Weitere Untersuchungen über die Abhängigkeit
des gegenseitigen Mengenverhältnisses der Kohlenhydrate
im Laubblatt vom Wassergehalt.

Von WALTHER AHRNS (Kiel).

I. EINLEITUNG.

Im Anschluss an die Arbeit von HORN (7) und an die vorläufige Mitteilung von SCHROEDER und HORN (15) über "das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlenhydrate im Laubblatt in seiner Abhängigkeit vom Wassergehalt" veranlasste mich Herr Prof. Dr. SCHROEDER, sowohl die hierin besprochenen als auch andere das Assimilationsproblem betreffende Fragen weiter zu behandeln.

Die Untersuchungen von SCHROEDER und HORN hatten als wesentlichste Punkte folgendes ergeben: "In dunkel gehaltenen abgeschnittenen Blättern von *Tropaeolum* schwindet beim Welken die Stärke rascher als bei gewahrter Turgeszenz. Der Hexosengehalt nimmt zu, und zwar qualitativ unabhängig vom Wassergehalt. Der Rohrzuckergehalt hingegen steigt bei Gegenwart von Stärke bei fallendem und fällt bei steigendem Wassergehalt. Fehlt Stärke, so unterbleibt die Rohrzuckerbildung, es kann alsdann auch beim Sinken des Wassergehaltes die Menge dieses Zuckers abnehmen, vielleicht zugunsten der Hexosen. Für die Maltose, deren Mengen verhältnismässig klein bleiben, konnte eine Gesetzmässigkeit nicht festgestellt werden"

Meine erste Aufgabe war nun, zu untersuchen, ob der zunächst nur für *Tropaeolum* bewiesene Satz der Abhängigkeit des gegenseitigen Mengenverhältnisses der Kohlenhydrate im Laubblatt vom Wassergehalt auch für andere Pflanzen gelte. Das Schwinden der Stärke beim Welken ist von SCHROEDER und HORN nicht nur an *Tropaeolum*-Blättern, sondern auch an Moosen beobachtet worden; letztere Beobachtung machte auch LUNDEGARDH (8). Für die Blätter einer grösseren Anzahl von Phanerogamen wurde der Stärkeschwund beim Welken weiter von NEGER (11) und MOLISCH (10) festgestellt. Es handelt sich also beim Verschwinden der Stärke im welkenden Blatt um einen verbreiteten Vorgang; eine Ausdehnung der Versuche von SCHROEDER und HORN auf andere Pflanzen war aber trotzdem nötig, um an diesen das Verhalten der Zucker beim Schwinden der Stärke zu studieren. Aus diesem Grunde habe ich zunächst Untersuchungen neben *Tropaeolum majus* weiter an *Vitis vinifera*, *Phaseolus vulgaris*, *Helianthus annuus* und *Pisum sativum* angestellt.

In detachierten mit den Stielen in Wasser tauchenden *Syringa*-Blättern beobachtete HORN auch das Verschwinden der Stärke bei intensiver Besonnung wenn Erschlaffen eintrat. Da bei den Versuchen HORNS mit belichteten Blättern aber die Untersuchung der Zucker fehlt, so war diese nachzutragen. Es war dieses von Interesse, weil nach Ansicht einiger Forscher u. a. GIRARDS (6) die Belichtung die Rohrzucker-Zunahme bewirke.

Festzustellen war ferner, ob das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlenhydrate nur im Laubblatt vom Wassergehalt abhängig sei, oder ob dies auch für andere Pflanzenorgane zutrefte. Ich stellte darum Versuche mit Blattstielen an, welche auch schon von SCHROEDER und HORN unternommen worden waren, doch haben diese bei den betreffenden Analysen die Citronensäure-Hydrolyse unterlassen, wodurch der Versuch unvollständig wird. Ausserdem wurden von SCHROEDER und HORN nur Stiele untersucht, die in Verbindung mit der Lamina gewelkt waren, dagegen nicht solche, die für sich, also ohne Verbindung mit der Lamina, dem Welkungsprozess unterworfen waren. Diese unerledigten Punkte waren also ebenfalls noch nachzuholen.

Die Untersuchung der Blattnerven wurde im Hinblick auf die Verteilung zwischen eigentliche Lamina und Nerven vorgenommen. Bei diesen Versuchen blieben die Nerven während der Verdunkelung einmal in Verbindung mit der Lamina, ein anderes

re-Inversion ergeben hatten. Betrug die Differenz beispielsweise 25 mg Cu, so wurde das Reduktionsvermögen von 1 mg Maltose zwischen 20 und 30 mg aus der Tabelle berechnet.

Angenommen, es wären bei der Salzsäure-Inversion in 20 ccm des Extraktes 70,95 mg Cu, bei der Citronensäure-Inversion dagegen 67,4 mg Cu gefunden worden, so beträgt die Differenz $70,95 \text{ mg} - 67,4 \text{ mg} = 3,55 \text{ mg Cu}$.

1 mg Glukose reduziert innerhalb der Grenzen $67,4 - 70,95 = 1,830 \text{ mg Cu}$.

0,95 mg Maltose reduzieren innerhalb der Grenzen $1 - 10 = 1,064 \text{ mg Cu}^1$.

Der Zuwachs, der 0,95 mg Maltose entspricht, beträgt $1,830 - 1,064 = 0,766 \text{ mg Kupfer}$.

Der Maltosewert für 20 ccm Extrakt berechnet sich also nach folgender Gleichung: $x : 3,55 = 0,95 : 0,766$; $x = 4,403 \text{ mg Maltose}$.

3. Hexosen. - Die Berechnung des Hexosen macht keine Schwierigkeiten. Von der Kupfermenge, die dem direkten Reduktionsvermögen des Extraktes entspricht, ist nur die durch die Maltose reduzierte Menge Kupfer in Abzug zu bringen.

4. Rohrzucker, - Der Rohrzucker berechnet sich aus der Differenz zwischen dem direkten Reduktionsvermögen des Extraktes und dem nach Citronensäure-Inversion. Es war also auch hier wie bei der Hexosen-Berechnung zunächst die durch die Maltose reduzierte Menge Kupfer abzuziehen. Von dieser Differenz konnte andererseits nicht gleich die Hexosenmenge in mg Kupfer in Abzug gebracht werden, da hier zu berücksichtigen war, dass die einer bestimmten Menge reduzierten Kupfers entsprechende Zuckermenge je nach der Gesamtzuckermenge schwankt. Es wurde daher die Zuckermenge, die dem Hexosenwert entsprach, von der Zuckermenge, die dem Kupferwert der Citronensäure-Inversion minus Maltose entsprach, abgezogen.

Der so erhaltene Invertzucker war noch mit 0,95 zu multiplizieren, um zum Rohrzucker zu gelangen, da bekanntlich 1 mg Invertzucker 0,95 mg Rohrzucker entspricht.

Des besseren Verständnisses halber bringe ich nachstehendes Zahlenbeispiel:

52,4 mg Cu	(Citronensäure-Inversion)
9,57 mg Cu	(berechnet aus 8,72 mg Maltose)
42,87 mg Cu	
19,28 mg Cu	(direkte Reduktion abzüglich Maltosenanteil)
42,87 mg Cu	= 21,4 mg Invertzucker
19,28 " "	= 9,5 " "
	11,9 mg Invertzucker
	11,9 · 0,95
	= 11,3 mg Rohrzucker.

DIE BESTIMMUNG DER STÄRKE.

Für die Ermittlung des Stärkegehaltes konnte nur ein Verfahren infrage kommen, das jegliche Verzuckerung anderer Körper ausser der Stärke ausschloss. Die Hydrolyse der Stärke durch Mineralsäuren war nicht angängig, weil dabei eine Verzuckerung anderer Stoffe, vor allem der Hemizellulosen, zu befürchten war. Das Diastase-Salzsäure-Verfahren von MÄRCKER (9) und das Hochdruck-Verfahren von REINKE (13), das infolge des starken Druckes leicht zu einer Hydrolyse von Pentosanen und Hexosanen führen kann, waren daher für meine Zwecke ungeeignet, ausserdem sind diese beiden Methoden ziemlich kompliziert. Wollte ich die Stärkebestimmungen aber immer neben den Zuckeranalysen ausführen, so musste ich mich bei der grossen Anzahl von Analysen eines einfachen Verfahrens bedienen. Alle Voraussetzungen für die Aufschliessung der Stärke im Pflanzenmaterial schienen durch das Ptyalin des Speichels erfüllt zu werden.

Ich folgte daher dem Vorgang von GAST (5), welche die Verwendbarkeit des Ptyalins zur Aufschliessung der Stärke in pflanzlichen Substanzen erst kürzlich bestätigt hat.

Durch einige orientierende Vorversuche konnte ich mich bald von der ausserordentlichen Wirksamkeit dieses Ferments überzeugen. Einige mit der Scheere fein ge-

1) Extrapolation liess sich nicht immer vermeiden, der Fehler musste in Kauf genommen werden.

schnittene *Tropaeolum*-Blätter wurden zur Entzuckerung dreimal mit je 80 ccm Wasser 5 Minuten lang gekocht. Nach dem ersten Aufkochen wurde zur Extraktion eine halbe Stunde lang, nach der zweiten eine Nacht über und nach der dritten wieder eine halbe Stunde lang stehen lassen. Das so entzuckerte Blattmaterial wurde mit 6 bis 7 ccm Speichel und ca 50 ccm Wasser versetzt, gut durchmischt und in den Thermostaten von 40° gebracht. Die Einwirkung des Speichels wurde durch Entnahme kleiner Mengen Blattschnitzel, die mit Jod-Chloralhydrat behandelt wurden, verfolgt. Nach einer Einwirkungsdauer von 8 Stunden war weder mikroskopisch noch makroskopisch Stärke nachzuweisen.

Weitere Versuche zeigten die restlose Verzuckerung der Stärke und eine Parallelanalyse lieferte den Beweis für die Genauigkeit dieser Methode durch das gute Übereinstimmen der gefundenen Werte.

