Beiträge zur Kenntnis der Lebensvorgänge in ruhenden Pflanzenteilen, I.[1])

Über den Einfluß des Vorerwärmens und einiger anderer Faktoren.

Von **H. Müller-Thurgau** und **O. Schneider-Orelli.**

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

Die Ruheperiode der Pflanzen ist eine so interessante Erscheinung, daß sie immer wieder die Aufmerksamkeit der Pflanzenphysiologen erregen wird. Die bisherigen Versuche, eine Erklärung für diesen Stillstand im Entwicklungsgang der Pflanzen zu finden, haben bekanntlich noch nicht zu einem befriedigenden Resultate geführt; es dürfte voraussichtlich auch eine vollständige Erkenntnis der Ursachen der Ruheperioden auf große Schwierigkeiten stoßen, da wir es hier wie bei so manchen anderen Lebenserscheinungen hauptsächlich mit „inneren" Eigenschaften des Protoplasmas zu tun haben.

Damit soll aber nicht gesagt sein, daß die Aufgabe einer Erforschung einzelner Teilerscheinungen der Ruheperiode ganz hoffnungslos sei; im Gegenteil ermutigen die Erfolge, durch äußere Beeinflussung die Ruheperiode zu unterbrechen, dazu, die inneren Vorgänge in ruhenden Pflanzenteilen vor, während und nach der Ruhe einer Untersuchung zu unterwerfen und dabei namentlich auch zu berücksichtigen, inwieweit die erwähnten äußeren Einflüsse auf diese inneren Lebensvorgänge einwirken.

Im Nachfolgenden sind wir in der Lage, eine Reihe von Versuchsergebnissen mitzuteilen, die aus einer diesbezüglichen, von uns begonnenen Untersuchung hervorgingen. Sie beziehen sich zur Hauptsache auf den Erfolg des Ätherisierens und einer vorübergehenden Erwärmung auf den Atmungsprozeß und auf chemische Umsetzungen, sowie in einigen Fällen auch auf die Enzymbildung. Die Versuche wurden nicht nur mit ruhenden Pflanzenorganen angestellt, sondern auch mit solchen, die schon aus dem Ruhezustande getreten waren. Es kam uns bei diesem ersten Vorgehen hauptsächlich darauf an, festzustellen, ob jene Einflüsse überhaupt auf Atmung und chemische Umsetzungen direkt einwirken.

A. Ätherisieren von Kartoffelknollen.

Als bekannt können wir die schönen Versuche betrachten, die W. Johannsen anstellte, um durch Ätherwirkung eine Unterbrechung der Ruheperiode herbeizuführen. Sein Ätherverfahren beim Früh-

1) Aus der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil.

treiben [1]) verschiedener Zierpflanzen hat bei den Gärtnern ziemlich ausgedehnte Anwendung gefunden. Kartoffeln, mit denen wir uns bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen zunächst beschäftigen, hat er nicht näher in den Bereich seiner Untersuchungen über das Frühtreiben gezogen; er erwähnt nur, daß er mit Knollen fast nicht gearbeitet und wenig versprechende Resultate bekommen habe.

Wenn wir bei den Versuchen dieser und der nächstfolgenden Gruppe gerade Kartoffelknollen verwendet haben, so geschah dies teils aus dem Grunde, weil dieses Material leicht und zu jeder Zeit in beliebiger Menge beschafft werden kann, eine durchgehends gleiche Beschaffenheit zeigt und verhältnismäßig leicht zu verarbeiten ist; sodann auch, weil die neuen Versuche mit solchen, die einer von uns früher anstellte, in Beziehung gebracht werden konnten.

Versuch 1.

In einer größeren wissenschaftlichen Abhandlung hat Johannsen [2]) nebenbei den Einfluß des Ätherisierens auf den Atmungsvorgang frischer, nicht süßer Kartoffeln behandelt und dabei auch die chemischen Umsetzungen berücksichtigt. Er fand, daß das Ätherisieren eine wenn auch schwache Atmungssteigerung herbeiführt. Doch ergibt sich bei einer kritischen Durchsicht der betreffenden Tabellen, namentlich wenn man noch die nie vollkommene Übereinstimmung der Atmungsgröße selbst bei gleich aussehenden Kartoffeln berücksichtigt, daß die Atmungssteigerung bei diesem Versuche nur eine geringfügige war. Johannsen fügt selbst bei, daß die geringe Wirkung vielleicht auf eine zu schwache Ätherisierung zurückzuführen sei. Auch der Zuckergehalt wurde durch das Ätherisieren nicht oder nur unbedeutend verändert. Allerdings hatte bei einem Versuche (39) der Zuckergehalt der ätherisierten Knollen etwas weniger abgenommen als derjenige der nicht ätherisierten; im folgenden Versuche (40) ist aber ein solches Resultat nicht deutlich zu erkennen.

Als ein weiteres Ergebnis stellte er fest, daß der Amidstickstoff bei seinen Versuchen infolge des Ätherisierens zugenommen hat.

Um durch Beschaffung eines reichlichen direkt zur Verfügung stehenden Atmungsmateriales den Einfluß des Ätherisierens vielleicht

---

1) W. Johannsen, Das Ätherverfahren beim Frühtreiben, 2. Auflage, Jena 1906.

2) W. Johannsen, Studier over Planternes periodiske Livsyttringer (Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et des lettres de Danemark, Kopenhagen 1897, pag. 339).

deutlicher zur Erscheinung bringen zu können, verwendeten wir bei unseren Versuchen Kartoffeln, die man durch längeres Verweilen bei 0° süß werden ließ.

Von 16 gleichartig beschaffenen Knollen wurden 8 während 24 Stunden ätherisiert, und zwar kamen je zwei in Glasbehälter von 2 Liter, in welche je 2 g Äthyläther zur Verdunstung gebracht wurden. Die Gläser standen in einem Raum mit 19° C und daneben befanden sich auch die Behälter mit den nicht ätherisierten Kartoffeln. Sowohl die ätherisierten als auch die nicht ätherisierten Knollen halbierte man nun der Länge nach und reduzierte je die etwas größer ausgefallenen Hälften, bis beide ungefähr gleiches Gewicht besaßen. Acht Hälften der ätherisierten Knollen wurden sofort auf ihren Zuckergehalt untersucht, während die übrigen acht zur Atmungsbestimmung benutzt wurden. Ebenso verfuhr man mit den nicht ätherisierten Hälften.

Zu den Atmungsversuchen erwiesen sich die Enz'schen Gärzylinder als sehr geeignet. Sie sind in verschiedener Größe zu beziehen und bestehen aus einem Glaszylinder mit breitem, geschliffenem Rand und einem auf diesem Rande aufgeschliffenen Glasdeckel, in dessen Mitte sich ein Tubus befindet. Durch den in diesen eingesetzten Gummistopfen führen ein Zuleitungs- und Ableitungsrohr für den durchzuleitenden Luftstrom. Ersteres reicht nur bis unter den Stopfen, letzteres, der Wand des Gefäßes nach geführt, bis auf dessen Boden.

Nachdem bei den Versuchen die Früchte in den Apparat eingesetzt worden waren und man den Deckel luftdicht aufgesetzt hatte, wurde ein konstanter Luftstrom durchgeführt. In Gefäßen mit Kali- und Barytlösung befreite man die zutretende Luft von Kohlensäure; die austretende wurde erst in einem U-Rohr mit konzentrierter Schwefelsäure getrocknet und hierauf durch einen Liebig'schen Kaliapparat und ein weiteres U-Rohr mit Schwefelsäure geführt. Die Gewichtszunahme dieser beiden Apparate ergab die Menge der von den Knollen ausgeschiedenen Kohlensäure. Versuchstemperatur 16—18° C.

(Tabelle siehe nächste Seite oben.)

Die Gesamtmenge der in diesen 7 Tagen ausgeatmeten Kohlensäure betrug bei den nicht ätherisierten 2,78 g, bei den ätherisierten 3,22 g. Für nicht keimende Kartoffeln sind die hier gefundenen Atmungsgrößen sehr bedeutend; während sonst 1 kg Kartoffeln pro Stunde 10—15 mg ausatmet, ist hier die Kohlensäureabgabe auf das 4—5fache gestiegen. Es ist dies zwei Umständen zuzuschreiben; es sind süße Kartoffeln verwendet worden (Zuckergehalt 2,4 %), die nach

Datum	Versuchsdauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde	
		nicht ätherisiert	ätherisiert
		mg	mg
4.—5. April	26 Stunden	**72,6**	**70,0**
5.—6. „	21 „	**79,6**	**75,8**
6.—8. „	42 „	**59,7**	**66,0**
8.—9. „	24 „	**44,3**	**58,7**
9.—10. „	24 „	**35,8**	**58,2**
10.—11. „	24 „	**33,0**	**55,7**
11. „	7 „	**36,6**	**54,2**

früheren Versuchen Müller-Thurgau's stärker atmen als nicht süße, und hierzu kommt dann noch der Wundreiz, von dem schon Böhm[1]) bei Kartoffeln nachgewiesen hat, daß er eine beträchtliche Atmungssteigerung hervorzurufen vermag. Da nun aber im vorliegenden Versuche Zuckergehalt und Verletzung bei den ätherisierten und den nicht ätherisierten Kartoffeln in gleichem Maße einwirkten, so muß wohl die stärkere Atmung bei den ätherisierten Hälften der vom Äther ausgeübten Reizwirkung zugeschrieben werden. Allerdings ist auch bei unserem Versuche der Unterschied kein sehr großer, aber doch so bedeutend, daß er als beweisend für die Wirkung des Ätherisierens betrachtet werden kann.

Sowohl der Zuckergehalt als der Wundreiz wirken während längerer Versuchsdauer nicht immer gleich stark, sondern bei beiden Einwirkungen ist nach wenigen Tagen schon ein Nachlassen zu bemerken. Hierauf kann nun auch die allmählige Abnahme der Kohlensäureproduktion bei den nicht ätherisierten Hälften zurückgeführt werden. Bei den ätherisierten Hälften vermochte zwar der Ätherreiz in den beiden ersten Tagen die durch die anderen beiden Wirkungen so bedeutend gesteigerte Atmung nicht noch weiter zu erhöhen. In der nachfolgenden Zeit aber, als jene Wirkungen nachließen, kam der Einfluß des Ätherreizes deutlich zum Ausdruck, indem die Rückkehr zu normalen Atmungsverhältnissen bei den ätherisierten Hälften merklich verzögert wurde.

Die am Schluß des Versuches vorgenommene Zuckerbestimmung ergab fast vollkommene Übereinstimmung, 0,67 % Gesamtzucker in den nicht ätherisierten und 0,60 % in den ätherisierten Knollen, also sogar einen kleinen Überschuß in den ersteren. Es ist daher der Unterschied in der Atmungsintensität in den letzten Tagen nicht auf eine

1) Boehm, J., Über die Respiration der Kartoffel. Botan. Zeitung 1887, Nr. 41 u. 42.

Verschiedenheit des Zuckergehaltes zurückzuführen, sondern als eine Folge des Ätherisierens zu betrachten.

Die Ergebnisse der bei Beginn und wieder nach Abbruch der Atmungsbestimmungen, also am 4. und am 11. April vorgenommenen chemischen Untersuchung sind in folgender Tabelle zusammengestellt [1]). Die Zahlen geben die Zuckergehalte in 100 g ursprünglicher Frischsubstanz der Kartoffeln.

Hälften	untersucht am	direkt reduzierender Zucker	Rohrzucker	Gesamtzucker	Veratmeter Zucker	Sonst verschwundener Zucker
		%	%	%	%	%
nicht ätherisiert a	4. April	1,82	0,60	2,45	—	—
nicht ätherisiert b	11. „	0,50	0,16	0,67	0,62	1,16
ätherisiert a	4. April	1,55	0,75	2,34	—	—
ätherisiert b	11. „	0,47	0,13	0,60	0,73	1,01

Der Zuckergehalt in süßen Kartoffeln zeigt auch bei sorgfältiger Auswahl gleichartig aussehender Individuen doch ziemlich große Unterschiede. Um diese einigermaßen auszugleichen, wurde der Versuch je mit acht Kartoffeln in jeder Gruppe durchgeführt. Trotzdem zeigten sich bei der anfänglichen Bestimmung noch kleine Unterschiede, indem z. B. die nicht ätherisierten an Gesamtzucker etwa 0,1 % mehr enthielten als die ätherisierten. Da jedoch nicht die ätherisierten mit den nicht ätherisierten direkt verglichen werden, sondern je die korrespondierenden Teile der gleichen Hälften vor und nach dem Versuch, so kommt der erwähnten Differenz keine Bedeutung zu. Frühere Ver-

---

1) Die Kartoffelhälften wurden fein zerrieben; dann preßte man den Saft durch ein Leinwandtuch ab, feuchtete den Rückstand zu wiederholten Malen an und preßte ihn wieder aus, bis erfahrungsgemäß weitere Auszüge keinen Zucker mehr enthielten. Von diesem filtrierten Saft wurde ein Teil zur direkten Zuckerbestimmung nach den üblichen Methoden benutzt: Behandlung mit Bleiessig, Neutralisieren mit Sodalösung und Bestimmung des Zuckers nach dem gebräuchlichen gewichtsanalytischen Verfahren. Ein weiterer Teil wurde mit verdünnter Salzsäure während einer halben Stunde auf dem Wasserbad erwärmt ($^1/_2$ ccm Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,125 auf 100 ccm Auszug). Die Zuckerbestimmung in dieser Flüssigkeit ergab dann den direkt reduzierenden Zucker und dazu noch denjenigen, der durch Inversion aus Rohrzucker und vielleicht noch anderen Verbindungen entstand. Die Differenz der ersten und zweiten Bestimmung würde demnach die Menge der durch Inversion in reduzierenden Zucker übergeführten Substanz angeben. Auf Grund früherer Untersuchungen haben wir angenommen, es handle sich hier hauptsächlich um Rohrzucker und haben so den indirekt bestimmten Invertzucker auf Rohrzucker umgerechnet.

suche[1]) erwiesen zur Genüge, daß die Längshälften der gleichen Kartoffeln im Zuckergehalt vollständige Übereinstimmung zeigen; es haben also die am 11. April untersuchten Teile der nicht ätherisierten Hälften am 4. April genau den Zuckergehalt besessen wie die an diesem letzteren Tage untersuchten Teile der gleichen Kartoffeln und ebenso war es bei den ätherisierten Knollen.

