infrage kommt, solange es nicht sicher steht, dass die Blätter annähernd gleichen Wassergehalt zeigten.

Osmotische Bestimmungen. - PRINGSHEIM (20) fand, dass an abgeschnittenen Sprossen sich die oberen, jungen Blätter auf Kosten der unteren, älteren turgeszent halten, indem sie diese aussaugen. Er stellte im einzelnen folgendes fest:

1. An abgeschnittenem Spross welken die unteren Blätter rascher.
2. Vom Spross befreite Blätter zeigen das raschere Welken der oberen.
3. Anfangs zeigen die jungen Blätter einen manchmal ein wenig höheren osmotischen Druck, manchmal den gleichen wie die älteren.
4. Waren die unteren Blätter welk, so zeigte es sich, dass der osmotische Druck in den Zellen der oberen wie der unteren Blätter zugenommen hatte, und zwar so, dass der Druck im unteren Blatt stets hinter dem des oberen zurückstand.

Ohne eine genauere Erklärung des Aussaugungsprozesses zu versuchen, soll nur darauf hingewiesen werden, dass, da junge wie ältere Blätter unter Wassermangel litten (hervorgerufen in den jungen durch starke Transpiration, in den alten durch Aussaugung von Wasser durch die jungen), die Möglichkeit vorliegt, dass die festgestellte Zunahme osmotisch wirksamer Substanz durch einen dem Wassermangel parallel gehenden Abbau von Stärke zu Zucker bewirkt wird. Die Zunahme des osmotischen Druckes in den Zellen oberer wie unterer Blätter wäre damit erklärt. Eine Schwierigkeit bildet dieser Erklärung aber die Tatsache, dass, sind die unteren Blätter völlig welk, diese trotz ihrem geringeren Wassergehalt (die oberen Blätter halten sich ja durch Aussaugen der unteren turgeszent) den niedrigeren osmotischen Druck zeigen. In ihnen müsste also weniger Stärke zu Zucker abgebaut worden sein als in den oberen, wasserreicheren Blättern. Das stände aber in Widerspruch zu der von mir festgestellten Tatsache, dass die Zuckermenge im Blatt proportional dem fallenden Wassergehalt zunimmt. Solange Angaben über das Verhalten von Stärke und Zucker in unteren und oberen Blättern noch fehlen, muss eine exakte Erklärung daher noch ausstehen. Der von HALES angestellte, von WIESNER in etwas veränderter Form wiederholte Versuch zeigt ähnliches. Jener beobachtete an einem Gabelspross, dessen eines Ende von Wasser, das andere von Luft umgeben war, völliges, bis zum Welken fortschreitendes Aussaugen des im Wasser befindlichen Zweiges. Das setzt auch hier trotz stärkerem Wassergehalt höheren osmotischen Druck voraus.

Über eine mehrfach beobachtete Regulation des osmotischen Druckes in Zellen von in Salz- oder Zuckerlösung liegenden Blattquerschnitten macht HÖFLER (21) folgende Angabe: In Zuckerlösung liegende Blattquerschnitte zeigten in den gleichen Zellen

nach 4 - 5 Stunden einen Druck von 0,572 G-M,
 " 24 " " " " 0,582 "

Auch hier kommt als Ursache der mit Wassermangel eintretenden Druck-Zunahme Abbau von Stärke zu Zucker infrage.

Zum Schluss möchte ich mich noch mit jener Theorie auseinandersetzen, die besagt, dass im Blatt Stärkebildung auftritt, sobald der Zuckergehalt eine gewisse Konzentration überschritten hat. Über die Art des Zuckers ist dabei nichts ausgesagt. In dieser allgemeinen Form ausgesprochen, wird sich die Theorie kaum aufrecht erhalten lassen. Denn im welken Blatt wird die Zuckerkonzentration durch Auflösen der Stärke gewaltig erhöht. Da im Blatt anfangs Stärke neben Zucker vorhanden war, so muss die Zucker-Konzentration die zur Stärkebildung nötige Höhe durchaus besessen haben. Erhöhung der Konzentration durch Auflösen der Stärke wäre unmöglich. Diese tritt nun aber tatsächlich auf und scheint damit für eine Unabhängigkeit der Stärkebildung von der Zucker-Konzentration zu sprechen. Vielleicht besteht obige Theorie aber trotzdem, nur in etwas veränderter Form, zu Recht.