Für die Parallelanalyse benützte ich wieder Blätter von *Tropaeolum majus*. Das Frischgewicht der verwendeten 5/1 Blätter betrug für die Analyse 11,35 gr, für die Kontrollanalyse 11,75 gr. Zur Entzuckerung wurden die fein geschnittenen Blätter wieder dreimal mit je 80 ccm Wasser extrahiert. Der Rückstand an Blattschnitzeln wurde mit 50 ccm Wasser übergossen, mit 8 ccm Speichel versetzt und 9 Stunden lang im Thermostaten von 40° unter öfterem Durchmischen stehen gelassen. Die aus dem Thermostaten genommene Flüssigkeit wurde durch ein Filter gegossen und der Rückstand mit ca 100 ccm Wasser 5 Minuten lang gekocht. Nach dem Abkühlen wurde die überstehende Flüssigkeit zum 1. Filtrat hinzugegeben. Die vereinigten Extrakte wurden mit Bleiessig gefällt, filtriert und das überschüssige Blei mit Natriumsulfatlösung entfernt. 20 ccm vom gereinigten Extrakt wurden mit 5 ccm 5/n Salzsäure eine halbe Stunde lang im kochenden Wasserbade invertiert, nachfolgend mit konzentrierter Sodalösung neutralisiert und die Reduktion ermittelt.

Die 5 extrahierten Blätter mit dem Frischgewicht 11,35 gr ergaben 156,273 mg Dextrose entsprechend 140,55 mg Stärke = 12,29 pro mille Stärke. Bei der Kontrollanalyse (Frischgewicht = 11,75 gr) wurden 163,60 mg Dextrose ermittelt, was 147,24 mg = 12,53 pro mille Stärke entsprach.

Die Rückstände an Blattmaterial aus beiden Analysen wurden dann nochmals mit etwas Wasser übergossen, mit 5 ccm Speichel gut durchmischt und wieder auf 3 Stunden in den Thermostaten von 40° gebracht. Nach dem Abfiltrieren und Klären des Extraktes war keine Reduktion mehr festzustellen; es war also nach 9 Stunden Einwirkungsdauer des Ptyalins die Verzuckerung eine vollkommene gewesen. - Auch bei allen andern Analysen betrug die Einwirkungsdauer des Ptyalins nie mehr als 24 Stunden. Da die angewandten Mengen an Pflanzenmaterial immer ziemlich gering waren, ist es erklärlich, dass nach dieser Zeit alle Stärke verzuckert war. Im übrigen lässt sich kein bestimmtes Schema bei der Aufschliessung der Stärke im Blattmaterial einhalten, da es nicht nur auf die Menge der Blätter, sondern auch auf den Stärkegehalt derselben ankommt. GAST (5) hat für alle Stärkebestimmungen getrocknete und dann gepulverte Blätter benützt, weil die Feinheit des verwendeten Pflanzenmaterials selbstverständlich eine Rolle bei der Einwirkung des Speichels spielt. Das Trockengewicht des von mir zu einer Bestimmung benützten Materials betrug im Durchschnitt 4 gr - bei GAST 20 gr. Bei einer so geringen Menge an fein geschnittenem Pflanzenmaterial konnte ich gegenüber dem Pulver keine wesentlich beschleunigte Einwirkung feststellen. Die bei allen Analysen verwandten Speichelmengen betragen immer 6 bis 8 ccm, die Menge des Speichels ist aber kein Mass für die darin enthaltene Enzymmenge.

DIE BESTIMMUNG DES WASSERGEHALTS.

Die Wassergehaltsbestimmungen wurden an gleich behandelten, nicht extrahierten Blättern vorgenommen, also abweichend von den Wassergehaltsbestimmungen von HORN durchgeführt, da bei diesen durch die Extraktion Trockensubstanz verloren ging. Die Ausführung der Gehaltsbestimmung geschah in folgender Weise:

Das in Streifen oder Stücke geschnittene Pflanzenmaterial wurde in einem Wägelchen gewogen und dann in der Weise getrocknet, dass es im Trockenschrank schnell auf eine Temperatur von 40° gebracht wurde, die dann etwa jede Stunde um

10 - 15° bis zur Höchstgrenze von 105° erhöht wurde. Dann wurde im Exsikkator über Chlorcalcium eine halbe Stunde erkalten gelassen und gewogen. Dieses Verfahren wurde bis zur Gewichtskonstanz wiederholt.

GANG DER ANALYSE.

Das für die Analysen mit Sorgfalt ausgewählte Pflanzenmaterial wurde nach dem Einsammeln auf einer Handwage gewogen, mit der Scheere fein geschnitten und mit 80 bis 100 ccm Wasser, dem zur Neutralisation von Pflanzensäuren etwas Baryumcarbonat zugesetzt war, 5 Minuten lang gekocht. Das Einsammeln, Wägen und Zerschneiden hatte mit möglichster Beschleunigung zu geschehen, um das Pflanzenmaterial durch das kochende Wasser schnell abtöten und um eine hydrolytische Einwirkung von Pflanzensäuren auf Di- und Polysaccharide zu verhüten. Nach dem Kochen wurde eine halbe Stunde lang zur Extraktion stehen lassen, abfiltriert, der Rückstand wieder mit 80 - 100 ccm Wasser 5 Minuten lang gekocht und eine Nacht lang extrahieren lassen. Am nächsten Morgen wurde die überstehende Flüssigkeit zum ersten Extrakt hinzugegeben und der Rückstand noch einmal 5 Minuten lang mit 80 - 100 ccm Wasser gekocht und eine halbe Stunde lang extrahieren lassen. Die vereinigten Extrakte wurden im Standzylinder gemessen; die in der Lösung anwesenden Gerbstoffe, Glycoside etc. mit Bleiessig gefällt, filtriert und das überschüssige Blei mit Natriumsulfatlösung entfernt, alles unter möglichster Vermeidung von Überschüssen. Der zur Entfernung des ausgefällten Bleisulfats nochmals filtrierte Extrakt, der immer klar war, wurde gemessen und diente zur Zuckerbestimmung nach dem BERTRANDSchen Verfahren (1). Nach dreimaligem Aufkochen und nachfolgender Extraktion war der Zucker restlos verschwunden; denn nach einem nochmaligen Aufkochen des Rückstandes mit wenig Wasser trat in diesem vierten Extrakt keine Reduktion der FEHLINGSchen Lösung mehr ein. Die weitere Behandlung des Extraktes zur Bestimmung der Hexosen, der Maltose, des Rohrzuckers und des Gesamtzuckers ist bereits im vorausgehenden besprochen worden. Um ein Heruntergehen bzw. Überschreiten der Zuckertabellen von BERTRAND zu vermeiden, musste ich mein Augenmerk auch auf die Regulierung der Konzentration des Extraktes für jede Untersuchung richten. Es kommt hierbei nicht nur auf die Menge des angewandten Pflanzenmaterials und die Menge des zur Extraktion benützten Wassers an, sondern auch auf den Zuckergehalt der Blätter, je nachdem sie am Morgen oder am Abend geerntet sind und nicht zum wenigsten auf artspezifische Unterschiede bei verschiedenen Pflanzen, z.B. Zucker- und Stärkeblätter.

Da HORN gefunden hatte, dass nur beim Vergleich von Blatthälften feinere Unterschiede zu erkennen waren, benützte ich gleichfalls die Blatthälftenmethode. Sofort nach dem Einsammeln des Blattmaterials wurden aus (angenommen 30 Blättern) die Mittelnerven herausgeschnitten. 30/2 Blätter (Kontrollhälften) wurden sofort zur Extraktion angesetzt, während die dazu gehörigen 30/2 Blätter (Versuchshälften) den Versuchsbedingungen ausgesetzt wurden. Die Versuchsanordnung war immer die gleiche. Einmal stand einer direkten Untersuchung eine solche mit dunkel und feucht gehaltenen Blatthälften, einer anderen direkten Untersuchung eine solche mit dunkel und trocken gehaltenen Blatthälften gegenüber. Die feucht gehaltenen Blätter lagen während der Versuchsdauer, es waren meistens 24 Stunden, auf einem mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegten Porzellanteller, über den eine ebenfalls mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleidete flache Glasglocke gelegt war, in der Dunkelkammer. Die trocken gehaltenen Blatthälften lagen während dieser Zeit auf einem trockenen Porzellanteller in der Dunkelkammer. Nach 24 Stunden wurden sowohl die 30 Blatthälften aus dem dunstgesättigten Raum als auch die 30 gewalkten Blatthälften mit der Scheere fein zerschnitten und extrahiert.

Diese Versuchsanordnung war in zwei Punkten abweichend von der HORNs, welche während der Versuchsdauer Mittelnerv und Stiel an den Blatthälften beließ. Bei den feucht gehaltenen Blättern tauchte der Stiel während der Versuchsdauer in Wasser. Bei meinen Versuchen wurde der Mittelnerv stets zu Versuchsbeginn herausgeschnitten, wodurch eine Abwanderung von Kohlenhydraten aus dem Blatt in den Mittelnerv und weiter in den Stiel ausgeschlossen war.

Zur Bestimmung der Stärke wurde der Rückstand an entzuckertem Pflanzenmaterial

gleich mit 7 - 8 ccm Speichel versetzt und in der bereits beschriebenen Weise behandelt

Die Wassergehaltsbestimmungen wurden stets gleichzeitig mit den Zuckeranalysen an einer aliquoten Menge Blätter, die vollkommen gleich behandelt waren, ausgeführt.

III. DIE ERGEBNISSE DER ANALYSEN.

A. An BLATTHÄLFEN (VERDUNKELT)

1. *Tropaeolum majus*.

Tropaeolum majus wurde auf Versuchsbeeten des botanischen Gartens in umfangreicher Kultur in freier sonniger Lage in mehreren Längsreihen an Reiseren gezogen. Die Blätter wurden am 4. Juli, einem warmen, sonnigen Tag, nachmittags um 6 Uhr gesammelt. Von den infolge der zahlreichen Niederschläge in den vorausgehenden Wochen sehr grossen und schön entwickelten Blättern wurden zu den Analysen nur intakte und dem Lichte gut exponierte genommen. Nach der Reinigung des Extraktes mit Bleiessig war der filtrierte Extrakt vollkommen klar und farblos.

Der Rückstand an extrahierten Blattschnitzeln, der zur Bestimmung des Stärkegehalts diente, blieb mit ca 8 ccm Speichel 24 Stunden in Berührung.

Die Resultate für *Tropaeolum* sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchsordnung
1 a	24,75	3,484	85,92	62,87	19,668	8,07	69,39	101,1	24/2 Blätter sofort analysiert
1 b	25,2	3,225	87,2	40,74	38,48	18,20	56,98	117,4	24/2 Blätter 24h dunkel u. feucht gehalten dann analysiert.
2 a	25,5	3,590	85,92	62,87	19,67	8,23	66,75	98,5	24/2 Blätter sofort analysiert
b b	20,15	4,065	79,83	3,28	40,36	2,66	100,95	149,2	24/2 Bl 24 Stund dunkel u. trocken gehalten dann analysiert.