Während das Ätherisieren auf den Atmungsverlauf einen deutlichen Einfluß ausübte, sind die durch die Zuckerbestimmungen festgestellten Vorgänge in den Kartoffelknollen durch das Ätherisieren nicht merklich beeinflußt worden; wenigstens möchten wir aus den gefundenen kleinen Unterschieden keine weitergehenden Schlüsse ziehen. Hierzu ist zu bemerken, daß ja auch die Kartoffeln im April sich nicht mehr im Ruhezustand befanden und daß daher das Ätherisieren auch keine fördernde Wirkung auf das Triebwachstum mehr ausgeübt hätte. Bei der Bedeutung dieser Feststellung wurde noch ein zweiter Versuch mit gleichbeschaffenen Kartoffeln ausgeführt.

Versuch 2.

Es wurde im ganzen in gleicher Weise verfahren wie bei Versuch 1, nur ließ man den Äther statt einen Tag zwei Tage lang einwirken. Von den nicht ätherisierten Knollen wogen die sofort untersuchten Hälften 309,7 g, die nach dem Versuch untersuchten 310,8 g; von den ätherisierten Knollen die sofort untersuchten Hälften 300,2 g, die am Schlusse untersuchten 302,6 g. Der Verlauf der Atmung bei einer zwischen 19 und 20° C schwankenden Temperatur war der folgende:

Datum	Versuchsdauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde	
		nicht ätherisiert	ätherisiert
		mg	mg
15.—16. April	22 Stunden	**96,8**	**72,6**
16.—17. „	24 „	**99,6**	**101,2**
17.—18. „	24 „	**75,9**	**96,9**
18.—19. „	24 „	**55,6**	**85,9**
19.—20. „	22 „	**47,8**	**62,3**
20.—22. „	48 „	**45,5**	**54,0**
22.—23. „	24 „	**45,1**	**49,3**

Das Ergebnis des Versuches stimmt mit demjenigen des ersten im ganzen überein; die etwas größeren Kohlensäuremengen sind wohl der höheren Versuchstemperatur zuzuschreiben, da der anfängliche

1) Müller-Thurgau, H., Über Zuckeranhäufung in Pflanzenteilen infolge niederer Temperatur. Landwirtsch. Jahrbücher 1882, pag. 764.

Zuckergehalt der Kartoffeln der gleiche wie im ersten Versuche war. Etwas deutlicher als dort tritt die durch das Ätherisieren verursachte Depression der Atmung am ersten Tage hervor, was wohl mit der längeren Dauer der Äthereinwirkung im Zusammenhang steht. Man hat es hier vielleicht mit der Folge einer das Ätherisieren etwa einen Tag überdauernden Narkose der Protoplasten zu tun.

Wie bei dem ersten Versuche, so vermochte auch hier die nachträgliche Ätherwirkung die Atmungsintensität nicht höher zu steigern, als dies durch den hohen Zuckergehalt und den Wundreiz zusammen bei den nicht ätherisierten Knollen der Fall war. Dagegen trat dann im weiteren Verlauf, als diese beiden Reize nachließen, die Ätherwirkung wieder deutlich zutage, indem die Atmungsintensität langsamer sank als bei den nicht ätherisierten. Die Gesamtmenge der ausgeatmeten Kohlensäure war deshalb in den 8 Versuchstagen doch etwas höher als bei den nicht ätherisierten, nämlich 4,1 g gegenüber 3,7 g.

Wie beim vorigen Versuche wurden auch hier von den zusammengehörigen Kartoffelhälften die einen bei Beginn des Atmungsversuches, die anderen am Schlusse desselben auf Zucker untersucht. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Hälften	untersucht am	direkt reduzierender Zucker	Rohrzucker	Gesamtzucker	Veratmeter Zucker	Sonst verschwundener Zucker
		%	%	%	%	%
nicht ätherisiert a	15. April	2,05	0,34	2,41	—	—
nicht ätherisiert b	23. „	0,64	0,11	0,75	0,82	0,84
ätherisiert a	15. April	2,04	0,41	2,47	—	—
ätherisiert b	23. „	0,70	0,02	0,72	0,92	0,83

Hier zeigten die nicht ätherisierten und ätherisierten Kartoffeln anfänglich eine fast vollständige Übereinstimmung in den Zuckergehalten, so daß der Versuch bezüglich der Zuckerumsetzungen noch etwas genauer beweisend ist als der vorhergehende. Wie eine frühere Untersuchung ergab[1]), wird beim Süßwerden der Kartoffeln auch Rohrzucker aufgespeichert, beim Verweilen der Kartoffeln in höherer Temperatur aber auch bald wieder umgesetzt. Auch hier zeigte sich letztere Erscheinung und zwar bei den ätherisierten in etwas höherem Grade als bei den nicht ätherisierten. Da nur beim Zuckerverbrauch

1) Müller-Thurgau, H., Über die Natur des in süßen Kartoffeln sich vorfindenden Zuckers. Landwirtsch. Jahrbücher 1882, pag. 909.

zur Atmung ein Unterschied zwischen den verschieden behandelten Kartoffeln sich einstellte, nicht aber beim sonstigen Verbrauch, so hängt wohl das verschiedene Verhalten des Rohrzuckers irgendwie mit der Atmung zusammen. Wie im vorigen Versuch wird auch hier im Verhältnis zum veratmeten Zucker keine große Zuckermenge zu Stärke rückgebildet, nur ungefähr die gleiche Quantität; es hängt dies mit dem Alter der Knollen zusammen. Bei Beginn des Winters wird beim Lagern süßer Kartoffeln im warmen Raum etwa viermal mehr Zucker rückverwandelt, als die Knollen zur Atmung verbrauchen. Im übrigen zeigt die Tabelle, daß das Ätherisieren auf die inneren Umsetzungen, d. h. speziell auf die Verarbeitung des Zuckers nur einen geringen Einfluß ausübt (gegenüber dem weiterhin untersuchten Vorerwärmen), und es ist also nicht angängig, aus einer Änderung der Atmungsintensität jeweils auf entsprechend große Änderungen in den sonstigen Umsetzungen innerhalb der Pflanzenorgane zu schließen.

B. Vorübergehende Erwärmung (Vorerwärmen) von Kartoffelknollen.

Mit Rücksicht auf den geringen Einfluß des Ätherisierens haben wir ein größeres Gewicht auf Versuche über den Einfluß einer vorübergehenden Erwärmung gelegt.

Bekanntlich stammt die Beobachtung, daß ein vorübergehender Aufenthalt in warmem Wasser in vielen Fällen das Austreiben ruhender Pflanzenteile stark zu beschleunigen vermag, aus Gärtnerkreisen. Die erste Mitteilung über die Anwendung des warmen Wassers in der Frühtreiberei findet sich in Möller's Gärtnerzeitung vom Jahre 1905. Paulig berichtet dort, daß er das Verfahren in einer russischen Gärtnerei kennen lernte und daß Convallariakeime, die 12—16 Stunden in Wasser von 35° lagen, beim Treiben einige Tage früher blühten als die nicht behandelten. Durch diese Mitteilung wurden die Praktiker zu weiteren Versuchen angeregt, und schon im folgenden Jahre konnte Obergärtner Hoffmann in Mannheim mitteilen, daß sich das neue Verfahren auch beim frühen Treiben der Flieder ausgezeichnet bewährt habe. Weitere Versuchsergebnisse veröffentlichten zu Anfang des Jahres 1907 Ledien und bald darauf Löbner, welch letzterer sich auch seither mit dieser Frage weiter beschäftigte. Es lag deshalb im Winter 1906/07 für uns nahe, auch die Einwirkung einer vorübergehenden Erwärmung auf die Lebensvorgänge der Pflanzen in den Kreis unserer Untersuchungen zu ziehen. Wenn auch seitdem, vor allem durch die 1908 und 1909 erschienenen Veröffentlichungen des

Pflanzenphysiologen Molisch[1]), der die Wirksamkeit dieser neuen Treibmethode an etwa 50 Pflanzenarten erprobte, zahlreiche neue Einzelheiten darüber bekannt wurden, so wissen wir bisher doch nichts über den Einfluß des Verfahrens auf die inneren Vorgänge, auf Atmung, Stoffwandlungen, Enzymgehalt usw.

Versuch 3.

Ein im Februar 1907 angestellter Versuch, bei welchem Kartoffeln in Wasser, welches während einer Stunde auf 39—40° gehalten wurde, weilten, andere dagegen in Wasser von 18°, ergab keinen merklichen Einfluß auf die Atmung. Von vornherein mußte angenommen werden, daß die Wärme nur langsam in die Knolle eindrang, und da man die Kartoffeln nach der Erwärmung in Wasser von 15° abkühlte, so konnte die Temperatur von 40° voraussichtlich nur ganz kurze Zeit einwirken. Um hierüber für die weiteren Versuche Gewißheit zu erhalten, wurde noch ein Vorversuch angestellt über den Gang der Temperatur innerhalb einer Kartoffel, die man in Wasser von 40° bringt und hierauf auch wieder in kaltem Wasser abkühlt.

Bei einer Kartoffel von zirka 100 g, die man mit 12° Innentemperatur in Wasser brachte, das dauernd auf 40° erhalten wurde, stieg das Quecksilber des in die Mitte versenkten Thermometers nach 10 Minuten auf 26°, nach 20 Minuten auf 34°, nach 30 Minuten auf 38° und erst nach 40 Minuten auf nahezu 40°.

Brachte man die Kartoffel, nachdem sie vollständig auf 40° erwärmt war, in Wasser von 12°, so sank die Innentemperatur in 10 Minuten auf 27°, nach 20 Minuten auf 18,5°, nach 30 auf 14,9° und nach 40 auf 13,2°. Ein halbstündiges Verweilen in Wasser von 40° reicht also nicht vollständig aus, eine Kartoffel mittlerer Größe auf eine gleiche Temperatur zu erwärmen; wohl aber ist dies nach etwa 40 Minuten der Fall, während beim Verbringen in kaltes Wasser die Temperatur einer solchen Kartoffel dann rasch sinkt.

Am 16. Dezember 1907 wurde nun ein definitiver Versuch begonnen, bei dem die Einwirkung einer längerdauernden Erwärmung der Kartoffeln geprüft werden sollte. Von vier Kartoffeln à ca. 100 g wurden je zwei direkt dem Keller entnommene Knollen zunächst in

---

1) Molisch, H., Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode). I. Teil. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturwiss. Kl., Bd. LXVII, 1908. — II. Teil. Ibidem, Bd. LXVIII, 1909.

Ders., Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena 1909, Gustav Fischer.

Atmungsapparate gebracht, um zuerst zu bestimmen, ob sie ohne verschiedene Behandlung in der Atmungsintensität miteinander übereinstimmten; nach 6 Tagen brachte man die Kartoffeln des einen Apparates in Wasser, das sorgfältig auf einer Temperatur von 39—40° erhalten wurde. Nach 5 Stunden kamen sie sodann in Wasser von $19^1/_2$°, um während einer Stunde auf diese Temperatur abgekühlt zu werden. Die Kartoffeln des andern Apparates hielt man während der ganzen Zeit in Wasser auf $19^1/_2$°. Die ausgeschiedenen Kohlensäuremengen pro Stunde und Kilogramm des Frischgewichtes bei Versuchsbeginn sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Die Versuchstemperatur schwankte zwischen 17 und 19°. Bei diesem und allen folgenden Versuchen standen die Atmungsapparate des gleichen Versuches stets nebeneinander im gleichen Raum, so daß alle Versuchskartoffeln genau den gleichen Wärmegraden ausgesetzt waren. Die Temperaturbestimmungen wurden durch einen neben den Atmungsgefäßen stehenden Thermographen ausgeführt.

I. Kartoffeln während 6 Stunden in Wasser von $19^1/_2$°,
II. „ „ 5 „ „ „ „ 40°.

Datum	Versuchsdauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg u. 1 Stde.	
		I	II
	Stdn.	mg	mg
	Vor der Behandlung		
16.—17. XII.	18	**9,1**	**13,3**
17.—18. XII.	24	**13,6**	**19,4**
18.—19. XII.	24	**15,2**	**13,9**
19.—20. XII.	24	**12,6**	**12,9**
20.—21. XII.	24	**12,6**	**12,9**
21.—22. XII.	24	**13,6**	**12,9**
22.—23. XII.	22	**13,4**	**12,9**
	Nach der Behandlung		
23. XII.	3	**12,6**	**29,3**
23.—24. XII.	15	**12,6**	**28,9**
24. XII.	7	**11,1**	**30,8**
24.—25. XII.	18	**11,6**	**26,4**
25.—26. XII.	24	**11,3**	**21,6**
26.—27. XII.	24	**9,1**	**15,4**
27. XII.	7	**9,1**	**14,9**
27.—28. XII.	17	**9,1**	**13,4**
28.—29. XII.	25	**8,9**	**13,2**
29.—30. XII.	24	**8,9**	**12,2**
30.—31. XII.	27	**9,4**	**13,6**
31. XII.—2. I.	45	**10,6**	**13,6**
2.—3. I.	24	**8,9**	**13,0**
3.—4. I.	24	**8,8**	**13,2**
4.—5. I.	$23^1/_2$	**8,8**	**13,4**
5.—6. I.	24	**8,3**	**14,1**

Nachdem die anfänglichen Schwankungen, teils verursacht durch das Verbringen vom Keller in den wärmeren Raum, teils durch ziemlich starke Temperaturschwankungen in den ersten Versuchstagen, vorüber waren, zeigten die Kartoffeln in den beiden Abteilungen I und II konstante und übereinstimmende Atmungsgrößen. Nach der vorübergehenden, d. h. 5 Stunden dauernden Erwärmung in Wasser von 40° stellte sich nun ein ganz bedeutender Unterschied ein. Bei den nicht er-

wärmten Kartoffeln hat offenbar der Aufenthalt im Wasser keinen Einfluß auf die spätere Atmungsenergie ausgeübt, eine Steigerung trat nicht ein; im Gegenteil hat die Atmung allmählich abgenommen, was bei Kartoffeln, die aus dem kühleren Keller zu höherer Temperatur gebracht werden, regelmäßig eintritt. Bei den anderen Kartoffeln wurde dagegen die Atmung ganz bedeutend, auf mehr als das Doppelte, gesteigert, und zwar dauerte diese starke Steigerung etwa 3—4 Tage. Aber auch später, als sie allmählich nachließ, blieb die Atmung noch während der ganzen Versuchsdauer, also noch 10 Tage weiterhin merklich höher als bei den nicht erwärmten.