Einmal bestände die Möglichkeit, dass zwischen Stärke und Gesamt-Zuckergehalt des Blattes tatsächlich eine Beziehung wie sie die Grenzkonzentrations-Hypothese annimmt (bei bestimmtem Zuckergehalt Auftreten von Stärke) besteht, dass aber die Zuckerkonzentration, bei welcher Stärkebildung auftritt, bei verschiedenem Wassergehalt eine andere ist, und zwar so, dass die zur Stärkebildung nötige Zuckerkonzentration mit Abnahme des Wassergehaltes zunimmt (unter Auflösung der Stärke), mit Zunahme des Wassergehaltes abnimmt (Rückbildung der Stärke). Die Erhöhung des Wassergehaltes in feucht gehaltenen Blättern brachte wohl zum Teil Abnahme des Gesamtzuckergehaltes, die Rückbildung der Stärke blieb dagegen aus. - Das andere mal wäre es möglich, dass, da vorliegende Untersuchungen die Abhängigkeit des Rohrzuckers vom Wassergehalt des Blattes ergaben und darnach der Rohrzucker eine durchaus selbständige Rolle im Kohlenhydrat-Stoffwechsel der Pflanze zu spielen scheint, das Verhältnis von Zucker und Stärke als das von Hexose und Stärke anzusprechen ist. Auch bei dieser Annahme müsste in den auf Wasser schwimmenden Blättern, da in diesen die Menge der Hexosen zunahm, Rückbildung von Stärke eintreten, die, wie erwähnt, nicht zu beobachten war. Es ist daher noch unbewiesen, ob eine der zitierten Auffassungen zutreffend ist, dagegen bewiesen, dass die in obiger Form ausgesprochene Grenzkonzentrations-Hypothese nicht ohne weiteres zutrifft.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Im welkenden Blatt von *Tropaeolum majus* tritt, in ursächlichem Zusammenhang mit der Abnahme des Wassergehaltes stehend, Schwinden der Stärke auf. Stärke wird zu Zucker abgebaut. Der Gesamtzuckergehalt steigt also, und zwar nimmt der Rohrzucker mit abnehmendem Wassergehalt stets zu, die Hexosen zeigen eine Zunahme erst nach längerem Welken.

2. Bei Steigerung des Wassergehaltes konnte eine Umkehr des Prozesses nur für den Rohrzucker nachgewiesen werden, der bei steigendem Wassergehalt abnahm, zu Hexosen gespalten wurde. Die Abnahme des Gesamtzuckers blieb meistens aus, die Zunahme der Stärke stets. Der Gesamtzuckergehalt blieb der gleiche oder zeigte in einigen Fällen eine Abnahme, deren Ursachen nicht aufgeklärt werden konnten. Die Stärke blieb gleich oder nahm an; die Abnahme kann vielleicht durch Atmung erklärt werden.

3. Die Rohrzuckermenge ist eine Funktion des Wassergehaltes: mit steigendem Wassergehalt sinkt der Rohrzuckergehalt, mit fallendem Wassergehalt nimmt er zu.

4. In Übereinstimmung mit der makroskopischen zeigte mikroskopische Beobachtung, dass auch in welkenden Moosblättern (*Mnium cuspidat.*) Stärke schwindet. Das feucht gehaltene Blatt zeigte eine geringe Abnahme des Stärkegehaltes (Atmung?). Auf Zuckerlösung schwimmende Blätter verminderten ihre Stärkemenge in stark konzentrierter Lösung, in schwächer konzentrierter dagegen wurde in den Zellen viel Stärke gebildet.

5. Man wird die Versuchsergebnisse auch auf das Verhalten der Blätter ganzer Pflanzen zurückführen können; denn einerseits ergab ein Vergleich der Rohrzuckermengen in Blättern trocken und feucht gehaltener Pflanzen den höheren Rohrzuckergehalt in den Blättern der trockenen Pflanze. Auch hier also bei kleinem Wassergehalt die grössere Rohrzuckermenge. Andererseits zeigten an heissen Tagen der Pflanze am natürlichen Standort entnommene Blätter unmittelbar nach der Ernte untersucht sehr wenig bis gar keine Stärke. Dass dieser Stärkemangel in ursächlichem Zusammenhang mit dem Welken steht, wurde schon erwähnt.

Nachtrag. - Nach Fertigstellung des Manuskripts erschien eine Arbeit von MOLISCH (22), die die Tatsache, dass beim Welken Stärke in den Blättern schwindet, bestätigt.

LITERATUR-VERWEISE UND ANMERKUNGEN.