Alle unter Stärke, Hexosen, Maltose, Rohrzucker und Gesamtzucker angeführten Zahlen beziehen sich auf 1000 g Trockensubstanz.

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,82	0,120	0,049	0,423	1	direkt
0,26	0,243	0,115	0,360	1	feucht
0,64	0,121	0,051	0,413	1	direkt
0,02	0,265	0,017	0,662	1	trocken

2. *Vitis vinifera* L.

Die Blätter von *Vitis vinifera* stammten von einem an der Südostwand eines Hauses im botanischen Garten gezogenen Stocke und wurden am 10. Juli 1922, einem mässig warmen, sonnigen Tag nachmittags 5 Uhr geschnitten.

Die Behandlung der Blätter geschah in der üblichen Weise. Beim Kochen nahmen die zerschnittenen Blätter infolge ihres Säuregehaltes Braunfärbung an. Da der beträchtliche Gehalt an Säuren sich auch bei der Bestimmung des Stärkegehaltes geltend macht, indem er, wie GAST (5) feststellte, die Wirksamkeit des Ptyalins lähmt, so wurde bei der Extraktion der Blätter von *Vitis vinifera* zur Neutralisation mehr Baryumcarbonat zugegeben als sonst, und der Extrakt auf seine Reaktion geprüft.

Die Einwirkung des Ptyalins (8 ccm Speichel) war nach 20 Stunden vollkommen. die Analysen ergaben folgende Resultate:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchsordnung
3 a	24,75	3,485	85,92	62,87	19,66	8,07	69,39	101,1	24/1 Blätter sofort extrahiert
3 b.	25,2	3,225	87,2	40,74	38,48	18,20	56,98	117,4	24/2 Blätter 24 Stund. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert.
4 a.	25,5	3,590	85,92	62,87	19,67	8,23	66,75	98,5	24/2 Blätter sofort analysiert
4 b.	20,15	4,065	79,83	3,28	40,36	2,66	100,95	149,2	24/2

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,67	0,122	0,257	0,197	1	direkt
0,18	0,364	0,308	0,157	1	feucht
0,64	0,124	0,267	0,197	1	direkt
0,07	0,382	0,162	0,371	1	trocken

Das Vorkommen von Rohrzucker im Weinlaub ist von DELEANO (4) in Abrede gestellt worden. Ich fand, wie aus obiger Tabelle ersichtlich, im Blatt von *Vitis vinifera* ziemlich beträchtliche Mengen von Rohrzucker, desgleichen auch GAST (5), die eingehende Untersuchungen über das Vorkommen der Saccharose im Weinblatt anstellte. Die Abwesenheit des Rohrzuckers in den von DELEANO untersuchten Weinblättern führt GAST u. a. auf die ungeeignete Vorbehandlung des Materials zurück.

3. *Phaseolus vulgaris*.

Das zur Untersuchung benützte Material stammte aus umfangreicher Kultur auf einem Versuchsbeet. Die Blätter, grosse, ausgewachsene Exemplare, wurden am 17. Juli nachmittags 5 Uhr 30 Min. geschnitten. Der Tag war mässig warm, der Himmel

zeitweise bewölkt. Zu einer Analyse wurden 22/2 Blätter benützt.

Zur Stärkebestimmung wurden 8 ccm Speichel verwendet; nach 15 - 20 Stunden war keine Stärke mehr nachzuweisen. Die Analysen ergaben folgende Daten:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchs-anordnung
5 a	16,4	3,36	79,51	128,1	4,56	11,66	20,58	38,49	22/2 Blätter sofort analysiert
5 b.	17,14	3,139	81,09	30,24	43,59	22,22	60,97	130,6	22/2 Blätter 24 St. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert.
6 a	15,26	3,126	79,51	128,1	6,05	11,33	19,77	38,47	22/2 Blätter sofort analysiert
6 b.	11,2	3,322	70,36	12,82	17,64	18,22	75,32	115,9	22/2 Blätter 24 St. dunkel und trocken gehalten, dann analysiert.

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,76	0,028	0,070	0,123	1	direkt
0,19	0,271	0,138	0,379	1	feucht
0,76	0,036	0,068	0,119	1	direkt
0,10	0,137	0,141	0,585	1	trocken

PERREY (12) hat anlässlich einer Untersuchung von *Phaseolus* in der Zeit vom 29. Juni bis 29. Juli keine Spur von reduzierendem Zucker in den Blättern finden können, hingegen stets grössere Mengen von Saccharose. Aus meinen oben angeführten Analysenergebnissen ist ebenfalls klar ersichtlich, dass Rohrzucker sich bei direkt analysierten Blättern in reichlicher Menge vorfindet, während der Hexosengehalt ziemlich gering bleibt. Das gänzliche Fehlen der Hexosen, wie PERREY es in den angegebenen Zeit festgestellt haben will, muss jedoch einigermaßen merkwürdig erscheinen. Auf Grund seiner Resultate kommt PERREY zu dem Schluss, dass Saccharose der zuerst gebildete Zucker sei und fasst die als "Glucose" bezeichneten direkt reduzierenden Zucker, die er zu anderer Zeit fand, als Hydrolyseprodukte der Saccharose auf; hierauf komme ich später bei der Zusammenfassung meiner Ergebnisse noch zurück.

4. *Helianthus annuus*.

Von zwei gut entwickelten Pflanzen, die direkter Sonnenbeleuchtung ausgesetzt waren, wurden am 19. Juli nachmittags 5 Uhr 30 Min. je 2 Blätter geerntet. Es genügten zu einer Analyse 2/2 Blätter. Der Tag war warm und sonnig.

Zur Bestimmung der Stärke wurden 8 ccm Speichel benützt. Nach 20-stündiger Einwirkungsdauer des Ptyalins war der letzte Rest Stärke entfernt.

Die Ergebnisse der Untersuchung siehe aus folgender Tabelle:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamt zucker o/oo	Versuchsordnung
7 a	18,25	2,781	84,77	41,42	16,35	19,90	14,64	52,49	2/2 Blätter sofort analysiert
7 b.	18,7	2,615	86,01	16,20	30,15	11,25	12,56	54,85	2/2 Blätter 24 h dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert
8 a	18,31	2,790	84,77	41,27	16,15	20,35	14,59	52,47	2/2 Blätter sofort analysiert
8 b.	11,18	2,535	88,32		47,64	9,57	26,98	85,45	2/2 Blätter 24 h dunkel u. trocken gehalten, dann analysiert.

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,44	0,174	0,213	0,156	1	direkt
0,23	0,424	0,159	0,176	1	feucht
0,44	0,173	0,217	0,156	1	direkt
-	0,557	0,112	0,316	1	trocken

5. *Pisum sativum*.

Von *Pisum sativum* stand an Reiserh gezogenes Material, das auf Versuchsbeeten, die frei gelegen, dem direkten Sonnenlicht zugänglich waren, in reichlicher Menge zur Verfügung. Die Blätter wurden am 25. Juli 1922, einem trübem regnerischen Tag, nachmittags 4 Uhr gesammelt. Von dem üblichen Analysengang wich ich bei insofern ab, als ich die verhältnismässig kleinen Blätter nicht halbierte, sondern von den paarigen Fiederblättchen der Erbse immer das eine zur Serie a (Kontrollhälften), das andere zur Serie b (Versuchshälften) legte. Zu einer Analyse bedurfte ich 26/1 Blätter.

7 ccm Speichel hatten nach einer Einwirkungsdauer von 24 Stunden die gesamte Menge Stärke verzuckert.

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,25	0,112	0,259	0,353	1	direkt
0,19	0,208	0,263	0,306	1	feucht
0,22	0,106	0,286	0,365	1	direkt
0,07	0,232	0,206	0,453	1	trocken

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Malto- se o/oo	Rohr- zucker o/oo	Gesamt zucker o/oo	Versuchs-anordnung
9 a	12,5	2,168	82,65	40,65	18,54	42,74	58,40	124,9	25 Blätter sofort analysiert
9. b.	13,4	2,115	84,22	30,65	32,85	41,53	48,42	127,4	25 Blätter 24 St. feucht u. dunkel gehalten, dann analysiert
10 a	10,55	1,830	82,65	40,32	19,48	52,77	67,17	143,6	25 Blätter sofort analysiert
10 b.	8,1	1,807	77,69	13,09	43,72	37,88	83,13	170,4	25 Blätter 24 St. trocken u. dunkel gehalten, dann analysiert

B. BELICHTETE BLATTHÄLFEN VON

Tropaeolum majus.

Die Versuchsanordnung bei der Analyse mit belichteten Blatthälften von *Tropaeolum majus* war die gleiche wie mit dunkel gehaltenen. Die Kontrollhälften wurden sofort analysiert, die Versuchshälften dagegen nach 8-stündiger Belichtung zur Extraktion angesetzt. Die der Belichtung ausgesetzten Blatthälften lagen auf einem trockenen Porzellanteller bzw. auf einem mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegten Teller unter einer Glasglocke. Die Blätter wurden am 8. August 1922 vormittags 10 Uhr geerntet; die Versuchshälften am selben Tag Nachmittags um 6 Uhr analysiert. Es war ein warmer, trüber und regnerischer Tag.

Zur Stärkebestimmung benützte ich 7 ccm Speichel. Nach 24-stündiger Einwirkung im entzuckerten Material war die Stärke restlos verschwunden. Nachstehende Tabelle bringt die gefundenen Werte:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Malto- se o/oo	Rohr- zucker o/oo	Gesamt zucker o/oo	Versuchs-anordnung
11 a	12,00	2,20	81,67	46,59	27,32	19,00	38,45	85,41	15/2 Blätter sofort analysiert
11 b.	11,64	2,043	82,45	16,81	48,26	20,63	54,96	127,7	15/2 Blätter 8 h hell u. feucht gehalten, dann analysiert.
12 a.	12,25	2,246	81,67	46,59	29,25	16,84	37,28	85,63	15/2 Blätter sofort analysiert
12 b.	9,22	2,133	76,86	0	36,22	29,95	60,32	130,9	15/2 Blätter 8 h hell u. trocken gehalten, dann analysiert.

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,353	0,207	0,143	0,291	1	direkt
0,116	0,334	0,143	0,380	1	feucht
0,353	0,221	0,128	0,282	1	direkt
	0,277	0,228	0,461	1	trocken

C. ANALYSENERGEBNISSE AN VERDUNKELTEN BLATTSTIELEN VON

Tropaeolum majus.