Hier ist mit Sicherheit eine Steigerung der Atmung durch vorhergehende Erwärmung, soviel uns bekannt, zum ersten Male nachgewiesen. Da, wie oben bewiesen wurde, die einstündige Erwärmung einen solchen Erfolg nicht hatte, obgleich die Temperatur nachgewiesenermaßen gegen den Schluß hin auf 40° gestiegen war, so muß geschlossen werden, daß nicht die Temperaturschwankung als solche allein die nachher eintretende Atmungssteigerung verursacht, sondern daß es dabei hauptsächlich auf die Dauer der Einwirkung der hohen Temperatur ankommt.

Versuch 4.

Um die Richtigkeit dieses Resultates nachzuprüfen, wurde folgender Versuch angestellt. 6 Kartoffeln der Sorte Magnum bonum wurden in 3 Gruppen gebracht und wogen I = 208,9, II = 180,1, III = 177,5 g. Die Kartoffeln, die am 31. Dezember dem Keller entnommen wurden, blieben bis zum 6. Januar bei Zimmertemperatur liegen, worauf man sie in die Atmungsgefäße einschloß, um ihre Kohlensäureausscheidung zu bestimmen. Am 9. Januar fand sodann die verschiedene Behandlung statt; die Kartoffeln I blieben 10 Stunden lang in Wasser von 15° liegen, die Kartoffeln II brachte man $7^1/_2$ Stunden in Wasser von 15°, hierauf $1^1/_2$ Stunde in Wasser von 40° und schließlich 1 Stunde in Wasser von 15° zum Abkühlen. Die Kartoffeln III kamen zuerst $1^1/_2$ Stunde in Wasser von 40°, dann 1 Stunde in solches von 15°, dann wieder $1^1/_2$ Stunde in Wasser von 40° usf., und schließlich noch 1 Stunde in Wasser von 15°; im ganzen verweilten sie $4 \times 1^1/_2$ Stunden in Wasser von 40°. Die Kohlensäureabgaben, pro Stunde und 1 kg anfängliches Frischgewicht der Kartoffeln berechnet, sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Das Frischgewicht der Kartoffeln hat sich übrigens während des Versuches nur unwesentlich, höchstens um einige Dezigramm geändert.

I. Kartoffeln nicht erwärmt (siehe oben!)
II. „ einmal $1^1/_2$ Stunde lang auf 40° erwärmt.
III. „ viermal $1^1/_2$ „ „ „ 40° „

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
		Vor der Behandlung			
6.—7. I.	15	**10,9**	**13,8**	**11,2**	16—17
7. I.	7	**8,6**	**8,3**	**8,4**	16
7.—8. I.	24	**8,4**	**8,6**	**8,8**	15—16
8.—9. I.	15	**8,3**	**8,2**	**7,8**	15
		Nach der Behandlung			
9.—10. I.	15	**10,8**	**17,5**	**31,0**	16—17
10. I.	7	**9,3**	**17,4**	**32,9**	16—18
10.—11. I.	17	**8,5**	**14,5**	**31,7**	15—16
11. I.	8	**7,9**	**13,6**	**31,7**	15—16
11.—12. I.	17	**7,7**	**11,4**	**26,5**	16—17
12.—13. I.	23	**6,7**	**15,4**	**18,1**	14—16
13. I.	6	**7,0**	**8,8**	**15,8**	15

Die einmalige Erwärmung auf 40° hat diesmal einen Einfluß auf die Atmung ausgeübt; allerdings dauerte die Erwärmung im Innern der Kartoffel mindestens 1 Stunde, also erheblich länger als in dem unter Versuch 3 kurz angedeuteten Falle. Weitaus stärker machte sich der Einfluß einer mehrmaligen Erwärmung geltend; wahrscheinlich kommt hier in erster Linie die längere gesamte Erwärmungsdauer zur Geltung; doch wäre ja nicht ausgeschlossen, daß der mehrmals vorgenommene Wechsel niederer und höherer Temperatur einen atmungssteigernden Reiz auszuüben vermochte. Daß dieser letzte Faktor aber wenig wirksam ist und gegenüber der Dauer der Wärmewirkung kaum in Betracht kommt, geht aus folgendem Versuch hervor.

Versuch 5.

Bei diesem Versuche wurden Kartoffeln der gleichen Sorte verwendet wie vorhin, die man aber vorher durch Lagern bei 0° während eines Monats süß gemacht hatte. Zwei Kartoffeln desselben Vorrates enthielten zu dieser Zeit 3,01 % direkt reduzierenden Zucker und 0,57 % Rohrzucker, zusammen 3,61 % Zucker als Invertzucker berechnet. Aus dem dauernd auf 0° abgekühlten Raume wurden die Kartoffeln sofort zum Versuche verwendet und in 3 Gruppen zu je 2 Knollen gebracht. Gruppe I kam in sorgfältig auf 15° gehaltenes Wasser, Gruppe II gleich in Wasser, das auf 40° gehalten wurde, nach einstündigem Verweilen bei dieser Temperatur wieder in Wasser von

15°, dann wieder auf 40° usf. und in der 8. Stunde wieder auf 15°, also im ganzen 4 × 1 Stunde in Wasser von 40°. Gruppe III kam zuerst 3 Stunden in Wasser von 15°, dann 4 Stunden in solches von 40° und zum Schlusse 1 Stunde in Wasser von 15°, so daß am Ende der 8. Stunde alle Kartoffeln die Temperatur von 15° besaßen und nun in die Atmungsapparate gebracht werden konnten.

I = 252,1 g, dauernd in Wasser von 15°,
II = 246,1 g, intermittierend viermal je 1 Stunde in Wasser von 40° und 15°,
III = 235,9 g, 4 Stunden andauernd in Wasser von 40°, sonst bei 15°.

Die Mengen der nach dieser Behandlung ausgeatmeten Kohlensäure sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Datum	Versuchsdauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
14.—15. I.	16	**31,9**	**49.1**	**62,7**	15—18
15. I.	$7^1/_2$	**32,1**	**38,2**	**43,9**	15—18
15.—16. I.	16	**31.4**	**34,2**	**39,1**	15—18
16. I.	8	**29.6**	**26.7**	**33,2**	15—17
16.—17. I.	16	**27,3**	**22,8**	**24,1**	15—17
17. I.	8	**28,7**	**18,7**	**18,9**	15—18

Die bedeutende Atmungsintensität der nicht auf höhere Temperatur erwärmten Kartoffeln hängt mit ihrem hohen Zuckergehalt zusammen. Eine Woche vorher haben nicht süße Kartoffeln der gleichen Sorte (Versuch 4) nur 8—9 mg Kohlensäure pro Stunde und Kilogramm ausgeatmet bei gleichen Temperaturverhältnissen.

Die Einwirkung der intermittierenden Erwärmung auf 40° vermochte zwar eine merkliche Steigerung der Atmung herbeizuführen; doch etwas beträchtlicher war diese noch bei Gruppe III, bei der die Erwärmung nur einmal, aber dann während 4 Stunden stattfand. Das Resultat kann nicht überraschen, da ja bei der intermittierenden Erwärmung die Kartoffeln wohl 4 Stunden in Wasser von 40° lagen, im Innern aber nicht ganz dieser Zeit entsprechend auf 40° erwärmt waren. Das Gewebe in der Mitte konnte in der betreffenden Stunde jeweils nur etwa während 15—20 Minuten auf 40° erwärmt sein, in den vier Erwärmungsperioden also etwa 60—80 Minuten, während die Kartoffeln von Gruppe III in Wasser von 40° diese Temperatur nach 40—45 Minuten annahmen, aber dann etwa $3^1/_4$ Stunden lang unverändert beibehalten konnten. Bei allen mehr nach außen gelegenen Schichten war natürlich die Differenz der Erwärmungsdauer nicht so groß. Auch hier läßt sich deutlich erkennen, daß nicht die öftere

Wiederholung an und für sich die atmungssteigernde Wirkung ausübt, sondern die Dauer der Erwärmung.

Auffallend erscheint der schnelle Rückgang der Atmung in den beiden erwärmten Gruppen gegenüber den nicht erwärmten; es veranlaßte uns diese Erscheinung, den Versuch zu wiederholen.

Versuch 6.

Es wurden bei dieser Wiederholung Kartoffeln vom gleichen in Eis gelagerten Vorrat wie im vorigen Versuch verwendet, nur brachte man diesmal die Kartoffeln der Gruppe II nicht aus dem Eis direkt in Wasser von 40°, sondern zuerst 1 Stunde in solches von 15°; dadurch wurde die Vorbehandlung der Kartoffeln auf 9 Stunden ausgedehnt, während welcher die Kartoffeln dieser Gruppe sich also befanden je 1 Stunde in Wasser von 15, 40, 15, 40, 15, 40, 15, 40, 15°. Die Kartoffeln I lagen während der ganzen Zeit in Wasser von 15°, diejenigen der Gruppe III zuerst 4 Stunden in Wasser von 15°, dann 4 Stunden in solchem von 40° und zum Schluß wie die anderen noch 1 Stunde bei 15°.

I = 226,1 g, dauernd in Wasser von 15°,
II = 212,5 g, intermittierend je 1 Stunde in Wasser von 15 und 40°,
III = 209,4 g, 4 Stunden andauernd in Wasser von 40°, sonst bei 15°.

Das Ergebnis der sofort in Gang gesetzten Atmungsbestimmungen war folgendes:

Datum	Versuchsdauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
21.—22. I.	15½	**35,6**	**71,4**	**83,4**	21—22
22. I.	8	**28,7**	**54,7**	**54,0**	21
22.—23. I.	16	**24,5**	**46,7**	**44,4**	20—21
23. I.	8	**23,3**	**38,6**	**36,7**	20—21
23.—24. I.	16	**23,0**	**32,4**	**28,6**	19—20
24. I.	8	**22,4**	**24,2**	**20,3**	19—20
24.—25. I.	16	**23,0**	**22,1**	**17,6**	19—20

Die Resultate dieses Versuches stimmen mit denen des vorigen ziemlich überein; doch zeigt ein Vergleich von Kolonne II und III, daß die auf ungleiche Wirkungsdauer der Wärme bei intermittierender und andauernder Vorerwärmung zurückzuführende Atmungsdifferenz keine erhebliche sein kann und die diesbezüglichen kleinen Unterschiede in diesem und dem vorigen Versuche nicht von Bedeutung sind. Dagegen ergab sich auch diesmal, daß die durch viermal wiederholte Er-

wärmung und Abkühlung verursachten Temperaturschwankungen als solche keine wesentliche Steigerung der Atmung herbeizuführen vermögen.

Die noch beträchtlichere Kohlensäureausscheidung in diesem Versuche hängt mit dem höheren Zuckergehalt zusammen. Die Kartoffeln haben eben noch eine Woche länger bei 0° verweilt, als die zu Versuch 5 verwendeten. Die bedeutende Atmungsintensität der Kartoffeln der Gruppe II und III ist also hier wie im vorigen Versuche zwei Einflüssen zuzuschreiben, einmal dem hohen Zuckergehalt und sodann der der Atmungsbestimmung vorausgehenden kurzen Erwärmung. Gerade bei diesen verhältnismäßig früh und bei der günstigsten Temperatur, nämlich 0°, süß gemachten Kartoffeln äußert sich der Einfluß der Erwärmung neben dem des Zuckergehaltes in ganz hervorragender Weise. Die außerordentlich starke Kohlensäureausscheidung in den ersten 15 Stunden müssen wir, gestützt auf andere Versuche, wohl zum Teil einer Aufspeicherung von Kohlensäure in den Kartoffeln während ihres Aufenthaltes in Wasser zuschreiben; naturgemäß hat diese Speicherung beim Aufenthalt in warmem Wasser in höherem Grade als bei den in kühlem Wasser verbliebenen stattgefunden. Diese Bemerkung hat auch Gültigkeit für das erste Atmungsresultat bei Versuch 5. Daß durch diesen Umstand die Atmung der nachfolgenden Stunden nicht mehr wesentlich beeinflußt wird, zeigen unsere Versuche 7 und 8 mit Erwärmen in Luft, und es ist übrigens auch aus Versuch 4 deutlich zu ersehen, indem hier ja die Atmungsgröße nach den ersten 15 Stunden nicht abnahm, sondern sogar noch bedeutender wurde.

Wenn auch in diesem Versuche die Atmung bei den beiden erwärmten Gruppen ebenfalls rasch und zum Schlusse sogar ein wenig unter die der nicht erwärmten sank, so ist der Unterschied im Verhalten der erwärmten und der nicht erwärmten Kartoffeln doch lange nicht in dem Maße hervorgetreten wie in Versuch 5, er soll daher vorläufig nicht zu weiteren Schlußfolgerungen benutzt werden.

Versuch 7.

Bei den vorhergehenden Versuchen wird man sich fragen, inwieweit der lange Aufenthalt in Wasser und die dadurch herbeigeführte intramolekulare Atmung von Einfluß auf das Versuchsergebnis waren und ob nicht durch einen gleich langen Aufenthalt in warmer Luft dieselbe Atmungssteigerung erreicht werden könnte. Der Ausführung eines solchen Versuches stand aber hinderlich entgegen, daß so massige

Organe wie Kartoffeln in Luft von anderer Temperatur sich nur sehr langsam erwärmen oder abkühlen. Es wurden daher die Versuchskartoffeln zuerst durch $1^1/_2$ stündigen Aufenthalt in Wasser auf die gewünschte Temperatur gebracht und dann erst dem längeren Einfluß von warmer oder kalter Luft ausgesetzt.