- (1) URSPRUNG in Ber. D. bot. Ges. XXXV (1917) 9. 57. - (2) NEGER in Naturw. Ztschr. f. Land- und Forstwissensch. XIII (1915) p. 370. - (3) LUNDEGARDH in Pringsh. Jahrb. LIII (1914) p. 421. - (4) BERTRAND, Guide pour les manipulations de Chimie biologique (1913) p. 85. - (5) In den mit ungereinigtem Extrakt ausgeführten Analysen

wurden die Verunreinigungen durch Filtration entfernt. Ein Flüssigkeits-Verlust war dabei niemals zu verzeichnen. - (6) Schwammen die Blätter auf Wasser, so wurde die Zunahme des Wassergehaltes der Spreiten aus der Zunahme von Stiel und Spreite berechnet. - (7) Die Atmung der Blätter wurde nicht durch das Liegen der Unterseiten auf Wasser gehemmt, da, wie mikroskopisch festgestellt wurde, auch auf der Oberseite der Blätter reichlich Spaltöffnungen (halb soviel wie auf der Unterseite) vorhanden waren. - (8) Es soll hier kurz auf die Möglichkeit hingewiesen werden, dass die Ableitung von Zucker in Wasser von dem Wassergehaltsgefälle zwischen Spreite und Stiel bedingt ist. - (9) KYLIN, in Hoppe-Seyler's Ztschr. f. physiol. Chem. CI (1918) p. 77. - (10) Siehe Versuch IX. bei Tropaeolum. - (11) Das Ausbleiben der Regeneration bei diesen Versuchen ist nicht dadurch zu erklären, dass das Plasma der gewelkten Blätter überhaupt nicht mehr zur Stärkebildung fähig war. Ich konnte nachweisen, dass gewelkte Blätter, auf Wasser geworfen, im Licht zu assimilieren begannen. - (12) URSPRUNG und BLUM in Ber. D. bot. Gesellsch. XVI, p. 136. - (13) SACHS in Arb. Bot. Inst. Würzb. III (1884) p. 14 ff. - (14) NEGAMATZ, in Arb. Bot. Inst. Würzb. III (1884) p. 404 ff. - (15) Der Beweis, dass die Spaltöffnungen geschlossen waren, fehlt. Es ist durchaus nicht immer der Fall, dass beim Welken Spaltöffnungs-Schluss auftritt. So konnte ich bei Tropaeolum beobachten, dass rasch welkende Blätter die Spaltöffnungen offen liessen. - (16) LIDFORSS in Bot. Zentralbl. LXVIII (1896) p. 38. - (17) GAST, Quantitative Unters. über d. Kohlenhydratstoffwechsel im Laubblatt; Diss. Würzb. dazu auch: Zeitschr. f. physiol. Chem. IC (1917). - (18) BROWN & MORRIS in Journ. Chem. Soc. 1893. - (19) GIRARD, in Compt. rend. XCVII (1883) p. 1305. - (20) E. PRINGSHEIM in Pringsh. Jahrb. XLIII (1906) p. 121 ff. - (21) HÖFLER in Denkschr. Akad. Wien LXXXV, 1918. - (22) MOLISCH in Ber. D. bot. Ges. XXXIX (1921) p. 339.

Vorliegende Arbeit wurde im botan. Institut der Universität Kiel unter Leitung des Herrn Prof. Dr. SCHROEDER angefertigt. Es sei mir erlaubt, Herrn Prof. Dr. SCHROEDER für Rat und Tat, mit denen er meine Arbeit unterstützt hat, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Ueber die Harzbildung in Holz und Rinde der Koniferen. Von ANNFRIED FRANCK (Münster i. W.).

In den früheren Untersuchungen über die Sekretgänge der Pflanzen war hauptsächlich der Bau und die Entstehungsweise der Gänge behandelt worden. Erst durch TSCHIRCH's (1) eigenartige Theorie von der "resinogenen Schicht" wurde die besondere Aufmerksamkeit auf die Frage nach dem Ort der Entstehung der Sekrete und der Art und Weise ihrer Ausscheidung hingelenkt. TSCHIRCH's Theorie beruht auf der Annahme der Undurchlässigkeit wasserdurchtränkter Membranen für die mit Wasser nicht mischbaren Harze, Fette und ätherischen Öle, einer Annahme, deren Unrichtigkeit übrigens unterdessen sicher erwiesen ist (2, 3) und die TSCHIRCH selbst auch kaum mehr aufrecht erhalten dürfte. Nach TSCHIRCH sollen diejenigen Wände der Epithelzellen, welche die Höhlung der Sekretgänge begrenzen, eine Schleimschicht bilden, in der das Sekret ohne direkten Zusammenhang des Schleims mit lebendem Plasma, wenn auch aus Stoffen, welche von den Epithelzellen stammen, aufgebaut wird. Nachdem TSCHIRCH und seine Schüler eine entsprechende Schleimschicht bei zahlreichen Sekretbehältern, Drüsen und Drüsenzellen gefunden hatten, dehnte er seine Theorie auf alle Arten von Drüsen aus und bezeichnete den Schleimbeleg als "sekretogene" Schicht. Obwohl diese Angaben von botanischer Seite meist bezweifelt wurden und nirgends direkte Zustimmung fanden, waren sie doch bis vor kurzem nur einmal von

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Horn Trude

Artikel/Article: [Das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlenhydrate im Laubblatt in seiner Abhängigkeit vom Wassergehalt. 137-173](#)