1. In Verbindung mit der Lamina.

Für die Untersuchung der Blattstiele schien *Tropaeolum majus* am geeignetsten, einmal wegen der langen Blattstiele, zum andern weil HORN bereits einen Vorversuch hiermit angestellt hatte und ein Vergleich mit den vorliegenden Untersuchungen über dieses Objekt wünschenswert erschien. Zu einer Analyse wurden jeweils 30 Blattstiele verwendet. Diese blieben während der Verdunkelung in Verbindung mit der Lamina, wurden erst danach abgeschnitten und für sich analysiert. Die Blattstiele, am 3. August 1922 nachmittags 5,45 geerntet, wurden etwa 20 cm unter der Blattspreite abgeschnitten. Der Tag war warm und sonnig und brachte in den Mittagstunden Gewitterregen. Das Trocknen nahm naturgemäss bei den reichlich Wasser führenden Stielen mehr Zeit inanspruch als das der Blätter. - Die Verzuckerung der Stärke (8 ccm Speichel) war nach 20 Stunden vollkommen. - Im folgenden die Zusammenstellung der Ergebnisse.

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchsordnung
13 a.	97,1	7,207	92,58	20,44	287,4	-	28,58	321,1	30 Stiele sofort analysiert
13 b.	87,5	5,913	93,24	11,13	382,3	-	28,51	414,5	30 Stiele 24 St. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert
13 c.	97,0	7,376	92,39	10,21	394,1	-	25,38	420,8	30 Stiele 24 St. dunkel u. trocken gehalten, dann analysiert

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,06	0,847	-	0,083	1	direkt
0,026	0,898	-	0,067	1	feucht
0,023	0,914	-	0,059	1	trocken

2. Blattstiele ohne Verbindung mit der Lamina.

Die Vorbehandlung der Blattstiele, die während der Verdunkelung ohne Verbindung mit der Lamina lagen, war die gleiche wie bei dem vorhergehenden Versuch. Da aber nach 24-stündigem Feucht- bzw. Trockenliegen weder eine wesentliche Zu- noch Abnahme des Wassergehaltes eingetreten war, was die geringen Schwankungen des Wassergehaltes im Versuch nr. 13 zeigen, so wurden dieses mal die Stiele 48 Stunden in der Dunkelkammer belassen. Wegen der enormen Mengen Zucker in den Stielen war in dem vorhergehenden Versuch eine Verdünnung des Extrakts mit Wasser nötig, da nach dem Kochen mit FEHLINGScher Lösung die überstehende Flüssigkeit nicht mehr blau gefärbt war, was eine zu starke Konzentration der Zuckerlösung erkennen liess. Es genügten deshalb bei diesem Versuch jeweils 10 Stiele von ca. 20 cm Länge zur Extraktion. Sie wurden am 10. August 1922 nachm. 4,30 geerntet. Es war ein warmer, sonniger Tag. - Eine Speichelmenge von 7 ccm war ausreichend, um nach 20 Stunden keine Stärke mehr erkennen zu lassen. - Es ergaben sich folgende Werte:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchsordnung
14 a.	29,56	1,983	93,29	21,66	287,7	-	27,01	316,4	10 Stiele sofort analysiert
14 b.	27,82	1,628	94,15	13,77	327,3	-	20,13	348,4	10 Stiele 48 St. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert.
14 c.	26,42	1,949	92,62	9,24	320,4	-	31,95	354,0	10 Stiele 48 St. dunkel u. trocken geh., dann analysiert

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,064	0,851	-	0,080	1	direkt
0,038	0,903	-	0,055	1	feucht
0,025	0,882	-	0,088	1	trocken

D. ERGEBNISSE MIT VERDUNKELTEN BLATTNERVEN VON *HELIANTHUS ANNUUS*.

1. Nerven in Verbindung mit der Lamina.

Man kann die Blattspreite nicht gut als gleichartiges Ganzes behandeln, wie es in den bisherigen Versuchen geschehen ist, da man zum mindesten zwischen den Nerven und dem Rest der Lamina zu unterscheiden hat. Für "Lokalisationsuntersuchungen", wie die der Nerven, war es nötig, als Ausgangsmaterial Blätter mit starker Nervatur zu nehmen. Als geeignetes Objekt konnte *Helianthus annuus* angesprochen werden. Während der Verdunkelung blieben die Nerven einmal in Verbindung mit der Lamina, zum andern wurden sie gleich nach der Ernte der Blätter herausgeschnitten und für sich allein ins Dunkelzimmer gebracht. Da ein deutliches Anwelken der Nerven nach 24 Stunden nicht erkennbar war, blieben sie 48 Stunden trocken liegen; die feucht gehaltenen Nerven blieben dann gleichfalls 48 Stunden im Dunkelzimmer. Zur Untersuchung wurden der Hauptnerv und die stärkeren Seitenerven benützt; die feineren Nerven blieben unberücksichtigt. Von einem Blatt genügten jene zu einer Analyse. Die Blätter wurden am 22. August 1922 nachm. 3,30 geschnitten. Der Tag war mässig warm, der Himmel zeitweise bewölkt.

Dieser Versuch ist nur mit Vorbehalt zu benützen, da bei ihm die Wassergehaltsbestimmung ausgelassen wurde; es wurde der Wassergehalt der während der Verdunkelung isoliert gelegenen Nerven und Spreiten diesem Versuche zugrunde gelegt. Mit dem Fehler in der Wassergehaltsbestimmung werden aber die Werte für die verschiedenen Zucker, die bezogen sind auf die mit Hilfe des Wassergehaltes errechnete Trockensubstanz, unsicher.

Der entzuckerte Rückstand diente zur Ermittlung des Stärkegehaltes, es blieb mit 8 ccm Speichel 2 Tage in Berührung. - Die Resultate sind folgende:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Malto-se o/oo	Rohr-zucker o/oo	Gesamt-zucker o/oo	Versuchs-anordnung
15 a.	24,45	5,137	78,99	42,33	13,02	21,68	12,46	48,43	Blatt sofort analysiert
15 b.	27,75	3,333	87,89	3,95	222,4	-	57,26	283,8	Nerven sofort analysiert
16 a.	25,85	5,187	79,95	16,12	-	18,88	2,75	22,06	Blatt 48 Stund. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert
16 b.	14,1	1,362	90,34	-	188,00	-	25,13	213,7	Nerven 48 Stund. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert
17 a.	15,05	5,319	64,66	-	-	20,52	12,99	34,89	Blatt 48 Stund. dunkel u. trocken gehalten, dann analysiert
17 b.	10,46	1,812	82,67	-	203,1	-	48,08	253,1	Nerven 49 Stund. dunkel u. trocken gehalten, dann analysiert.

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,466	0,143	0,239	0,137	1	Blatt direkt
0,013	0,773	-	0,199	1	Nerven direkt
0,422	-	0,494	0,072	1	Blatt feucht
-	0,880	-	0,117	1	Nerven feucht
-	-	0,588	0,372	1	Blatt trocken
-	0,803	-	0,190	1	Nerven trocken

2. Nerven ohne Verbindung mit der Lamina.

Die Ernte der Blätter wurde am 20. August 1922 nachmittags 3 Uhr 30 Min. vorgenommen; es herrschte trübes, regnerisches Wetter an diesem Tage. Wie bereits erwähnt, lagen Nerven und der Rest der Lamina im Dunkelzimmer getrennt, sodass eine Abwanderung von Kohlenhydraten aus dem Blatt in die Nerven nicht eintreten konnte.

Zur Stärkebestimmung wurden wiederum 8 ccm Speichel benützt, die 24 Stunden mit dem Pflanzenmaterial in Berührung blieben. - Ergebnisse der Untersuchung:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchsanordnung
18 a.	24,45	5,137	78,99	42,33	13,02	21,68	12,46	48,43	Blatt sofort analysiert
18 b.	26,1	5,232	79,95	3,83	24,61	49,72	13,60	90,43	Blatt 40 Stund. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert
18 c.	14,6	5,16	64,66	-	14,34	41,55	33,62	92,78	Blatt 40 Stund. dunkel und trocken gehalten, dann analysiert
19 a.	27,75	3,333	87,89	3,95	222,4	-	57,26	283,8	Nerven sofort analysiert
19 b.	21,95	2,12	90,34	-	238,8	-	39,08	267,6	Nerven 40 Stund. dunkel u. feucht gehalten, dann analysiert
19 c.	16,7	2,894	82,67	-	179,7	-	84,07	267,6	Nerven 40 Stund. dunkel und trocken gehalten, dann analysiert.

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,466	0,143	0,239	0,138	1	Blatt direkt
0,041	0,260	0,527	0,143	1	" feucht
-	0,155	0,447	0,362	1	" trocken
0,014	0,772	-	0,199	1	Nerven direkt
-	0,855	-	0,140	1	" feucht
-	0,672	-	0,314	1	" trocken

E. ERGEBNISSE AN BLÄTTERN IN VERBINDUNG MIT DER PFLANZE,

1. *Tropaeolum majus*.

Um die Frage zu beantworten, ob die an isolierten Blättern gewonnenen Befunde auf solche übertragen werden dürfen, die mit der Pflanze in natürlichem Zusammenhang stehen, haben auch schon SCHROEDER und HORN einen, wenn auch nicht abschliessenden, Versuch unternommen. Ich setzte diese Versuche fort, gelangte jedoch bei dem ersten Versuchsobjekt, einer Topfpflanze von *Tropaeolum majus*, ebenfalls nicht völlig zum Ziel. Wenn dieser Versuch also nicht als entscheidend angesehen werden kann, da die Versuchsanordnung, die nicht ganz einfach war, unter verschiedenen Mängeln litt, so spricht er im allgemeinen doch nicht gegen die früheren Ergebnisse. Spätere, an Topfpflanzen von *Phaseolus* unternommene Versuche haben die an detachierten Blättern gewonnenen Befunde voll bestätigt. Die Versuche mit *Tropaeolum* wurden in folgender Weise angestellt:

Eine Topfpflanze von *Tropaeolum majus* wurde 2 Tage lang nicht begossen. Am 26. Juni 1922, Nachm. 5 Uhr, wurde sie dunkel gestellt und blieb auch während der Nacht ohne Wasser. Am nächsten Morgen um 7 Uhr, also nach 14-stündigem Verweilen im Dunkelzimmer, wurden 12/1 Blätter geerntet und sofort analysiert. Die Pflanze wurde dann ins Freie gebracht, kräftig begossen, in eine flache Schale mit Wasser gestellt und über sie eine grosse, oben mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossene Glasglocke gesetzt, die zur Hälfte mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleidet war. Durch die Glasglocke wurde der Pflanze ein feuchter Luftstrom mittels eines Gasometers in der Weise zugeführt, dass dieser durch ein zum Teil mit feuchter Watte angefülltes U-Rohr und dann durch eine Glasröhre, die bis nahezu auf den Boden des Topfes reichte, geleitet wurde; ein zweites rechtwinklig gebogenes Rohr gestattete den Austritt des Luftstromes. Nachmittags um 3 Uhr, also nach 8-stündiger Bewässerung und Belichtung, wurden 12/1 Blätter geschnitten und sofort analysiert.