Man verwendete wiederum Kartoffeln der Sorte Bodensprenger aus dem Keller, und zwar für jede Gruppe zwei. Kartoffeln I wogen 213,1 g, II 171,3 und III 198,2 g. Nachdem vorläufig ihre Atmungsintensität festgestellt war, wurde Gruppe I $1^1/_2$ Stunde in Wasser von 16° gebracht und dann $3^1/_2$ Stunden in Luft von 16°; die Kartoffeln II zuerst in Wasser von 0° und dann $3^1/_2$ Stunden in Luft von 0° und III zuerst $1^1/_2$ Stunde in Wasser von 40° und dann $3^1/_2$ Stunden in Luft von dieser Temperatur. Zum Schlusse legte man alle drei Gruppen, um sie auf gleiche Temperatur zu bringen, während einer Stunde in Wasser von 16°. Während der verschiedenen Behandlung in Luft wurde diese in allen Fällen durch feuchtes Filtrierpapier wassergesättigt erhalten und so eine Differenz in der Transpiration verhindert. Der durch den Wärmeeinfluß verursachte Unterschied in der Atmung der verschiedenen Kartoffeln gleicht sich, wie schon die bisherigen Versuche ergaben, allmählich wieder aus, doch dauert es ziemlich lange, bis ein vollständiger Ausgleich stattgefunden hat. Um auch diesen Punkt zu erledigen, wurde diesmal bei den Kartoffeln nach der Behandlung längere Zeit die ausgeatmete Kohlensäure bestimmt. Als nach 9 Tagen die Atmungsenergie noch nicht genau die gleiche war, unterbrach man den Versuch während 7 Tagen, um nachher nochmals mit den Bestimmungen fortzufahren. In dieser Zwischenzeit, vom 13.—20. Februar, wurden die Kartoffeln in feuchten, mit Filtrierpapier ausgeschlagenen Doppelschalen aufbewahrt.

(Tabelle siehe nächste Seite oben.)

Aus den obigen Zahlen ergiebt sich aufs Deutlichste, daß die Temperaturschwankung als solche eine erhebliche Atmungsverstärkung nicht zu erzielen vermag. Die Kartoffeln der Gruppe II, die von 16° auf 0° abgekühlt und dann wieder auf 16° erwärmt wurdnn, zeigten entweder gar keine oder doch nur eine so geringe Atmungssteigerung, daß sie kaum in Betracht fällt. Ganz anders verhielten sich die Kartoffeln, die von 16° auf 40° erwärmt und dann wieder auf 16° abgekühlt wurden und hierauf eine so beträchtliche Atmungssteigerung aufwiesen. Wir haben die Überzeugung, daß letztere nicht der Temperaturveränderung als solcher, sondern direkt der Einwirkung des hohen Wärmegrades von 40° bei längerer Dauer zuzuschreiben ist. Ein Ver-

		in Wasser			in Luft		in Wasser
I = 1½	Stde.	16°	3½	Stde.	16°	1 Stde.	16°
II = 1½	„	0°	3½	„	0°	1 „	16°
III = 1½	„	40°	3½	„	40°	1 „	16°

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
		Vor der Behandlung			
1.—3. II.	47	**7,6**	**7,3**	**8,7**	15—18
3.—4. II.	24	**6,2**	**6,0**	**6,8**	14—16
		Nach der Behandlung			
4.—5. II.	16½	**6,3**	**7,3**	**20,7**	15—17
5.—6. II.	24	**5,6**	**6,6**	**26,6**	15—17
6.—7. II.	25	**5,7**	**7,3**	**17,3**	15—16
7.—8. II.	23	**5,6**	**7,7**	**12,2**	16—17
8.—10. II.	48	**6,0**	**7,3**	**10,7**	18
10.—11. II.	24	**6,1**	**6,9**	**10,1**	19
11.—12. II.	24	**5,6**	**5,5**	**7,6**	16—19
12.—13. II.	24	**5,8**	**6,5**	**8,0**	16—18
20.—21. II.	24	**6,9**	**8,4**	**9,1**	19—20
21.—22. II.	22	**6,4**	**7,5**	**7,6**	19—21
22.—24. II.	42	**6,3**	**8,0**	**8,9**	20—21
24. II.	8	**7,7**	**8,8**	**9,3**	19—21

gleich der Ergebnisse dieses Versuches mit denen von Versuch 3, bei welchem die Kartoffeln während genau der gleichen Dauer der Wärmeeinwirkung in Wasser sich befanden, ergibt, daß die Einwirkung der warmen Luft nahezu die gleiche Atmungssteigerung verursachte wie diejenige in Wasser. Beim Vergleich der beiden Tabellen ist zu berücksichtigen, daß man es mit verschiedenen Kartoffelsorten zu tun hat. Die Bodensprenger von Versuch 5 zeigten auch ohne Behandlung eine geringere Atmungsstärke als die Magnum bonum von Versuch 3. Außerdem wird ein direkter Vergleich der Zahlen etwas erschwert, weil bei Versuch 7 direkt nach der Wärmeeinwirkung die Kohlensäureabgabe in größeren Zeitintervallen bestimmt wurde als bei Versuch 3.

Aus den Originalzahlen berechnet ergibt sich bei diesen beiden Versuchen für die ersten Zeiten:

		Kohlensäureabgabe pro 1 Stunde und 1 kg		
	Nach Behandlung	nicht erwärmt	erwärmt	Differenz
Versuch 3	(in Wasser) 43 Stunden	11,9	28,3	16,4
Versuch 7	(in Luft) 40½ Stunden	5,8	24,2	18,4

Die vorstehenden Zahlen, welche die Atmung während der ersten Zeit nach der Erwärmung angeben, lassen deutlich erkennen, daß die Erwärmung in Luft (Versuch 7) eine eben so große Atmungssteigerung

zu verursachen vermochte wie die vorübergehende Erwärmung in Wasser in Versuch 3; ja scheinbar ist die Steigerung noch etwas größer; allein es ist zu berücksichtigen, daß in der Zeit von 43 Stunden statt nur $40^1/_2$, wie bei Versuch 3, die Wirkung von $2^1/_2$ Stunden inbegriffen ist, wo die Atmung schon ganz bedeutend vermindert war (vergleiche in der Tabelle die Atmung vom 6.—7. Februar). Auch waren die Temperaturen in den beiden Versuchen nicht so übereinstimmend, daß ein genauer Vergleich zulässig ist. Das Hauptergebnis wird aber hierdurch keineswegs beeinflußt. Vergleicht man obige Kohlensäureausscheidungen in den ersten 43 bzw. $40^1/_2$ Stunden in ihrem gegenseitigen Verhältnis, so ist sie in Versuch 3 durch die 5stündige Erwärmung um das 2,4fache, bei Versuch 7 um das 4,2fache gesteigert worden; diese relativ stärkere Steigerung bei Versuch 7 wird man wohl weniger dem Einfluß der Luft zuschreiben können als vielmehr der anderen Beschaffenheit der Kartoffeln, die sich in einer anfänglich geringeren Atmung erkennen läßt.

Bei den während der ganzen Dauer der Wärmeeinwirkung in Wasser eingetauchten Kartoffeln von Versuch 3 hat wohl während dieser Zeit intramolekulare Atmung stattgefunden, während dies bei den größtenteils in Luft erwärmten von Versuch 7 zweifellos weniger der Fall war. Dieser Umstand hat jedoch auf das eigentliche Versuchsresultat so gut wie nicht eingewirkt, was für die Beurteilung unserer mit Warmwasserbehandlung ausgeführten Versuche von Bedeutung ist.

Während der langen Dauer des Atmungsversuches und der Zwischenzeit vom 13.—20. Februar begannen die Kartoffeln zu keimen; doch hat dieser Vorgang, wenigstens in seinen ersten Anfängen, wie wir in verschiedenen Versuchen beobachteten, keinen nennenswerten Einfluß auf die Atmung; erst wenn die Keime größer werden, etwa 1 mm lang, zeigt sich eine geringe, allmählich zunehmende Atmungssteigerung. Es sind demnach in obiger Tabelle die Angaben bis zum 13. Februar von diesem Umstand noch kaum beeinflußt. Am 20. wurden die Keime gemessen; ihre Gesamtlänge betrug bei Gruppe I 29 mm, II 72 mm und III 30 mm. Auf die Atmungsgrößen vom 20.—24. kann diese Verschiedenheit einen kleinen Einfluß ausgeübt haben, und es ist wohl damit die etwas stärkere Atmung der Kartoffeln II gegenüber I in Zusammenhang zu bringen.

Versuch 8.

Dieser Versuch ist eine Wiederholung von Versuch 7, nur mit dem Unterschiede, daß als Ausgangspunkt für die Gruppe I 20° ge-

wählt wurde, um so die Temperaturschwankung bei der Abkühlung auf 0° und Wiedererwärmung auf 20° und andererseits bei der Erwärmung von 20 auf 40° und Wiederabkühlung genau gleich groß zu gestalten. Ferner dauerte die Erwärmung bzw. Abkühlung 8 statt 5 Stunden.

Die Behandlung der 3 Versuchsgruppen zu je 2 Kartoffeln (gleiche Sorte wie 7, ihre Anfangstemperatur 20°) war folgende:

	Gewicht	In Wasser 9—10 Uhr	In Luft 10—5 Uhr	In Wasser 5—6 Uhr
I	200,3 g	20°	20°	20°
II	179,4 g	0°	0°	20°
III	180,0 g	40°	40°	20°

Die ausgeschiedenen Kohlensäuremengen waren pro 1 Stunde und 1 kg folgende:

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
		Vor der Behandlung			
14.—15. II.	23½	**7,3**	**8,3**	**8,9**	18—20
15.—17. II.	41	**7,8**	**8,1**	**8,2**	19—20
		Nach der Behandlung			
17.—18. II.	14½	**7,7**	**8,5**	**25.6**	18—19
18. II.	8	**7,4**	**8,2**	**35,4**	19
18.—19. II.	16	**6,5**	**7,7**	**24,7**	18—19
19. II.	8	**7,4**	**8,1**	**16,8**	19—20
19.—20. II.	16	**6,3**	**6,6**	**13,8**	18—19
20. II.	8	**5,7**	**6,6**	**11,1**	18—19
24.—25. II.	16	**6,9**	**7,7**	**7,7**	20—21
25.—26. II.	24	**7,2**	**8,3**	**9,2**	20—22
26.—27. II.	24	**6,8**	**7,7**	**8,2**	19—21

Im ganzen bestätigen diese Ergebnisse diejenigen von Versuch 7. Die Temperaturschwankung von 20° auf 0° und dann wieder auf 20° hatte so gut wie keinen atmungssteigernden Einfluß. Dagegen äußerte sich der Einfluß der Erwärmung auf 40° in ausgesprochener Weise, sogar noch stärker als bei Versuch 5, wohl infolge der länger andauernden Erwärmung. Allerdings lassen sich die Zahlen, weil auf verschieden lange Zeiten sich beziehend, nicht direkt vergleichen, und man hätte auch bei Versuch 7 bei häufigerer Wägung in den ersten Tagen sicher ein höheres Ansteigen der Kurve beobachten können, wenn auch nicht so hoch wie bei Versuch 8. Selbst wenn wir die etwas höhere Versuchstemperatur im letzteren Versuche berücksichtigen, gelangen wir doch dazu, der um 3 Stunden längeren Dauer der Wärmeeinwirkung

einen nachweisbaren Einfluß zuzuschreiben. Aber jedenfalls ist der Einfluß der Wärme hier nicht proportional der Dauer ihrer Einwirkung.

Versuch 9.

Es war von Interesse, zu prüfen, inwieweit auch die kurzdauernde Einwirkung von Temperaturen unter 40° imstande ist, eine Erhöhung der Atmung herbeizuführen. Da die Kartoffelsorte der früheren Versuche jetzt ziemlich stark zur Keimung neigte, wurden solche von der Sorte Schneeflocken aus einem anderen Keller verwendet, deren Knollen wohl infolge der kühleren Lagerung noch keinerlei Anzeichen des Austreibens zeigten. Allerdings waren diese Kartoffeln, wie sich später zeigte, etwas süß geworden, eben gerade infolge der kühlen Lagerung.

Es wurden wiederum 3 Versuchsgruppen zu je 2 Kartoffeln gebildet, die, nachdem ihre Atmungsgröße bestimmt war, folgender Behandlung unterworfen wurden:

	Gewicht	In Wasser 8—9 Uhr	In Luft 9—4 Uhr	In Wasser 4—5 Uhr
I	199,5 g	20°	20°	20°
II	203,4 g	35°	35°	20°
III	199,7 g	40°	40°	20°

Die Atmungsbestimmungen vor und nach dieser Behandlung ergaben folgendes:

Datum	Versuchsdauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
		Vor der Behandlung			
27.—28. II.	24	**23,9**	**24,0**	**21,7**	19—20
28.—29. II.	24	**24,9**	**24,8**	**25,7**	18—21
29. II.—2. III.	48	**23,3**	**22,8**	**22,0**	17—19
2.—3. III.	24	**21,4**	**19,6**	**19,4**	17—19
3.—5. III.	48	**21,1**	**18,7**	**18,7**	18—20
5.—6. III.	24	**18,8**	**17,2**	**15,7**	17—18
6.—7. III.	24	**19,7**	**17,0**	**16,9**	17—18
7.—9. III.	46½	**20,4**	**19,2**	**17,0**	20—21
		Nach der Behandlung			
9.—10. III.	15	**18,4**	**18,1**	**23,8**	20—21
10. III.	8	**18,9**	**17,8**	**25,1**	20—22
10.—11. III.	21	**16,1**	**15,8**	**19,4**	19—21
11.—12. III.	19	**16,0**	**15,4**	**16,3**	19—21
12.—13. III.	24½	**16,6**	**15,9**	**15,4**	20—21

Die anfänglich schon hohe Atmungsintensität kann als Folge des erhöhten Zuckergehaltes der süß gewordenen Kartoffeln betrachtet werden. Die 8stündige Erwärmung auf 35° hat keinen deutlich bemerk-

baren Einfluß ausgeübt. Aber auch die Atmungssteigerung, die der 8stündigen Erwärmung auf 40° folgte, hat bei weitem nicht denjenigen Betrag erreicht wie bei den vorhergehenden Versuchen. Es mag dies zum Teil daran liegen, daß die Atmungsintensität schon ohnehin sehr hoch war, es mögen aber auch andere, vorläufig nicht bekannte Gründe hier mitgewirkt haben. Daß sich diese Kartoffeln von anderen auch sonst etwas abweichend verhielten, zeigt die langsame Abnahme der Atmung beim Entsüßen vor der Behandlung und auch das Ergebnis einer später anzuführenden chemischen Untersuchung.