Mit einem zweiten Topfexemplar ging der Prozess in der Reihenfolge vor sich, dass die Pflanze an Tage trocken gehalten und der Luftstrom dabei durch ein mit Chlorcalcium gefülltes U-Rohr geleitet wurde. Nach der Ernte von 12/1 Blättern erhielt die Pflanze dann während der Nacht starke Wasserzufuhr. Am nächsten Morgen trat beim Abschneiden der Blätter reichlich Saft aus den Stielen heraus, was auf einen hohen Wassergehalt schliessen liess.

Die Einwirkung des Ptyalins (8 ccm Speichel) war nach 20 Stunden vollkommen. Die Ergebnisse sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchsordnung
20 a	11,65	1,424	87,78	54,8	28,9	8,1	29,1	67,7	Nachts trocken gehalten dann analysiert
20 b	15,27	1,258	91,85	65,4	48,6	18,5	39,6	109,4	Tags feucht gehalten, dann analysiert
21 a	14,32	2,059	85,62	59,4	37,0	10,6	38,8	90,0	Tags trocken gehalten, dann analysiert
21 b	15,27	1,659	89,14	56,3	38,6	16,2	20,1	76,1	Nachts feucht gehalten, dann analysiert

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamt Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,447	0,236	0,066	0,238	1	nachts trocken
0,374	0,278	0,106	0,226	1	tags feucht
0,400	0,247	0,071	0,260	1	tags trocken
0,425	0,291	0,122	0,152	1	nachts feucht

2. *Phaseolus vulgaris*.

Da die Behandlung der Topfpflanzen im letzten Versuch unvollkommen war, wurde mit Topfexemplaren von *Phaseolus* in anderer, einfacherer Weise vorgegangen. Von zwei Topfexemplaren wurde das eine 7 Tage lang intensiv bewässert, während das andere in der gleichen Zeit ohne Wasser blieb. Beide Pflanzen standen während dieser Zeit nebeneinander in einem Gewächshause und waren daher den gleichen Licht- und Temperaturbedingungen ausgesetzt. Von beiden Topfpflanzen wurden darauf je 15/1-Blätter gleichzeitig am 24. August 1922, Nachm. 4,30 geschnitten und sofort analysiert.

Zur Stärkebestimmung wurden 8 ccm Speichel benützt; nach 20 Stunden war keine Stärke mehr nachzuweisen. Die Analysen ergaben folgende Resultate:

Vers. nr	Frisch gew. gr	Trock. gew. gr	Wasser geh. o/o	Stärke o/oo	Hexosen o/oo	Maltose o/oo	Rohrzucker o/oo	Gesamtzucker o/oo	Versuchsordnung
22 a	21,5	3,267	84,81	122,0	2,42	22,17	18,30	44,64	7 Tage lang intensiv bewässert, dann analysiert
22 b	16,5	3,877	76,5	103,5	3,08	14,52	21,40	40,73	7 Tage lang nicht begossen, dann analysiert

Verhältnis von:

Stärke	Hexosen	Maltose	Rehrzucker	Gesamt-Kohlenhydratmenge	Behandlung
0,732	0,015	0,137	0,109	1	intensiv bewässert
0,717	0,021	0,101	0,148	1	nicht bewässert

IV. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.

Beim Überblicken der gewonnenen Resultate habe ich mich aus Zweckmässigkeitsgründen von dem Gedanken leiten lassen, nicht jede Analyse für sich, sondern alle Analysenergebnisse zusammenfassend nach den einzelnen Zuckerarten einer Beurteilung zu unterziehen.

Der Hexosengehalt.

Der besseren Übersicht halber bringe ich auf den nächsten Seiten eine Zusammenstellung aller Analysenergebnisse. Da die Hexosen nicht weiter zerlegt wurden, müssen sie als Einheit behandelt werden.

Zunächst einige Worte über den Hexosengehalt in den sofort analysierten Blättern, die immer in den Nachmittagstunden geerntet wurden. Wir sehen, dass gerade die Zucker, in denen man vielfach die primären vermutet, zur Zeit stärkster Assimilation nur bescheidenen Anteil am Gesamtzucker haben. Nachstehende Tabelle orientiert und über das Verhältnis der Hexosen zum Gesamtzucker.

Pflanze	Ernte	Hexosen	Gesamtzucker
<i>Tropaeolum majus</i>	6 h pm.	1	5,15
<i>Vitis vinifera</i>	5 h pm.	1	4,91
<i>Phaseolus vulgaris</i>	5,30 h pm.	1	8,44
<i>Helianthus annuus</i>	5,30 h pm.	1	3,22
<i>Pisum sativum</i>	4,15 h pm.	1	6,74

Im Höchstfall, nämlich bei *Helianthus annuus*, beträgt der Anteil der Hexosen nicht einmal $\frac{1}{3}$ und bei *Phaseolus vulgaris* sogar kaum $\frac{1}{8}$ der ganzen Zuckermenge. Auch BROWN und MORRIS (2) haben das deutliche Überwiegen der Disaccharide zur Zeit der stärksten Assimilation festgestellt; ebenfalls hat GAST (5) diese Beobachtung gemacht.

Ohne Ausnahme war bei allen Versuchen, sowohl mit Blatthälften wie Blattstielen und Blattnerven immer eine Steigerung, oft sogar eine erhebliche, des Hexosengehaltes zu verzeichnen, wenn das Pflanzermaterial stärkehaltig war und es nach dem Abschneiden sofort verdunkelt wurde; das gleiche trifft auch für den Versuch nr. 11 und 12 zu, wo die Blatthälften der Belichtung ausgesetzt waren. Dieses Verhalten der verdunkelten Blätter haben auch BROWN und MORRIS seinerzeit gefunden. Bei den Versuchen mit verdunkelten Blatthälften erreichte mit Ausnahme der Analyse von *Phaseolus* (nr. 5 und 6) die Zunahme in den welkenden Blättern stets einen höheren Wert als in den feucht gehaltenen. Diese grössere Zunahme des Hexosengehaltes für die feucht gehaltenen Blatthälften steht vielleicht mit dem hohen Stärkegehalt der Bohne im Zusammenhang. MOLISCH (10) hat bei einem Versuch mit *Tropaeolum* in den turgeszenten Blättern ein höheres direktes Reduktionsvermögen gefunden; es hat allerdings das Ausgangsmaterial nicht untersucht und den Extrakt nicht gereinigt, wie er auch eine Trennung von Hexosen und Maltose unter-

lassen hat. Es wäre möglich, dass das Unterlassen einer Trennung von Hexosen und Maltose ausschlaggebend für dieses Analyseergebnis gewesen ist; denn ich finde ebenfalls, wenn ich Hexosen und Maltose als Einheit nehme, die höhere Zunahme in den ersten 3 Versuchen bei den turgeszenten Blättern. Die Versuchsanordnung bei MOLISCH war jedenfalls die gleiche wie bei meinen Analysen, wo die stiellosen Blätter im dunstgesättigten Raum gehalten wurden; sie stand aber im Gegensatz zu den Versuchen von SCHROEDER und HORN, bei welchen das Material mit eintauchenden Stielen auf Wasser schwamm. Die ca. 1 cm langen Stielstümpfe, die während des Versuches mit der Lamina in Verbindung waren, wurden erst vor der Analyse abgeschnitten; es konnte unterdessen wohl eine Abwanderung der Hexosen aus dem Blatt in den Stiel eingetreten sein.

Meine Versuche ergaben also bei gleicher Methodik wie die von MOLISCH einen höheren Wert an Hexosen in den welkenden Blättern.

In den Stielen abgeschnittener Blätter wächst im Dunkeln der Gehalt an direkt reduzierenden Zuckern (Hexosen) ebenso wie in den Spreiten. Bei den Stielen, die während des Versuches mit der Lamina in Verbindung blieben, ist die Zunahme bei dem trocken gehaltenen Material grösser als bei dem nass gehaltenen; hier ist die Zunahme an Hexosen auch besonders auffallend; was wohl mit der Wanderung der Hexosen aus dem Blatt in den Stiel zu erklären ist. Der ausserordentlich hohe Hexosengehalt in den sofort analysierten Stielen, der 289,4 pro mille betrug, hatte sich bei den gewelkten noch auf 394,1 pro mille der Trockensubstanz erhöht. Eine stärkere Zunahme des feucht gehaltenen Materials gegenüber dem trocken gehaltenen beobachteten wir indessen wieder bei den Stielen, die während des Versuches ohne Verbindung mit der Lamina blieben.

Auffallend sind die Versuche nr. 15 - 17 mit Blattnerven, die in Verbindung mit dem Blatt blieben. Bei diesen Versuchen wurden weder in den nass, noch in den trocken gehaltenen Blättern nach der Dunkelperiode Hexosen gefunden; die gesamte Hexosenmenge muss also während des Versuches in die Nerven gewandert sein, und zwar finden wir die stärkere Zunahme an Hexosen in den trocken gehaltenen Nerven.

Sowohl eine höhere prozentuale Zunahme der Hexosen in dem nass gehaltenen Blatt als auch in den dazu gehörigen Nerven gegenüber den trocken gehaltenen zeigen uns die Versuche nr. 18 und 19, bei denen die Nerven und der Rest der Lamina isoliert im Dunkelzimmer lagen.

Im letzten Versuch mit Blättern, die in Verbindung mit der Pflanze standen, zeigen die Blätter (einschliesslich der Nerven) bei der 7 Tage lang nicht begossenen Pflanze einen höheren Gehalt an Hexosen als die intensiv bewässerte Topfpflanze.

Der Maltosegehalt.

Für die Maltose, welche in wechselnder Menge in den sofort analysierten Blättern der verschiedenen Pflanzen auftritt, konnte ebenfalls eine Gesetzmässigkeit festgestellt werden.

Bei allen Versuchen mit verdunkelten, trocken gehaltenen Blatthälften trat nämlich, mit Ausnahme des Versuches nr. 5 - 6 mit *Phaseolus*, eine Abnahme des Maltosegehaltes ein.