Versuch 10.

Obgleich diese Kartoffelsorte sich gegenüber der Einwirkung höherer Temperatur wenig empfindlich zeigte, so wurden damit doch noch zwei weitere Versuche angestellt, da die anderen Sorten schon gekeimt hatten. Es sollte zunächst geprüft werden, ob noch höhere Wärmegrade, soweit sie die Kartoffeln nicht schädigen, wirksamer sind als 40°.

Die Behandlung der 3 Gruppen zu je 2 Kartoffeln nach vorausgegangener Bestimmung der Atmungsgröße war folgende:

	Gewicht	In Wasser 9—10 Uhr	In Luft 10—5 Uhr	In Wasser 5—6 Uhr
I	211,5 g	20°	20°	20°
II	206,3 g	40°	40°	20°
III	204,9 g	42°	42°	20°

Die Atmungsbestimmungen ergaben folgende ausgeschiedene Kohlensäuremengen:

Datum	Versuchsdauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
		Vor der Behandlung			
13.—14. III.	24	**20,1**	**18,6**	**16,6**	20
14.—16. III.	42	**21,4**	**18,7**	**16,9**	18—20
16.—17. III.	24	**21,8**	**19,9**	**17,1**	19
17.—18. III.	24	**22,2**	**21,5**	**18,2**	19—20
		Nach der Behandlung			
18.—19. III.	15	**19.0**	**28,7**	**28,2**	19—20
19. III.	8	**18,9**	**28,4**	**31,2**	19—20
19.—20. III.	16	**18,1**	**27,5**	**29,8**	19—20
20. III.	8	**18,0**	**24,4**	**28,4**	19
20.—21. III.	16	**18,1**	**22,9**	**24,8**	19—20
21.—23. III.	48	**17,5**	**18,5**	**19.0**	19—21
23.—24. III.	24	**18,2**	**20,4**	**19,5**	
26.—27. III.	24	**14,6**	**19,1**	**17,5**	19—20
27.—28. III.	24	**14,2**	**20,0**	**18,0**	19

Um wieder einmal die Genauigkeit der Methode festzustellen, wurde, nachdem die Apparate längere Zeit funktioniert hatten, der Versuch unterbrochen, man entnahm die Kartoffeln den Gefäßen und leitete nun den Luftstrom während 2 Tagen durch. Die stündliche Gewichtszunahme war folgende:

Datum	Versuchsdauer	I	II	III
24.—25. III.	24	0,1 mg	0,25 mg	0,12 mg
25.—26. III.	16	0,1 mg	0,08 mg	0,07 mg

Die in der Methode liegenden Fehlerquellen sind also so klein, durchschnittlich 0,1 mg, daß sie nicht den geringsten Einfluß auf die Versuchsergebnisse ausüben; selbst die größere Zunahme bei Apparat II am ersten Tage, die auf einen kleinen Rest im Apparat zurückgebliebener, von Kartoffeln produzierter Kohlensäure herrührte, ist ohne Belang.

Die Ergebnisse dieses Versuches bestätigen zum Teil die früheren, indem sich wiederum zeigte, daß durch Erwärmung der Kartoffeln auf 40° die Atmung in der darauffolgenden Zeit beträchtlich gesteigert wird, und zwar während des ganzen, etwa 10 Tage dauernden Versuches, allerdings gegen den Schluß hin mit abnehmender Intensität. Doch war auch am Schlusse des Versuches der Unterschied in der Atmung noch so groß, 20 und 14,2 mg, daß ein vollständiger Ausgleich jedenfalls erst nach längerer Zeit stattgefunden hätte. Ferner hat sich ergeben, daß eine gleich lang dauernde Erwärmung auf 42° eine noch bedeutendere Steigerung zu erzielen vermag. Soweit die Zahlen Schlüsse erlauben, würde sich diese Mehrsteigerung gegenüber 40° nur auf etwa 6 Tage erstrecken. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß die Kartoffeln III vor der Behandlung stündlich etwa 2 mg weniger atmeten als die Kartoffeln II und daß dies dann auch am Schlusse des Versuches wiederum der Fall war. Die Abnahme der Atmung auch bei den nicht erwärmten Kartoffeln ist der allmählichen Entsüßung zuzuschreiben.

Versuch 11.

Da eine andauernde Erwärmung in Luft offenbar nicht so nachteilig wirkt wie in Wasser, wurde versucht, eine noch höhere Temperatur, 44°, einwirken zu lassen. Außerdem wollte man gleichzeitig feststellen, ob nicht auch Temperaturen unter 40° wirksam sein könnten; denn es war doch eine etwas auffällige Erscheinung, daß in Versuch 7 die Erwärmung auf 35° keine deutlich bemerkbare Atmungssteigerung zur Folge hatte. Es wurden nun Temperaturen von 38, 41 und 44° gewählt. Zur Verwendung gelangten Kartoffeln der gleichen Sorte, Schneeflocken aus demselben Vorrat wie in Versuch 9 und 10. Da

diese Kartoffeln durch Lagerung in dem kalten Keller süß geworden waren, lagerte man die zum Versuch bestimmten Knollen während einer Woche unter leicht gelüfteter Glasschale im Dunkelraum bei 20°. Nach Feststellung der ursprünglichen Atmungsgröße wurden die 3 Gruppen zu je 2 Knollen folgendermaßen behandelt:

	Gewicht	In Wasser 9—10 Uhr	In Luft 10—5 Uhr	In Wasser 5—6 Uhr
I	186,0 g	38°	38°	20°
II	187,6 g	41°	41°	20°
III	179,6 g	44°	44°	20°

Die Kohlensäureausscheidung der Kartoffeln war folgende:

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
		Vor der Behandlung			
28.—29. III.	21	**14,0**	**12,8**	**12,8**	19
29.—30. III.	24	**14,7**	**14,3**	**15,8**	19
30.—31. III.	24	**15,8**	**15,6**	**16,9**	20
31. III. bis 1. IV.	21½	**15,7**	**15,5**	**15,8**	16—20
		Nach der Behandlung			
1.—2. IV.	15	**18,5**	**26,2**	**30,2**	19—20
2. IV.	8	**18,0**	**27,6**	**34,0**	19
2.—3. IV.	17	**17,6**	**26,0**	**36,0**	19
3. IV.	7	**17,5**	**23,0**	**35,7**	19—20
3.—4. IV.	17	**14,9**	**19,8**	**31,5**	20
4.—6. IV.	48	**13,3**	**15,0**	**23,8**	20—21
6.—7. IV.	24	**11,6**	**12,8**	**18,0**	19—21
7.—8. IV.	24	**10,7**	**11,6**	**18,5**	19—20
8.—9. IV.	25	**11,7**	**12,1**	**17,3**	19
9.—10. IV.	23	**11,0**	**11,2**	**18,1**	18—19
10.—11. IV.	24	**11,5**	**11,5**	**17,3**	18—19
11.—13. IV.	48	**11,2**	**11,3**	**16,4**	18—19
13.—14. IV.	24	**11,5**	**11,8**	**17,1**	18—19

Die vorübergehende Erwärmung auf 38° hat einen unzweifelhaften Einfluß auf die nachfolgende Atmung ausgeübt, wenn auch die Steigerung nicht sehr bedeutend ist. Da man die Kartoffeln während einer Woche im warmen Raum gelagert hatte, waren sie, wie angestrebt wurde, nicht mehr so süß wie diejenigen von Versuch 10. Daß während einer Lagerung solcher Kartoffeln bei 20° eine Abnahme des Zuckers erfolgt, war schon früher erwiesen; wir wollten aber durch einen speziellen Versuch noch zeigen, in welchem Grade diese Abnahme bei der hier verwendeten Sorte Schneeflocken eintritt, da sie sich auch bezüglich der Atmungsvorgänge von den anderen etwas unterschied. Diese Kartoffeln waren durch langes Lagern in einem kalten Keller bei ca. 5° und gelegentlich darunter süß geworden.

Sechs Knollen wurden der Länge nach halbiert und die Hälften gleich gemacht, die Hälften I (238,8 g) wurden wieder in den Keller zu nunmehr 6° zurückgebracht, die Hälften II (238,7 g) kamen in das Dunkelzimmer zu 20°; beide Gruppen wurden in feucht gehaltenen Doppelschalen aufbewahrt. Nach genau 7 Tagen betrug der direkt reduzierende Zucker in den bei 6° aufbewahrten 2,14 %, in den bei 20° aufbewahrten 1,64 %. Rohrzucker wurde weder in den einen, noch in den anderen gefunden. Sowohl dieser Umstand als auch die geringe Abnahme weisen darauf hin, daß diese Kartoffeln eine eigenartige, von den anderen zu solchen Versuchen verwendeten Kartoffeln abweichende innere Beschaffenheit besaßen, vielleicht verursacht durch die monatelange Lagerung in einem kalten Keller.

Da die Kartoffeln von Versuch 11 ebenfalls vor Beginn des Versuches während einer Woche bei 20° gelagert hatten, so besaßen sie zu dieser Zeit nur etwa 1,6 % Zucker, also weniger als die von Versuch 10, die nach Entnahme aus dem Keller sofort Verwendung fanden; dementsprechend war nun auch die Atmung der ersteren geringer, nur ca. 15 mg pro Kilogramm und Stunde, und sank dann während des Versuches noch weiter bis auf 11,5. Durch eine vorausgehende Erwärmung auf 38° hat immerhin eine maximale Steigerung um etwa 3 mg stattgefunden. Bei 41° war die Atmungssteigerung, wie zu erwarten stand, beträchtlich höher, etwa 12 mg, und 44° vermochte die nachträgliche Atmung noch bedeutend weiter zu steigern, um 20 mg.

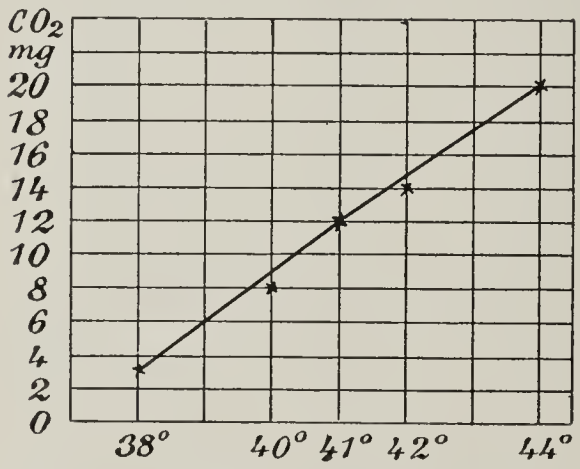


Fig. 1. Höchste Steigerung der Atmung über die normale, verursacht durch eine Vorerwärmung auf 38, 41 und 44° (bei Versuch 11, vgl. Fig. 2) und auf 40 und 42° (bei Versuch 10).

Trägt man diese Größen in ein Koordinatensystem (Fig. 1) und verbindet die Endpunkte, so erhält man eine Linie, die begreiflich erscheinen läßt, daß die Einwirkung von 35° wenigstens bei diesen Kartoffeln keinen atmungssteigernden Einfluß auszuüben vermochte (Versuch 9). Es schien von Interesse, neben dieser Kurve auch die bei 40 und 42° erzielten Atmungssteigerungen einzutragen, die bei der gleichen Kartoffelsorte, allerdings 2 Wochen früher, ohne vorhergehende Entsüßung der Kartoffeln erzielt wurde.

Bemerkenswert ist bei diesem Versuch, daß sowohl die auf 38° als auch die auf 41° erwärmten Kartoffeln nach etwa 8 Tagen so geringe Atmung zeigten, wie es in dieser Jahreszeit sonst bei nicht süßen

Kartoffeln der Fall ist; bei den auf 44° erwärmten Kartoffeln war dagegen ein solches Sinken der Atmung selbst nach 14 Tagen noch nicht zu beobachten. Es scheint, daß diese hohe Temperatur nicht nur stärker, sondern auch in anderer Richtung auf die Stoffmetamorphose in der Kartoffel eingewirkt hat. Deutlicher als aus der Tabelle lassen sich diese Erscheinungen aus nachfolgender graphischer Darstellung erkennen (Fig. 2).

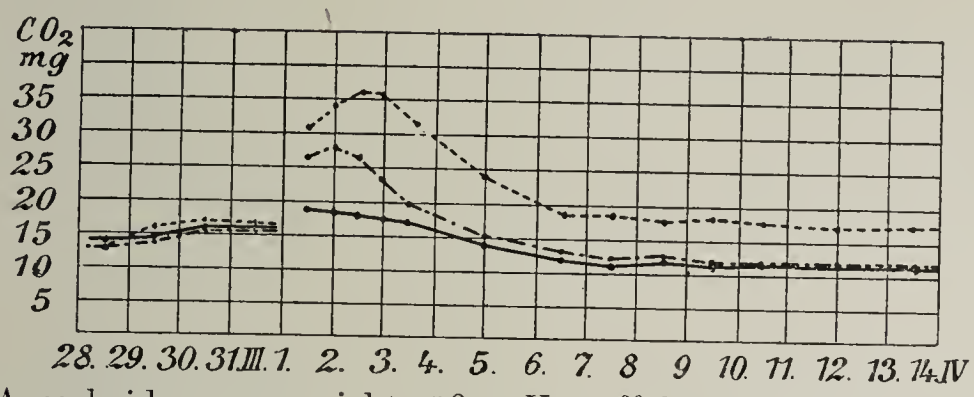


Fig. 2. CO_2-Ausscheidung von nicht süßen Kartoffeln: Vom 28.—31. III. ohne Vorerwärmung bei ca. 19°; am 1. IV. 8 Stunden Vorerwärmung; vom 2.—14. IV. CO_2-Ausscheidung bei ca. 19° bei den auf 38° ———, auf 41° —·—·—·—, auf 44° – – – vorerwärmten Kartoffeln.