Die dunkel und feucht gehaltenen Blatthälften von *Tropaeolum*, *Vitis* und *Phaseolus* wiesen eine Zunahme, die von *Helianthus* eine Abnahme auf, während der Maltosegehalt der feucht gehaltenen *Pisum*-Blätter etwa der gleiche geblieben war. Besonders grosse Schwankungen weist der Maltosegehalt im allgemeinen nicht auf; seine Menge bleibt in den sofort, als auch in den erst nach dem Versuch analysierten Blättern ziemlich unverändert. Bei den belichteten Blatthälften von *Tropaeolum* beobachten wir gleicherweise in den feucht, wie auch in den trocken gehaltenen Blättern eine Steigerung des Maltosegehaltes.

Bemerkenswert ist das gänzliche Fehlen der Maltose sowohl in den Blattstielen als auch in den Blattnerven. Die Abwesenheit der Maltose finden wir gleicherweise in dem sofort als auch in dem erst nach der Verdunkelung analysierten Material, gleichgiltig, ob die Stiele bzw. Nerven mit der Lamina in Verbindung waren oder nicht. Nach diesen Befunden scheint mit der Beweis dafür erbracht, dass Maltose, wenigstens in dem von mir untersuchten Material (Stiele von *Tropaeolum* und Nerven

von *Helianthus*) nicht als Wanderungsstoff auftritt.

Von den in Verbindung mit der Pflanze verbliebenen Blättern wiesen die von dem nicht bewässerten Topfexemplar einen geringeren Gehalt an Maltose auf als die von dem intensiv begossenen.

Nach diesen Analysenbefunden wäre es möglich, dass auch die Maltosemenge vom Wassergehalt abhängig wäre. Ich glaube die Ergebnisse dahin zusammenfassen zu können, dass bei Abnahme des Wassergehaltes, in den trocken gehaltenen Blättern und bei der nicht bewässerten Topfpflanze, auch die Maltosemenge abnimmt, dass in den Leitungsbahnen, den Nerven und Stielen von *Tropaeolum* und *Helianthus*, die Maltose jedoch gänzlich fehlt.

Der Rohrzuckergehalt.

Die mit detachierten Blättern angestellten Versuche ergaben mit aller Schärfe, dass der Rohrzuckergehalt der nach der Ernte dunkel gehaltenen Blatthälften bei sinkendem Wassergehalt steigt, bei steigendem Wassergehalt aber fällt, dass die Rohrzuckermenge also auffällig vom Wassergehalt des Blattes abhängt. Eine Ausnahme macht bei den von mir untersuchten Pflanzen nur *Phaseolus*, wo der Rohrzuckergehalt sowohl in den trockenen als auch in den feucht gehaltenen Blättern zugenommen hatte. Aus diesen Befunden scheint hervorzugehen, dass es sich bei den seinerzeit von SCHROEDER und HORN gemachten Erfahrungen nicht etwa um ein spezifisches Verhalten einer einzelnen Pflanze - *Tropaeolum majus* -, sondern um Erscheinungen allgemeiner Verbreitung handelt, denen dann aber auch eine allgemeinere Bedeutung zugesprochen werden muss.

Bei den belichteten Blättern von *Tropaeolum* hatte der Rohrzucker in den trocken wie feucht gehaltenen zugenommen; die gewelkten Blätter wiesen aber die höhere Rohrzucker-Zunahme auf.

In den Nerven und Stielen ist Rohrzucker nur in geringer Menge vertreten, der bei dem trocken gehaltenen Material gleichfalls zu-, bei dem feucht gehaltenen dagegen abnimmt. Diese Erscheinung trat jedoch nicht ein bei Blattstielen, die während des Versuchs in Verbindung mit der Lamina waren. In diesem Versuch (nr. 13) hatte die Saccharosemenge sowohl in den feucht wie auch in den trocken gehaltenen Stielen etwas abgenommen, was wohl darin seine Erklärung findet, dass kaum eine Schwankung des Wassergehaltes in den 3 Serien zu verzeichnen war.

Einen erheblich höheren Gehalt an Rohrzucker wiesen ebenfalls die Blätter des 7 Tage lang nicht begossenen Topfexemplares von *Phaseolus* auf, gegenüber dem 7 Tage lang intensiv bewässerten. Die beiden Topfpflanzen waren im übrigen wie schon bei Versuch nr. 22 mitgeteilt wurde, denselben Licht- und Temperaturverhältnissen ausgesetzt, deren Blätter um dieselbe Zeit geerntet wurden. Es gilt also auch für die Blätter in situ an der Pflanze: Je niedriger der Wassergehalt, umso grösser die Menge des Rohrzuckers.

Nach diesem letzten Versuch wie auch nach dem mit belichteten Blatthälften lässt sich die Behauptung GIRARDS (6) nicht mehr, oder nur noch mit Einschränkung aufrecht erhalten. GIRARD behauptete nämlich aufgrund seiner Versuche, dass Belichtung die Rohrzucker-Zunahme bewirke. In dem letzten Versuch mit an der Pflanze belassenen Blättern müsste der Rohrzucker-Gehalt demnach nahezu gleich hoch sein; denn die Licht-Intensität war für beide Exemplare die gleiche. In den bei Belichtung gewelkten Blatthälften war die Zunahme längst nicht so reichlich wie bei vielen im Dunkeln gewelkten Blättern. Der Einfluss des Wasser-Gehaltes auf den Rohrzucker-Gehalt scheint mir hiernach zum mindesten bedeutend grösser zu sein als der des Lichtes.

Wie die quantitativen Stärkebestimmungen lehren, geschieht die Abnahme des Rohrzuckers im feucht gehaltenen Material zugunsten der Hexosen. Eine Ableitung von Rohrzucker konnte nicht eingetreten sein, denn das Material lag immer auf feuchtem Filtrierpapier und Blattstiel und Mittelnerv waren stets schon vor Versuchsbeginn entfernt worden, wie bereits im Analysengang mitgeteilt wurde. Umgekehrt aber ist die Zunahme des Rohrzuckergehaltes, wie bereits SCHROEDER und HORN erkannten, unabhängig von Veränderungen des Hexosen-Gehaltes, denn bei allen Versuchen mit gewelkten Blatthälften stieg die Menge beider Zucker, oder es nahm bei

Steigerung des Wassergehaltes die Hexosenmenge zu, der Rohrzucker dagegen ab.

Der Gesamtzucker- und Stärkegehalt.

Die Gesamtzuckermenge ist selbstverständlich in den Blättern der einzelnen Pflanzenspezies verschieden gross; den höchsten Betrag fand ich bei *Pisum* mit 124,9 pro mille, dem sich in absteigender Linie *Tropaeolum*, *Vitis*, *Helianthus* und *Phaseolus* anschliessen. In den Nerven und Stielen treffen wir eine annähernd gleich grosse Gesamtzuckermenge an; sie beträgt bei den untertags geernteten und sofort analysierten Stielen nahezu das dreifache der Gesamtzuckermenge in den Spreiten von *Tropaeolum*-Blättern bezogen auf das Trockengewicht.

Die Kurve für den Stärkegehalt der von mir untersuchten Blätter verläuft fast gerade entgegengesetzt zu der für den Gesamtzuckergehalt. *Phaseolus* mit der kleinsten Gesamtzuckermenge erreicht mit 128,1 pro mille Stärke den höchsten Stand, anschliessend folgen *Tropaeolum*, *Vitis*, *Helianthus* und *Pisum*. Ob diese Reihenfolge eine zufällige oder eine feststehende ist, kann wohl nicht so entschieden werden, da nicht alle diese Pflanzen vor der Entnahme der Blätter den gleichen Aussenbedingungen ausgesetzt waren. Es wäre aber immerhin möglich, dass, trotz der Verschiedenheit der von mir untersuchten Pflanzenspezies, gewisse Gesetzmässigkeiten in der Verteilung von Zucker und Stärke bestehen. Die in so reichlicher Menge Zucker führenden Stiele und Nerven haben nur einen verhältnismässig geringen Stärkegehalt.

Sämtliche mit welchen Blättern ausgeführten Versuche zeitigten das übereinstimmende Ergebnis, dass beim Welken Stärke verschwindet und dass mit dieser Abnahme von Stärke eine Zunahme der Gesamtzuckermenge parallel geht. Der Abbau der Stärke war von dem Grad des Wasserverlustes abhängig; denn in dem feucht gehaltenen Pflanzenmaterial ging die Stärke-Hydrolyse viel langsamer vor sich. Die mit qualitativen Methoden erlangten Befunde früherer Forscher sind damit bestätigt.

Die Hydrolyse der Stärke konnte unter Umständen bis zum völligen Verschwinden fortschreiten, was die Versuche nr. 8, 12, 16, 17 und 18 und 19 beweisen. Bei allen andern Versuchen mit welkenden Blättern trat ebenfalls ein starker Rückgang des Stärkegehaltes ein; jedenfalls verschwindet die Stärke in der gleichen Zeit (24 Stunden) aus den sonst gleich behandelten tageszenten viel langsamer als aus den welkenden Blättern.

Die Resultate ergaben also, dass bei vollständig unterbundener Ableitung des trocknen liegenden Blattes Stärke zu Zucker gelöst wurde. In dem auf feuchtem Filtrierpapier liegenden Blatt trat dagegen nur eine sehr geringe Abnahme der Stärke auf und parallel dazu keine grosse Erhöhung des Zuckergehaltes. Da die Ableitung in beiden Fällen unterbunden war und die Behandlung der Blätter sich nur in dem Feucht- und Trockenhalten unterschied, so folgt, dass der Abbau der Stärke beim Welken durch die Abnahme des Wassergehaltes bedingt ist.

In dem Versuch nr. 7 b nimmt der Stärkegehalt stark ab, der Gesamtzuckergehalt aber praktisch kaum zu. Ob der bedeutende Verlust an Zucker infolge der Atmung eintrat oder ob er auf innern und äusseren Ursachen beruht und welche Bedeutung ihm zugesprochen werden muss, kann aufgrund des spärlichen Tatsachenmaterials natürlich nicht entschieden werden. Quantitativ fand sich die Stärke natürlich nie als Gesamtzucker wieder, da Zucker veratmet wurde. Der durch Atmung verursachte Verlust an Zucker war bei den einzelnen Pflanzen verschieden gross.

Nachstehend ein Vergleich der Stärke- und Gesamtzuckermenge in den Blättern:

Name der Pflanze	Analyse	Stärke	Gesamtzucker	Verlust
<i>Tropaeolum majus</i>	direkt	62,87	101,1	
	feucht	40,74	117,4	6,38
	trocken	3,28	149,3	9,66

Name der Pflanze	Analyse	Stärke	Gesamtzucker	Verlust
<i>Vitis vinifera</i>	Direkt	47,76	70,33	0,99
	feucht	17,80	99,38	
	trocken	7,54	110,7	
<i>Phaseolus vulgaris</i>	direkt	128,1	38,49	6,38 41,58
	feucht	30,24	130,6	
	trocken	12,82	115,9	
<i>Helianthus annuus</i>	direkt	41,27	52,49	24,97 9,13
	feucht	16,20	54,85	
	trocken		85,45	
<i>Pisum sativum</i>	direkt	40,65	124,9	8,25 +16,11
	feucht	30,65	127,4	
	trocken	13,09	170,4	

V. ALLGEMEINES.

Überblicke ich die auf Grund meiner Analysen gewonnene Befunde und stelle an diesen Ergebnissen fest, in welchen Punkten und mit welchem Resultat die Arbeit von HORN durch sie ergänzt wurde, so kann zunächst festgestellt werden, dass durch die Ausdehnung der Versuche mit verdunkelten Blatthälften auf andere Pflanzen der von SCHROEDER und HORN für *Tropaeolum* aufgestellte Satz von dem gegenseitigen Mengenverhältnis der Kohlenhydrate auch für diese Pflanzen zutrifft. Die seinerzeit von SCHROEDER und HORN gemachte Beobachtung, dass der Hexosengehalt in den während des Tages geernteten Blättern, die stärkehaltig waren und sofort nach dem Abschneiden verdunkelt wurden, steigt, kann noch dahin ergänzt werden, dass diese Zunahme in den welkenden Blättern einen höheren Wert erreicht als in den feucht gehaltenen.

Das Verschwinden der Stärke bei intensiver Besonnung, wenn Erschlaffung des Blattes eintritt, konnte ich, wie 1 Jahr früher HORN an *Syringa*-Blättern, auch an *Tropaeolum*-Blättern feststellen. Bei der Untersuchung der Zucker dieser bei Belichtung gewelkter Blätter zeigte es sich, dass der Rohrzucker sowohl in den feucht als auch in den trocken gehaltenen Blättern zugenommen hatte, dass diese Zunahme in den gewelkten Blättern aber einen höheren Wert erreichte. Die Ansicht GIRARDS und anderer Forscher, dass Belichtung die Rohrzucker-Zunahme bewirke, kann ich nach meinen Befunden nicht ohne weiteres teilen; denn die Rohrzucker-Zunahme der bei Belichtung gewelkten Blätter war nicht annähernd so hoch wie bei vieler der im Dunkeln gewelkten. Weitere Bedenken gegen die Annahme GIRARDS sind oben bereits geäußert.

Die Untersuchung der Blattstiele ergab einwandfrei, dass die Menge der einzelnen Zucker in ihnen wie in den Spreiten auffällig abhängig ist vom Wassergehalt, dass also die von SCHROEDER und HORN aufgrund ihres Vorversuches ausgesprochene Vermutung richtig war. Der Gehalt an direkt reduzierenden Zuckern (Hexosen) nimmt im Dunkeln zu und zwar in dem trocken gehaltenen Material wiederum mehr als in dem nass gehaltenen; dieses trifft gleichermaßen für die Stiele in Verbindung, wie auch ohne Verbindung mit der Lamina zu. Maltose war weder in den Stielen, die in Verbindung mit der Lamina geblieben waren, noch in den isolierten festzustellen und die Rohrzuckermenge steigt in ihnen bei fallendem und fällt bei steigendem Wassergehalt. Wahrscheinlich infolge zu geringer Schwankungen des Wassergehaltes war in dem Versuch nr. 13, wie bereits erwähnt, ein abweichendes Ergebnis betr. des Rohrzuckers zu verzeichnen. Es kann nach diesen Ergebnissen aber trotzdem als erwiesen gelten, dass das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlenhydrate in den Stielen wie in den Spreiten anhängig ist vom Wassergehalt.

Das gleiche kann auch für die Untersuchung der Nerven gesagt werden, die im

Hinblick auf die Verteilung zwischen eigentliche Lamina und Nerven vorgenommen wurde. Die Nerven scheinen sich überhaupt so zu verhalten wie die Stiele, denn auch bei ihnen fehlt die Maltose. Die getrennte Analysierung von Nerv und Spreite, die während der Verdunkelung in Verbindung miteinander waren (Versuch nr. 15 - 17), gestattete einen Einblick in das Mengenverhältnis von Rohrzucker und Hexosen. Während der Rohrzuckergehalt in den Nerven etwa das 4-fache von dem in der Spreite beträgt, finden wir die Hexosen in etwa 15-facher Menge gegenüber der Lamina. Wie der Versuch nr. 13 und auch der mit den Nerven in Verbindung mit der Lamina erhellt, müssen die Hexosen als einziger Wanderzucker angesehen werden, die sich bei fehlender Ableitung in Nerv und Stiel ansammeln, während der Rohrzuckergehalt in den Zellen ungefähr konstant bleibt und Schwankungen des Rohrzuckergehaltes nur auf Erhöhung resp. Erniedrigung des Wassergehaltes zurückgeführt werden können.

Die Ergebnisse, die gewonnen wurden an Blättern, die in natürlichem Zusammenhang mit der Pflanze waren, stehen in keinem Widerspruch zu den an isolierten Blättern gewonnenen Befunden. Der letzte Versuch mit der 7 Tage lang intensiv bewässerten und der 7 Tage lang nicht begossenen *Phaseolus*-Topfpflanze zeigt diese Übereinstimmung sogar recht deutlich. Das sonst den gleichen Bedingungen ausgesetzte nicht begossene Topfexemplar wies den höheren Hexosen- und Rohrzuckergehalt, dagegen den geringeren Maltosegehalt auf.

Endlich haben die quantitativen Stärkebestimmungen ergeben, dass die beim Welken verschwindende Stärke (nach Abzug des Atemverlustes) sich fast immer quantitativ als Gesamtzucker wiederfand. An dieser Zunahme von Zucker hatten nur der Rohrzucker und die Hexosen Anteil. Die Maltose nahm in den welkenden Blättern meistens ab. Bei der weit geringeren Stärke-Hydrolyse in dem feucht gehaltenen Pflanzenmaterial verteilte sich die dadurch entstandene Zuckerzunahme und die fast stets beobachtete Abnahme des Rohrzuckers auf die Hexosen und in geringerer Menge auch auf die Maltose.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. An der im welkenden Blatt durch Stärke-Hydrolyse beobachteten Zucker-Zunahme beteiligen sich nur Rohrzucker und Hexosen. Die Zunahme des Gesamt-Zuckergehaltes entsprach bis auf einen kleinen Verlust, der durch Atmung verursacht ist, der Abnahme des Stärkegehaltes.
2. Bei Gegenwart von Stärke steigt der Rohrzuckergehalt sowohl in verdunkelten als auch in belichteten detachierten Blättern bei fallendem und fällt bei steigendem Wassergehalt. Diese Rohrzucker-Zunahme vollzieht sich unabhängig vom Lichtzutritt, es muss also der Rohrzuckergehalt als eine Funktion des Wassergehaltes angesehen werden, der gross ist bei geringem und klein bei hohem Wassergehalt, ohne dass damit ein ausserdem vorhandener allerdings schwächerer Einfluss der Belichtung ausgeschlossen ist.
3. Der Hexosengehalt steigt in stärkehaltigen, verdunkelten Blättern stets, doch erreicht diese Zunahme in den welkenden Blättern einen höheren Wert als in den feucht gehaltenen.
4. Der Maltosegehalt nimmt während der Verdunkelung ab und zwar tritt diese Abnahme in den trocken gehaltenen Blättern stärkerutage als in den sonst gleich behandelten turgeszenten.
5. Diese für detachierte Blätter aufgestellten Regeln haben ebenfalls Giltigkeit für Blätter, die mit der Pflanze in Verbindung stehen, und sie können nach den an einer grösseren Anzahl Pflanzen gewonnenen Befunden als eine Erscheinung allgemeiner Verbreitung angesehen werden.
6. Die "Lokalisationsuntersuchungen" an Stielen und Nerven ergaben, dass bei *Tropaeolum* und *Helianthus* einzig und allein die Hexosen als Wanderungsstoff fungieren und Maltose sich weder in den Stielen von *Tropaeolum* noch in den Nerven von *Helianthus* findet.

Tropaeolum majus.

Datum	Versuch	Ernte	Blätter	Frischgew.	Trockengewicht	Wassergehalt
4.VII.	1a	6 h pm	24/2	24,75 gr	3,484 gr	85,92 %
	1b	"	"	25,2 "	3,225 "	87,2 "
	2a	"	"	25,5 "	3,590 "	85,92 "
	2b	"	"	20,15 "	4,065 "	79,83 "

Vitis vinifera.

10.VII.	3a	5 h pm	20/2	15,5 gr	4,491 gr	71,03 %
	3b	"	"	14,95 "	4,175 "	72,06 "
	4a	"	"	16,29 "	4,721 "	71,03 "
	4b	"	"	14,15 "	4,280 "	69,75 "

Phaseolus vulgaris.

16.VII.	5a	5.30 pm	22/2	16,4 gr	3,36 gr	79,51 %
	5b	"	"	17,14 "	3,139 "	81,69 "
	6a	"	"	15,26 "	3,126 "	79,51 "
	6b	"	"	11,2 "	3,322 "	70,36 "

Helianthus annuus.

19.VII.	7a	5,30 pm	2/2	18,25 gr	2,781 gr	84,77 %
	7b	"	"	18,7 "	2,615 "	86,01 "
	8a	"	"	18,31 "	2,790 "	84,77 "
	8b	"	"	11,18 "	2,535 "	77,32 "

Pisum sativum.

25.VII.	9a	4,15 pm	50/2	12,5 gr	2,168 gr	82,65 %
	9b	"	"	13,4 "	2,115 "	84,22 "
	10a	"	"	10,55 "	1,830 "	82,65 "
	10b	"	"	8,1 "	1,807 "	77,69 "

Tropaeolum majus (belichtet)

8.VIII.	11a	10 am.	15/2	12,00 gr	2,20 gr	81,67 %
	11b	6 pm	"	11,64 "	2,043 "	82,45 "
	12a	10 am	"	12,25 "	2,246 "	81,67 "
	12b	6 pm	"	9,22 "	2,133 "	76,86 "

Blattstiele von Tropaeolum in Verbindung mit der Lamina.