Faßt man die in vorstehenden Versuchen beschriebene Einwirkung einer vorübergehenden Erwärmung auf die Atmung in der nachfolgenden Zeit als eine Reizwirkung auf, so wird man in Berücksichtigung anderer Reizwirkungen erwarten können, daß das Maximum der Reizwirkung nicht sofort, sondern erst nach einiger Zeit auftritt. In der Tat lassen unsere Versuche ein solches anfängliches Ansteigen der Wirkung deutlich erkennen, und es scheint uns von Interesse zu sein, daß dieses Ansteigen um so länger dauerte, je stärker der Reiz war. Im vorliegenden Versuche lag das Maximum der Reizwirkung offenbar in den ersten 15 Stunden, bei 41° erst in der zweiten Bestimmungsperiode, ca. 20 Stunden nach Beendigung der Reizeinwirkung, und bei 44° in der dritten Beobachtungsperiode, und zwar nahe an der vierten, etwa 35 Stunden nach beendigter Einwirkung der hohen Temperatur. Die vorhergehenden Versuche zeigen ein ähnliches Verhalten. In Versuch 10 fällt bei Vorerwärmung auf 40° das Maximum in die ersten 15 Stunden, aber offenbar gegen den Schluß hin; bei 42° in die zweite Periode, und zwar etwas näher an die dritte als an die erste, etwa auf die 20. Stunde nach Beendigung der Wärmeeinwirkung; bei Versuch 9 kommt das Maximum von 40° in die zweite Periode, aber nahe an die erste, etwa in die 18. Stunde.

C. Zusammenwirken von Vorerwärmung und Wundreiz.

Um weitere Aufschlüsse über die im Vorstehenden aufgetretenen Fragen zu erhalten, wurden auch Zuckerbestimmungen in den zu den

Versuchen verwendeten Kartoffeln ausgeführt. Da nun nach früheren Versuchen die Kartoffeln selbst der gleichen Sorte in der Zuckerbildung einerseits und in der Atmung und Rückbildung in Stärke andererseits unter sich ziemlich große Verschiedenheit zeigen können, sollten die Zuckerbestimmungen, um brauchbare Resultate zu ergeben, jeweilen in gleich beschaffenen Hälften oder Vierteln der gleichen Knollen vorgenommen werden. Das bedingt aber andererseits, daß zu den folgenden Atmungsversuchen nicht mehr ganze Knollen, sondern nur Teile von solchen zur Verwendung kommen konnten, und es tritt damit ein neues Moment in die Versuche ein, das nicht unberücksichtigt bleiben darf, nämlich der Einfluß des Wundreizes auf die Atmung.

Versuch 12.

Da in Kartoffelknollen verschiedene Vorgänge nebeneinander stattfinden, so ist es nicht immer leicht zu entscheiden, welche von denselben nach einer vorübergehenden Erwärmung eine Änderung zeigen. Von der Atmung ist dies in vorstehenden Versuchen zur Genüge nachgewiesen. Es erschien nun von Interesse, festzustellen, ob auch der Vorgang der Zuckerbildung beeinflußt wird. Da bei höheren Temperaturen die Zuckerbildung durch Atmung und Stärkerückbildung ausgeglichen wird, erachteten wir es als zweckmäßig, nicht süße Kartoffeln nach einer vorübergehenden Erwärmung auf ca. 40° bei 0° zu lagern und zu beobachten, wie nun bei dieser Temperatur, bei der Atmung und Stärkerückbildung sehr gering sind, die Zuckerspeicherung stattfindet im Vergleich zu derjenigen solcher Knollen, die vorher nicht erwärmt worden waren.

Zu diesem Zwecke wurden am 13. November 1908 vier nicht süße Kartoffeln der Sorte Magnum bonum aus dem Keller der Länge nach halbiert; die Hälften der ersten beiden zu Atmungszwecken, die der dritten und vierten zu Zuckerbestimmungen benutzt. Alle Kartoffeln wurden zuerst während einer halben Stunde in Wasser von 12° gebracht, hernach der Länge nach geteilt und die Hälften gewogen; die Hälften a der vier Kartoffeln kamen während 8 Stunden in Luft von 12°, die Hälften b in Luft von 40—41°. Sodann brachte man alle Hälften in Holzkistchen in den Kälteraum von 0°. Von Zeit zu Zeit wurden die Hälften 1a und 2a in einen Rezipienten des Atmungsapparates eingeschlossen, die Hälften 1b und 2b ebenfalls in einen solchen. Diese beiden Atmungsgefäße wurden dann mit geschlossenen Gummischlauchverbindungen in den Kälteraum von 0° gestellt und jeweilen nach ein oder mehreren Tagen herausgenommen und die darin

aufgespeicherte Kohlensäure bestimmt, wobei das Atmungsgefäß von Eis umgeben, auf 0° erhalten blieb.

Die Hälften 3a und 4a kamen zusammen in ein Holzkistchen eingeschlossen ebenfalls in den Kälteraum von 0° und ebenso die Hälften 3b und 4b. In diesen wurde nach Verlauf von 25 und 47 Tagen der mittlerweile aufgespeicherte Zucker bestimmt.

Die Atmungsversuche ergaben folgendes Ergebnis:

Hälften 1a = 99,6 g und 2a = 99,2 g, vorbehandelt bei 12°,
„ 1b = 100,1 g und 2b = 99,1 g, „ bei 40—41°.

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde		Temperatur
		1a und 2a	1b und 2b	
	Stunden	mg	mg	Grad
16.—19. XI.	73	**2,0**	**1,9**	0
8.—10. XII.	58	**4.1**	**3,7**	0
21.—22. XII.	32	**5,4**	**4,8**	0

Ein direkter Einfluß der vorausgehenden Erwärmung auf 40° konnte sich hier kaum zeigen, da ja die Atmung außerordentlich gering ist und die erste Bestimmung erst einige Tage nach jener Einwirkung vorgenommen wurde. Dagegen zeigt sich deutlich, daß die Atmung selbst bei 0° mit dem allmählich steigenden Zuckergehalt der Kartoffeln zunimmt, und zwar bei den vorher auf 40° erwärmten etwas weniger, entsprechend ihrem geringeren Zuckergehalt (siehe folgende Zusammenstellung).

Datum der Untersuchung	Untersucht nach	Nach Erwärmung auf	Direkt reduzierender Zucker	Rohrzucker	Gesamt-zucker
			%	%	%
8. XII.	25 Tagen	12°	2,87	1,08	4,01
		41°	1,92	0,98	2,95
30. XII.	47 Tagen	12°	2,93	2,95	6,03
		41°	2,28	2,04	4,43

Als erstes Resultat tritt uns entgegen, daß die vorausgehende Erwärmung auf 40—41° hemmend auf die Zuckerspeicherung bei 0° einwirkte; diese Hemmung ist sowohl in der ersten Periode von 25 Tagen als auch in der zweiten von 22 Tagen relativ gleich stark zur Geltung gelangt. Von dem am Schlusse des Versuches aufgespeicherten Gesamtzucker sind sowohl bei den erwärmten als bei den nicht erwärmten Kartoffelhälften zwei Drittel in der ersten und ein Drittel in der zweiten Periode aufgespeichert worden.

Vergleicht man aber das Verhalten der verschiedenen Zuckerarten, so bemerkt man sofort, daß die Bildung des direkt reduzierenden Zuckers und diejenige des Rohrzuckers zwei verschiedene, nicht parallel miteinander verlaufende Vorgänge sind. Bei den nicht erwärmten Kartoffeln hat der direkt reduzierende Zucker in der zweiten Periode nicht mehr zugenommen, wohl aber fand nun noch eine ganz bedeutende Ansammlung von Rohrzucker statt, mehr sogar als in der ersten Periode. Es erweckt den Anschein, als ob der schon aufgespeicherte reduzierende Zucker der weiteren Umbildung von Rohrzucker in solchen entgegenwirkt. Auch bei den vorher auf 40° erwärmten Kartoffeln ist die Bildung von reduzierendem Zucker in der zweiten Periode nur noch unbedeutend. Da die Speicherung noch nicht so groß war, konnte offenbar noch solcher gebildet werden, wenn auch nur in beschränktem Maße. Dementsprechend hat auch hier eine stärkere Speicherung von Rohrzucker stattgefunden, nämlich 1,06 %, wenn auch lange nicht in dem Maße, wie bei den nicht erwärmten, wo sie 1,87 % betrug. Vergleicht man die Rohrzuckergehalte der erwärmten und nicht erwärmten Kartoffeln am 8. Dezembər, so ist der Unterschied nur sehr klein, wie wenn die vorausgegangene Erwärmung auf die Bildung dieses Zuckers nur sehr wenig Einfluß ausübte. Erst in der zweiten Periode, nachdem in der ersten eine ungleiche Speicherung von Invertzucker eingetreten ist, beginnt die stärkere Speicherung des Rohrzuckers in den nicht erwärmten Hälften. Von Interesse erscheint jedenfalls auch die lange Nachwirkung der Vorerwärmung, indem die erwärmten Kartoffeln auch in der zweiten Periode weniger Gesamtzucker aufspeicherten als die nicht erwärmten.

Die weiteren Versuche haben uns zu folgender Anschauung über diesen hemmenden Einfluß der Vorerwärmung auf die Zuckerspeicherung geführt. Die wenn auch nur wenige Stunden dauernde Erwärmung auf eine so hohe Temperatur vermag das Protoplasma zu schwächen oder doch vorübergehend etwas zu lähmen, so daß, wenn wir vorläufig von der Atmung absehen, die übrigen Stoffwechselprozesse nach einer solchen kürzeren Wärmeeinwirkung weniger energisch stattfinden. Geht man nun von der Anschauung aus, daß das Süßwerden bei 0° zustande kommt, weil bei dieser Temperatur eine noch ziemlich rege Zuckerbildung stattfindet, der reversible Vorgang, die Rückbildung des Zuckers in Stärke bei so niedriger Temperatur aber nur sehr gering ist, so würde die Schwächung bzw. Lähmung des Protoplasmas eine gleichmäßige Hemmung beider Vorgänge und damit auch eine Verminderung der Zuckerspeicherung zur Folge haben.

Um dies durch Zahlen etwas anschaulicher darzustellen, sei angenommen, die Zuckerbildung bei 0° sei bei den nicht vorerwärmten Kartoffeln 9, die Rückbildung 3, so würde dies eine Zuckerspeicherung von 6 ergeben. Werden durch die Vorerwärmung auf 40° beide Vorgänge um ein Drittel herabgedrückt, so wäre die Zuckerbildung = 6, die Rückbildung = 2 und die Zuckerspeicherung dementsprechend nur noch 4.

Versuch 13.

Weitere Aufschlüsse über die inneren Vorgänge ließen sich erwarten mit schwach süßen und stark süßen Kartoffeln, wenn gleichzeitig Wärmereiz und Wundreiz einwirken konnten. Zu diesem Zwecke wurden am 10. Februar 1907 nicht süße Kartoffeln der Sorte Bodensprenger zu 0° gebracht. Am 22. Februar wählte man sodann 8 möglichst gleiche Kartoffeln aus und brachte 4 während $3^1/_2$ Stunden in Wasser, das auf 39—40° gehalten wurde, und 4 andere in Wasser von 18°. Nach dieser Zeit wurden die erwärmten Kartoffeln in Wasser auf 18° abgekühlt; sodann wurden alle Kartoffeln gleichzeitig dem Wasser entnommen und nach dem Abtrocknen der Länge nach halbiert. Wie bei sämtlichen dieser Versuche brachte man durch Abschneiden an der schwereren Hälfte die beiden Hälften jeder Kartoffel ungefähr auf das gleiche Gewicht. Von den auf 39—40° erwärmten Kartoffeln wurden die einen vier Hälften zunächst zu Atmungsversuchen benutzt und erst nach deren Beendigung auf den Zuckergehalt untersucht. Die bei Zimmertemperatur ausgeführten Atmungsversuche ergaben folgendes Resultat:

I. 4 Hälften 168,5 g, Vorbehandlung in Wasser von 18°,
II. 4 „ 180,0 g, „ „ „ „ 39—40°.

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde	
		I	II
	Stunden	mg	mg
22.—23. II.	$24^1/_2$	**66,2**	**93,7**
23.—25. II.	48	**38,3**	**40,2**
25.—26. II.	24	**33,2**	**31.5**
26.—27. II.	24	**30,1**	**38,4**
27.—28. II.	$23^1/_2$	**26,0**	**38,3**

Gegenüber den bisherigen Versuchen ist die Atmung sowohl bei den erwärmten als auch bei den nicht erwärmten sehr energisch; zum Teil mag diese Erscheinung dem höheren Zuckergehalt zugeschrieben

werden, allein da dieser in den 12 Tagen bei 0° doch nicht sehr bedeutend werden konnte, so kommt wohl dem Verwundungsreiz hier eine Hauptrolle zu. Am ersten Tage hat sich auch der Einfluß der vorübergehenden Erwärmung bemerkbar gemacht, doch ist dieser rasch zurückgetreten. Gegen den Schluß zeigt sich immerhin ein Unterschied in der Weise, daß bei den vorher erwärmten die Atmung nicht in gleichmäßiger Weise und gleich tief sank wie bei den nicht erwärmten.

Die Bestimmung des Zuckergehaltes in den Kartoffelhälften vor und nach diesem Versuche ergab folgendes. Die Zahlen beziehen sich auf die ursprüngliche Frischsubstanz. Diese betrug bei den sofort untersuchten Hälften der auf 18° erwärmten Kartoffeln 168,7 g, bei den auf 40° erwärmten 180,7 g; die Anfangsgewichte der nach der Atmung untersuchten Hälften sind beim Atmungsversuch angegeben.

Vorausgehende Erwärmung auf	Analysiert am	Direkt reduz. Zucker	Rohrzucker	Gesamtzucker	Veratmeter Zucker aus der Kohlensäureabgabe berechnet
		%	%	%	%
18°	22. II.	0,57	0,24	0,83	—
	28. II.	0,37	0,06	0,43	0,38
40°	22. II.	0,51	0,16	0,68	—
	28. II.	0,53	0,27	0,79	0,46

Der anfängliche Zuckergehalt war gering, daher auch der kurzdauernde Einfluß desselben auf die Atmung. Obgleich die bei 18 und 40° vorbehandelten Kartoffelhälften vom 22.—28. Februar genau bei der gleichen Temperatur und überhaupt unter gleichen äußeren Verhältnissen sich befanden, sind doch die inneren Umsetzungen wesentlich verschieden. Die ungleiche Vorerwärmung hat also unzweifelhaft einen Einfluß auf die chemischen Umsetzungen in der Kartoffel ausgeübt. Bei einer Diskussion der Ergebnisse wird man sich vergegenwärtigen müssen, daß in den Kartoffelhälften mehrere Vorgänge nebeneinander stattfinden. Zweifellos ist in den 6 Tagen die Umwandlung von Stärke in Zucker weiter geschritten; es hat sowohl in den bei 18° wie in den bei 40° vorbehandelten Kartoffeln eine Bildung von direkt reduzierendem Zucker stattgefunden, und zwar wahrscheinlich mit der Bildung von Rohrzucker als Zwischenprodukt. Außerdem ist direkt reduzierender Zucker infolge der Atmungsvorgänge verschwunden, „veratmet“ worden, und endlich hat eine Rückbildung von reduzierendem Zucker in Stärke stattgefunden, wahrscheinlich wieder mit Rohrzucker als Übergangsprodukt. Leider ist uns die Größe der Zuckerbildung unbekannt. Sie kann aber

bei den auf 40° erwärmten nicht weniger als 0,59 % betragen haben, selbst wenn wir vorläufig annehmen würden, daß keine Rückbildung von Zucker in Stärke stattgefunden hätte; denn der Gesamtzucker dieser Kartoffeln hat noch um 0,11 % zugenommen und 0,46 % sind veratmet worden.

Schon nach Versuch 12 wissen wir nun, daß bei nicht vorerwärmten Kartoffeln diese Zuckerbildung jedenfalls noch bedeutender war. Angenommen, sie betrug 0,8 %, dazu noch der anfängliche Zucker 0,83 % hinzugezählt, ergibt 1,63 % Zucker, wovon der am Schluß vorhandene und der veratmete, zusammen 0,81 %, abzuziehen sind, und so bleiben 0,8 %, die auf andere Weise, nach unserer Ansicht durch Rückbildung in Stärke, verschwunden sein müssen. So wie wir bei dieser Berechnung annehmen, daß auch die auf 40° erwärmten Kartoffeln noch etwas Zucker in Stärke zurückzubilden vermochten, so steigert sich mindestens um den gleichen Betrag auch die Rückbildung in den nicht erwärmten. Es ist durch den vorstehenden Versuch auf alle Fälle erwiesen, daß durch die Vorerwärmung auf 40° die Fähigkeit des Protoplasmas, Zucker zurückzuverwandeln, vermindert wird.

Die nebeneinander verlaufenden Vorgänge der Zuckerbildung und Rückbildung sind auch die Ursache, daß in süßen Kartoffeln bei längerer Lagerung in einem wärmeren Raume der Zuckergehalt allmählich abnimmt; bei höheren Temperaturen überwiegt eben der letztere Vorgang. Durch die vorausgehende Erwärmung auf 40° werden zwar nach unserer Vorstellung beide Vorgänge abgeschwächt, allein die Entsüßung schreitet doch langsamer vorwärts, wenn diese Abschwächung in relativ gleicher Weise stattfindet.

Ähnlich wie bei vorigem Versuche kann man dies an einem Zahlenbeispiele verdeutlichen. Angenommen, die Zuckerbildung in den süßen Kartoffeln betrage in der Zeiteinheit 12, die Stärkebildung 16, so würde dadurch, abgesehen von der Atmung, eine Zuckerabnahme um 4 verursacht. Denkt man sich nun in den vorher auf 40° erwärmten Kartoffeln diese beiden Vorgänge auf drei Viertel der ursprünglichen Größe herabgesetzt, so betrüge die Zuckerbildung nur noch 9, die Rückbildung 12 und die Zuckerabnahme nur 3, statt wie in den nicht vorerwärmten Kartoffeln 4.

Dieses Vorwalten der Rückbildung über die Zuckerbildung, das bei höheren Temperaturen das Entsüßen der Kartoffeln verursacht, würde schließlich ein vollständiges Verschwinden des Zuckers zur Folge haben müssen; allein es ist begreiflich, daß mit dem Schwinden des Zuckervorrates der Rückbildungsprozeß abnimmt, so daß schließlich

ein gewisser Zuckerrest übrig bleibt. Zuckerbildung einerseits sowie Rückbildung und Atmung andererseits stehen dann im Gleichgewicht. Dieser Gleichgewichtszustand ist bei verschieden alten Kartoffeln nicht derselbe. Je älter die Kartoffeln, desto weniger vollständig ist das Protoplasma imstande, den Zucker zu verarbeiten, desto größer also jeder in nicht süßen Kartoffeln befindliche Zuckerrest [1]). Es scheint nun, daß im vorliegenden Versuche die vorübergehende Erwärmung auf 40° einen ähnlichen Einfluß verursachte wie das Altern, daß die Schwächung bzw. Lähmung des Protoplasmas dieses verhinderte, den Zucker soweit zu erschöpfen, wie es bei den nicht vorerwärmten Kartoffeln der Fall war. So würden wir uns erklären, daß der Gesamtzucker bei den vorerwähnten Kartoffeln sogar noch etwas höher war als am Anfang des Versuches.

Versuch 14.

Die interessanten Ergebnisse des vorigen Versuches ließen eine Wiederholung desselben wünschenswert erscheinen, und zwar sollten, um die besprochenen Vorgänge noch deutlicher zur Erscheinung zu bringen, zuckerreicher gemachte Kartoffeln verwendet werden, und zudem schien es wünschenswert, die Vorerwärmung länger einwirken zu lassen.

Am 20. März wurden 8 Kartoffeln desselben Vorrates wie beim vorigen Versuch, die seit dem 10. Februar, also nun 38 Tage lang, bei 0° gelagert hatten, ausgewählt; 4 von morgens 8 Uhr an während $5^1/_2$ Stunden in Wasser von 15—16°, andere 4 in Wasser, das auf 39—40° erhalten wurde, erwärmt. Hierauf fand eine Abkühlung sämtlicher Kartoffeln in Wasser von 14° statt. Die Kartoffeln wurden wiederum der Länge nach in gleiche Hälften geteilt und jeweils die einen 4 Hälften zur sofortigen chemischen Untersuchung und die 4 korrespondierenden zu Atmungsversuchen benutzt und in diesen letzteren 4 Hälften dann erst am Ende des Versuches der Zucker bestimmt.

Auf	15—16°	erwärmt	4	Hälften	186,7 g, sofort untersucht,
„	15—16°	„	4	„	186,3 g, zuerst zu Atmungsbestimmungen verwendet. I
„	39—40°	„	4	„	183,1 g, sofort untersucht,
„	39—40°	„	4	„	184,7 g, zuerst zu Atmungsbestimmungen verwendet. II

Die Atmungsversuche, die wiederum bei Zimmertemperatur ausgeführt wurden, ergaben folgendes:

---

1) Müller-Thurgau, H., Beitrag zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen. Landwirtsch. Jahrbücher 1885, pag. 866.

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde	
		I	II
	Stunden	mg	mg
20.—21. III.	17½	**72,7**	**110,4**
21.—22. III.	24	**87,6**	**77,8**
22.—23. III.	24	**82,4**	**73,4**
23.—24. III.	24	**66,4**	**44,7**
24.—25. III.	24	**49,1**	**46,5**
25.—26. III.	24	**40,4**	**46,8**
26.—27. III.	24	**35,0**	**42,4**
27. III.	6	**38,6**	**44,4**

Auch hier sind die höheren Atmungsgrößen dem Zucker zuzuschreiben, deutlich tritt dann aber, und zwar auch bei den nicht vorerwärmten, die Wirkung des Wundreizes hervor, indem am zweiten und zum Teil am dritten Tage die Atmung noch energischer stattfindet als in den ersten 17 Stunden. Die starke Kohlensäureausscheidung der vorerwärmten Kartoffeln ist wenigstens in den ersten Stunden sicher darauf zurückzuführen, daß die während der Vorerwärmung im Wasser in den Kartoffeln aufgespeicherte Kohlensäure nun rasch entweichen konnte. Ob die durch die Atmung in den ersten 17½ Stunden selbst erzeugte Kohlensäure nach Abzug dieser aufgespeicherten noch beträchtlicher wäre als bei den nicht vorerwärmten, ließ sich hier nicht feststellen; nach Versuch 15 erscheint es nicht wahrscheinlich. Jedenfalls sank aber die Atmung in den vorerwärmten Kartoffeln rasch unter die der nicht vorerwärmten, wie wenn die Wirkung der vorgängigen Erwärmung diejenige des Wundreizes abzuschwächen oder ganz auszuschalten vermöchte. Die geringere Atmung der nicht vorerwärmten Hälften in den letzten Tagen des Versuches ist wohl ihrem merklich geringeren Zuckergehalt zuzuschreiben.

Im folgenden sind die Ergebnisse der Zuckerbestimmungen in Prozenten der Frischsubstanz zusammengestellt.

Voraus-gehende Er-wärmung auf	Analysiert am	Direkt reduz. Zucker	Rohr-zucker	Gesamt-zucker	Veratmeter Zucker aus der Kohlensäure-abgabe berechnet
Grad		%	%	%	%
16	20. III.	1,87	1,45	3,40	—
	27. III.	0,58	0,60	1,21	0,69
40	20. III.	1,65	1,15	2,86	—
	27. III.	0,92	0,87	1,84	0,69

Die am Schlusse des vorigen Versuches angeführten Darlegungen finden durch die Resultate dieser Zuckerbestimmungen eine Bestätigung. Vor allem tritt hier noch deutlicher der Vorgang der Rückbildung zutage; selbst wenn man von der Annahme ausginge, es hätte während der 7 Versuchstage keine weitere Zuckerbildung stattgefunden, so würde doch der Vorgang der Rückbildung zu erkennen sein; denn bei den nicht vorerwärmten Kartoffeln sind im ganzen 2,19 % Zucker verschwunden, wovon nur 0,69 % „veratmet" wurden. Es müssen also 1,5 % rückgebildet worden sein. Bei den auf 40° vorerwärmten sind 1,02 % Gesamtzucker verschwunden, hiervon wurden 0,69 % „veratmet" und nur 0,33 % rückgebildet. Es wurde also durch die Vorerwärmung der Vorgang der Zuckerrückbildung entschieden abgeschwächt. Nun ist während der 7 Versuchstage selbstverständlich auch Zucker gebildet worden, aber wie wir auf Grund von Versuch 12 wissen, bei den vorerwärmten Kartoffeln weniger als bei den anderen, so daß hierdurch das soeben ausgesprochene Ergebnis nicht beeinträchtigt, sondern noch verschärft wird [1]).

Versuch 15.

Das eigentümliche Verhalten des Wundreizes bei den erwärmten Kartoffeln veranlaßte uns, in einem weiteren Versuche die beiden Einflüsse nochmals zusammenwirken zu lassen. Hierzu wurden Kartoffeln der Sorte Magnum bonum verwendet, die von Mitte Dezember 1907 bis 27. Januar 1908 bei 0° lagen, also süß gemacht worden waren. Vier Kartoffeln wurden ausgewählt, davon zwei während 5 Stunden in Wasser von 15° gelegt, die zwei anderen zuerst während einer Stunde

---

1) Zu diesem und dem vorhergehenden Versuche ist zu bemerken, daß während der vorübergehenden Erwärmung auf 40° wohl eine Zuckerabnahme stattfand, daß dieselbe aber nach einem zu diesem Zwecke ausgeführten Versuche nur sehr gering sein konnte. Bei einer 9 Stunden andauernden Erwärmung auf 40° betrug der Verlust an Gesamtzucker 0,4 %, das würde bei der $3^1/_2$ stündigen Erwärmung bei Versuch 13 etwas über 0,1 %, bei der $5^1/_2$ stündigen Erwärmung in Versuch 14 etwas über 0,2 % ausmachen. Der anfängliche Unterschied der vorerwärmten und nicht vorerwärmten Kartoffeln ist also nicht hierdurch verursacht, sondern durch individuelle Verschiedenheiten der Kartoffeln; durch diese konnten aber die von uns gezogenen Schlußfolgerungen nicht beeinflußt werden, weil die Veränderungen jeweils bei Hälften der gleichen Kartoffeln festgestellt wurden. Auch eine nennenswerte Aufnahme von Wasser hat bei der Vorbehandlung der Kartoffeln nicht stattgefunden; diese wurden eben noch unzerschnitten in das verschieden erwärmte Wasser verbracht. In einem speziellen Fall betrug die Zunahme bei 4stündigem Verweilen in Wasser von 40° und hernach 4 Stunden in solchem von 20° nur 0,2 g pro 100 g Frischsubstanz.

in Wasser von 15° und sodann 4 Stunden lang in Wasser, das auf 40° erhalten wurde. Zum Schlusse brachte man noch alle Kartoffeln während 2 Stunden in Wasser von 15°. Nach dieser Behandlung wurden sämtliche Kartoffeln durch radiale Längsschnitte in je acht gleiche Stücke geteilt und von den zwei nicht erwärmten Kartoffeln 14 solcher Längsschnitze in einen Atmungsapparat gebracht und ebenso 14 Längsstücke von den zwei vorerwärmten Kartoffeln.