3.VIII.	13a	5,45 pm	30	97,1 gr	7,207 gr	92,58 %
	13b	"	"	87,5 "	5,913 "	93,24 "
	13c	"	"	97,0 "	7,376 "	92,39 "

Blattstiele von Tropaeolum ohne Verbindung mit der Lamina.

10.VIII.	14a	4,30 pm	10	29,56 gr	1,983 gr	93,29 %
	14b	"	"	27,28 "	1,628 "	94,15 "
	14c	"	"	26,42 "	1,949 "	92,52 "

Tropaeolum majus.

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamtz.	Versuchsbedingungen
6,287 %	1,966 %	0,807 %	6,939 %	10,11 %	sofort analysiert
4,074 "	3,848 "	1,820 "	5,698 "	11,74 "	24 h dunkel u. feucht gehalten
6,287 "	1,967 "	0,823 "	6,675 "	9,85 "	sofort analysiert
6,328 "	4,036 "	0,266 "	10,09 "	14,93 "	24 h dunkel u. trocken gehalt.

Vitis vinifera.

4,776 %	1,443 %	3,03 %	2,32 %	7,033 %	sofort analysiert
1,780 "	4,274 "	3,616 "	1,84 "	9,938 "	24 h dunkel u. feucht gehalten
4,521 "	1,435 "	3,087 "	2,28 "	7,034 "	sofort analysiert
0,754 "	4,520 "	1,916 "	4,368 "	11,97 "	24 h dunkel u. trocken gehalt.

Phaseolus vulgaris.

12,81 %	0,456 %	1,166 %	2,058 %	3,849 %	sofort analysiert
3,024 "	4,359 "	2,222 "	6,097 "	13,06 "	24 h dunkel u. feucht gehalten
12,81 "	0,605 "	1,133 "	1,977 "	3,847 "	sofort analysiert
1,282 "	1,764 "	1,822 "	7,532 "	11,59 "	24 h dunkel u. trocken gehalt.

Helianthus annuus.

4,127 %	1,635 %	1,990 %	1,464 %	5,249 %	sofort analysiert
1,620 "	3,015 "	1,125 "	1,256 "	5,485 "	48 h dunkel u. feucht gehalten
4,127 "	1,615 "	2,035 "	1,459 "	5,247 "	sofort analysiert
-	4,764 "	0,957 "	2,698 "	8,545 "	48 h dunkel u. trocken gehalt

Pisum sativum.

4,065 %	1,854 %	4,274 %	5,840 %	12,49 %	sofort analysiert
3,065 "	3,285 "	4,153 "	4,842 "	12,74 "	24 h dunkel u. feucht gehalten
4,032 "	1,948 "	5,277 "	5,717 "	14,36 "	sofort analysiert
1,309 "	4,327 "	3,788 "	8,313 "	17,04 "	24 h dunkel u. trocken gehalt.

Tropaeolum majus (belichtet).

4,658 %	2,732 %	1,900 %	3,345 %	8,541 %	sofort analysiert
1,681 "	4,826 "	2,063 "	5,496 "	12,77 "	8 h hell und feucht gehalten
4,659 "	2,925 "	1,684 "	3,728 "	8,563 "	sofort analysiert
-	3,622 "	2,995 "	6,032 "	13,08 "	8 h hell u. trocken gehalten

Blattstiele von Tropaeolum in Verbindung mit der Lamina.

2,044 %	28,94 %	-	2,858 %	32,11 %	sofort analysiert
1,113 "	38,23 "	-	2,851 "	41,45 "	24 h dunkel u. feucht gehalten
1,021 "	39,41 "	-	2,538 "	42,08 "	24 h dunkel u. trocken gehalt.

Blattstiele von Tropaeolum ohne Verbindung mit der Lamina.

2,166 %	28,77 %	-	2,701 %	31,64 %	sofort analysiert
1,377 "	32,73 "	-	2,013 "	34,84 "	48 h dunkel u. feucht gehalten
0,924 "	32,04 "	-	3,195 "	3,195 "	48 h dunkel u. trocken gehalt.

Nerven von *Helianthus annuus* in Verbindung mit der Lamina.

Datum	Versuch	Ernte	Blätter	Frischgew.	Trockengew.	Wassergehalt
22.VIII	15a	3,30pm	1/1	24,45 gr	5,137 gr	78,99 %
	15b	"	"	27,75 "	3,333 "	87,89 "
	16a	"	"	25,85 "	5,182 "	79,95 "
	16b	"	"	14,10 "	1,362 "	90,34 "
	17a	"	"	15,05 "	5,319 "	64,66 "
	17b	"	"	10,46 "	1,812 "	82,67 "

Nerven von *Helianthus annuus* ohne Verbindung mit der Lamina.

20.VIII	18a	3,30pm	1/1	2,445 gr	5,137 gr	78,99 %
	18b	"	"	26,1 "	5,232 "	79,95 "
	18c	"	"	14,6 "	5,16 "	64,65 "
	19a	"	"	27,75 "	3,333 "	87,89 "
	19b	"	"	21,95 "	2,12 "	90,34 "
	19c	"	"	16,7 "	2,894 "	82,67 "

Blätter von *Tropaeolum* in Verbindung mit der Pflanze.

26.VII	20a	7h am	12/1	11,65 gr	1,424 gr	87,78 %
	20b	3h pm	"	15,27 "	1,258 "	91,85 "
27.VII	21a	3h pm	"	14,32 "	2,059 "	85,62 "
	21b	7h am	"	15,27 "	1,659 "	89,14 "

Blätter von *Phaseolus* in Verbindung mit der Pflanze.

24.VIII	22a	4,30pm	15/1	21,5 gr	3,267 gr	84,81 %
	22b	"	"	16,5 "	3,877 "	75,5 "

LITERATUR-VERWEISE.

- (1) BERTRAND, Guide pour les manipulations de Chimie biologique (1913) p. 85. - (2) BROWN and MORRIS, A Contribution to the chemistry and physiology of foliage leaves, in Journ. Chem. Soc., May 1893. - (3) DELEANO, Studien über den Atmungsstoffwechsel abgeschnittener Laubblätter, in Pringsh. Jahrb. LI, 1912. - (4) DELEANO, Untersuchung über die in den Weinblättern enthaltenen Kohlenhydrate und stickstoffhaltigen Körper, in Pringsh. Jahrb. LI, 1912. - (5) GAST, Quantitative Untersuchungen über den Kohlenhydratstoffwechsel im Laubblatt. Diss. Würzburg 1917. - (6) GIRARDS, Recherches sur la saccharogénie dans la betterave, in Compt. rend. IC, 1884. - (7) HORN, Das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlenhydrate im Laubblatt in seiner Abhängigkeit vom Wassergehalt, in Mez, Archiv III (1922) p. 137 - 173. - (8) LUNDEGARDH, Einige Bedingungen der Bildung und Auflösung der Stärke, in Pringsh. Jahrb. LIII (1914) p. 421. - (9) MÄRCKER, vergl. KÖNIG, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel III, 4. ed., p. 438. - (10) MOLLISCH, in Ber. D. bot. Ges. XXXIX (1921) p. 339. - (11) NEGER in Naturwissensch. Wochenschr. f. Forst- und Landwirtschaft XIII (1915) p. 370. - (12) PERREY, Sur l'origine des matières sucrées dans la plante, in Compt. rend. XCIV (1882). - (13) REINKE, Vergl. König, l.c. p. 439. - (14) SACHS, Ein Beitrag zur Kenntnis der Ernährungstätigkeit der Blätter, in Arb. bot. Inst. Würzburg Heft 1, 1884. - (15) SCHROEDER, Das gegenseitige Mengenverhältnis der Kohlenhydrate im Laubblatt in seiner Abhängigkeit vom Wassergehalt, in Biochem. Zeitschr. 1922. - (16) STAHL in Pringsh. Jahrb. XXXIV (1900) p. 539.

Nerven von *Helianthus annuus* in Verbindung mit der Lamina...

Stärke	Hexosen	Maltose	Rohrzucker	Gesamtz.	Versuchsbedingungen.
4,233 %	1,302 %	2,168 %	1,246 %	4,843 %	Blatt sofort analysiert
0,395 "	22,24 "	-	5,726 "	29,38 "	Nerven sofort analysiert
1,612 "	-	1,888 "	0,275 "	2,206 "	Blatt 48 h dunkel u. feucht geh.
-	18,80 "	-	2,513 "	21,37 "	Nerv. 48 h " " " "
-	-	2,052 "	1,299 "	3,489 "	Blatt 48 h dunkel u. trock. geh.
-	20,21 "	-	4,808 "	25,31 "	Nerv. 48 h " " " "

Nerven von *Helianthus annuus* ohne Verbindung mit der Lamina.

4,233 %	1,302 %	2,168 %	1,246 %	4,843 %	Blatt sofort analysiert
0,383 "	2,461 "	4,972 "	1,360 "	9,043 "	Blatt 40 h dunkel u. feucht geh.
-	1,434 "	4,155 "	3,362 "	9,278 "	Blatt 40 h dunkel u. trock. "
0,395 "	22,24 "	-	5,726 "	28,38 "	Nerven sofort analysiert
-	23,88 "	-	3,908 "	27,92 "	Nerven 40 h dunkel u. feucht "
-	17,97 "	-	8,407 "	26,76 "	Nerven 40 h dunkel u. trock. "

Blätter von *Tropaeolum* in Verbindung mit der Pflanze.

5,48 %	2,89 %	0,81 %	2,91 %	6,77 %	Nachts trocken, dann analysiert
6,54 "	4,86 "	1,85 "	3,96 "	10,94 "	Tags feucht, " "
5,94 "	3,70 "	1,06 "	3,88 "	9,00 "	" trocken " "
5,63 "	3,86 "	1,62 "	2,01 "	7,61 "	Nachts " " "

Blätter von *Phaseolus* in Verbindung mit der Pflanze.

12,20 %	0,242 %	2,217 %	1,830 %	4,464 %	7 Tage lang intensiv bewässert dann analysiert
10,35 "	0,306 "	1,452 "	2,140 "	4,073 "	7 Tage lang nicht begossen, dann analysiert.

Vorliegende Arbeit wurde im Botanischen Institut der Universität Kiel auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. SCHROETER gemacht. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem verehrten Lehrer für seine wertvollen Ratschläge und seine unermüdete, tatkräftige Unterstützung meinen aufrichtigen Dank zum Ausdruck zu bringen.

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: 1924

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Ahrns Walther

Artikel/Article: [Weitere Untersuchungen über die Abhängigkeit des gegenseitigen Mengenverhältnisses der Kohlenhydrate im Laubblatt vom Wassergehalt. 234-259](#)