I = 168,8 g, in Wasser von 15° und hernach geteilt.
II = 136,9 g, „ „ „ 40° „ „ „

Die Ergebnisse der Atmungsversuche sind folgende:

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde		Temperatur
		I	II	
	Stunden	mg	mg	Grad
27. I.	2	**122,8**	**226,8**	20—21
27.—28. I.	15½	**71,1**	**71.2**	20—21
28. I.	8	**79,0**	**67,9**	21—22
28.—29. I.	16	**88,7**	**61.5**	21—22
29. I.	8	**99,8**	**56,0**	21
29.—30. I.	16	**97,5**	**46.8**	20—21
30. I.	7	**99,4**	**48,7**	20—21
30.—31. I.	16	**86,1**	**47,2**	19—20
31. I.	8	**82,4**	**44,4**	19—20
31. I.—1. II.	16	**73,8**	**42,8**	20

Die auffallend hohen Kohlensäureausscheidungen in den zwei ersten Stunden sind auch hier auf die während des Aufenthaltes in Wasser in den Knollen angehäuften Kohlensäuremengen zurückzuführen. Die bedeutende Atmungsenergie in den auf die zwei ersten Stunden folgenden Zeiten ist zum Teil dem höheren Zuckergehalt, zum Teil aber dem Einflusse des Wundreizes zuzuschreiben. Das allmähliche Ansteigen der Atmung bei den Kartoffelstücken I bis zum zweiten und dritten Tage stimmt mit den schon bekannten Folgeerscheinungen der Verwundung bei verschiedenen Pflanzenteilen überein. Auffällig erscheint das Verhalten der vorerwärmten Kartoffeln II. Wenn man von den zwei ersten Stunden absieht, so hat die Vorerwärmung nicht nur keine Steigerung der Atmung verursacht, sondern es macht vielmehr den Eindruck, als habe die Vorerwärmung die atmungssteigernde Wirkung des Wundreizes zum Teil aufgehoben. Vielleicht daß die durch die Vorerwärmung etwas geschwächten oder gelähmten Protoplasten nicht imstande waren, mit gleicher Energie auf den Wundreiz zu reagieren wie im normalen Zustand bei den nicht vorerwärmten Stücken.

Auch hier schien es in Anbetracht des interessanten Versuchsergebnisses erwünscht, den Versuch zu wiederholen.

Versuch 16.

Es wurde ähnlich verfahren wie beim vorigen Versuche, nur sollten mit den zerschnittenen Kartoffeln auch noch unzerschnittene verglichen werden, um den Einfluß des Wundreizes auf die Atmung besser beurteilen zu können.

Sechs ungefähr gleich große Kartoffeln der Sorte Schneeflocken wurden aus einem Vorrat, den man vom 27. Februar bis 14. April bei 0° gelagert hatte, ausgewählt. (Kartoffeln aus dem gleichen Vorrat enthielten am 27. April 2,91 % direkt reduzierenden Zucker und 1,75 % Rohrzucker.) Von diesen süß gewordenen Kartoffeln wurden zwei während 9 Stunden in Wasser von 20° gelegt, das Wasser hier wie in den folgenden Fällen sorgfältig auf der bestimmten Temperatur gehalten; zwei weitere Kartoffeln wurden ebenso behandelt, aber am Ende der 9 Stunden je in acht Längsstücke (Schnitze) zerlegt. Die zwei folgenden brachte man zunächst $^1/_2$ Stunde in Wasser von 20°, dann $7^1/_2$ Stunden in solches von 40° und endlich 1 Stunde in solches von 20°, worauf sie ebenfalls in je acht Längsschnitze zerlegt wurden. Die Kartoffeln kamen dann nach halbstündigem Verweilen in Luft in die Atmungsgefäße.

I = 187,8 g, Kartoffeln auf 20° erwärmt, nicht zerschnitten.
II = 202,2 g, „ „ 20° „ zerschnitten.
III = 201,0 g, „ „ 40° „ „

(Tabelle siehe nächste Seite oben.)

Die Resultate dieses Versuches und besonders deren graphische Darstellung in Fig. 3 zeigen aufs deutlichste, daß der hohe Zuckergehalt der Kartoffeln wohl eine erhöhte Atmung verursacht, daß aber der Wundreiz noch eine weitere und bedeutendere Steigerung herbeiführt. Wie die im nächsten Versuch angeführten Zuckerbestimmungen bei Kartoffeln der nämlichen Sorte und aus dem gleichen Vorrate beweisen, besitzen solche Knollen selbst nach 7tägiger Atmung auch im zerschnittenen Zustande noch etwa 2 % Zucker, und es ist vielleicht hierdurch zu erklären, daß bei den unzerschnittenen Kartoffeln (I) die Atmungsenergie so langsam abnahm. Bei jugendlicheren Kartoffeln, d. h. solchen, die schon Anfang Winter süß gemacht und entsüßt werden, schreitet letzterer Vorgang rascher voran. Übrigens haben auch in diesem Versuche die unverletzten Kartoffeln vom 11. Tage an eine Abnahme der Atmung gezeigt und es ist diese am Schluß auf 14 mg

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde			Temperatur
		I	II	III	
	Stunden	mg	mg	mg	Grad
14.—15. IV.	14	**19,5**	**66,4**	**77,7**	18—19
15. IV.	9	**25,7**	**76,6**	**68,7**	19
15.—16. IV.	15	**23,4**	**77,0**	**61,4**	18—19
16. IV.	7	**28,3**	**97,1**	**62,5**	18—19
16.—17. IV.	18	**29,8**	**91,6**	**58,5**	19—21
17.—18. IV.	23	**31,3**	**91,3**	**57,6**	17—21
18. IV.	7	**28,2**	**73,2**	**60,9**	17—19
18.—19. IV.	18	**32,0**	**76,3**	**63,8**	18—20
19.—20. IV.	24	**32,3**	**67,6**	**80,3**	20
20.—21. IV.	23	**30,5**	**52,6**	**70,9**	19—20
21.—22. IV.	24	**30,9**	**46,3**	**65,2**	18—19
22.—23. IV.	24	**29,7**	**39,7**	**66,9**	18—19
23.—24. IV.	25	—	**36,4**	**65,4**	18—19
24.—25. IV.	23	**29,1**	**36,2**	**48,9**	19—20
25.—27. IV.	48	**23,1**	**36,4**	**43,8**	18—20
2.—4. V.	46	**16,5**	**28,9**	**42,8**	—
4.—6. V.	48	**16,4**	**28,2**	**42,5**	—
6.—8. V.	48	**14,0**	**23,3**	**37,2**	—

gesunken. Die Schnitze der nicht vorerwärmten Kartoffeln lassen die Wirkung des Wundreizes nicht nur in der bedeutenden Atmungssteigerung erkennen, sondern auch in dem eigentümlichen Verlauf dieser Steigerung, in der allmählichen Zunahme bis zum 2. Tage und dem nachfolgenden langsamen Sinken. Selbst 3 Wochen später, bei Beendigung des Versuches, atmeten diese Kartoffelteile noch bedeutend stärker als die im übrigen gleich behandelten unverletzten Kartoffeln. Ganz eigenartig ist nun aber wiederum der Verlauf der Atmung bei den Stücken der zwei

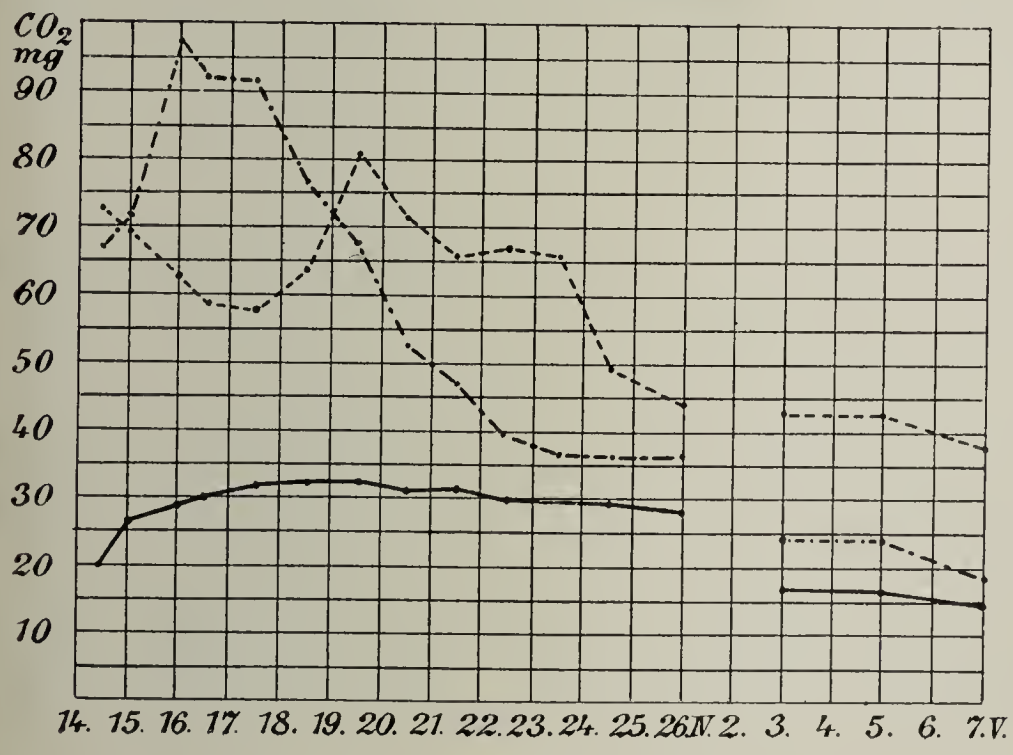


Fig. 3. CO_2-Ausscheidung von süßen Kartoffeln bei ca. 19°: nicht vorerwärmt, unverletzt ———, nicht vorerwärmt, zerschnitten —·—·—·—, vorerwärmt und zerschnitten – – –.

vorerwärmten Kartoffeln. Wie schon bei früheren Versuchen, vermochte auch hier die vorausgegangene Erwärmung auf 40° nicht etwa noch eine weitere Steigerung der Atmung herbeizuführen, sondern man erhält den Eindruck, daß dieser Einfluß demjenigen des Wundreizes entgegenwirkt. Der Verlauf der Atmung zeigt eine eigentümliche Verschiebung gegenüber derjenigen der nicht vorerwärmten Kartoffeln. Während bei diesen die Atmungsgrößen, graphisch dargestellt, eine anfangs aufsteigende und allmählich gleichmäßig fallende Kurve darstellen (Fig. 3), fällt diese Atmungskurve bei den Stücken der vorerwärmten zuerst, um am 4. Tage zu steigen und hernach wieder zu fallen, wie wenn die Wirkung des Wundreizes in den ersten Tagen gehemmt worden wäre und nun erst nachträglich zu besserer Geltung gelangen konnte. Wenn überhaupt, so wäre jedenfalls die Atmung der vorerwärmten Stücke erst nach langer Zeit auf die ursprüngliche Höhe gesunken, denn selbst nach 3 Wochen ist sie noch $2^1/_2$ mal größer als bei den nicht verletzten Kartoffeln. Diese Erscheinung ist wenigstens zum Teil der Vorerwärmung zuzuschreiben, wenn auch die Verletzung in ähnlichem Sinne wirkte, wie das Verhalten der nicht vorerwärmten Stücke zeigt.

Wenn man die Einwirkung der Vorerwärmung auf die Atmung als Reizwirkung betrachten wollte, so würde man es hier mit einer Art Folgeerscheinung zu tun haben, wie sie bis jetzt bei Reizerscheinungen nicht beobachtet wurde. Es führt daher auch dieser Versuch eher zu der Anschauung, daß die Vorerwärmung auf 40° eine Art vorübergehender Lähmung oder Betäubung verursacht, der dann eine längerdauernde Schwächung folgt. Der Betäubung würde im vorliegenden Falle die Depression der Atmungskurve bis zum 5. Tage zuzuschreiben sein, der andauernden Schwächung dagegen die geringere Fähigkeit der Stärkerückbildung und die andauernd gesteigerte Kohlensäureausscheidung gegenüber den nicht erwärmten.

Versuch 17.

In mehreren der vorgängigen Versuche zeigten die vorerwärmten Kartoffeln bei der ersten Atmungsperiode eine auffallend hohe Kohlensäureausscheidung. Wie bereits erwähnt, schreiben wir dieselbe dem Umstand zu, daß die Kartoffeln während des Aufenthalts in warmem Wasser die bei der intramolekularen Atmung entstehende Kohlensäure nicht oder nur zum geringen Teil nach außen abgeben konnten und daß dies erst bei dem Aufenthalt in der Luft des Atmungsapparates geschehen ist. Bei ganzen Kartoffeln würde sich diese nachträgliche Kohlensäureabgabe auf einen etwas längeren Zeitraum verteilen, immerhin

nach etwa 10 Stunden beendigt sein, während bei zerschnittenen Kartoffeln die Ausscheidung naturgemäß rasch vor sich ginge und nach wenigen Stunden beendigt wäre (vgl. Versuch 15). Um diesen Versuchsfehler zu vermeiden, wurden diesmal die Kartoffeln zerschnitten und in feuchter Luft erwärmt. Gleichzeitig wollte man noch einmal die Folgen der Erwärmung auf den inneren Stoffwechsel untersuchen; man verfuhr dabei folgendermaßen:

Es wurden am 11. Mai von 10 Kartoffeln (Schneeflocken), die vom 25. Februar an bei 0° verweilten, 2 ganz gelassen, die übrigen 8, nachdem sie während $^1/_2$ Stunde durch Aufenthalt in Wasser von 20° etwas erwärmt waren, zunächst halbiert in die Längshälften A und B, jede dieser Hälften wurde nochmals der Länge nach geteilt und die beiden Viertel A unter sich gleich gemacht, ebenso die Viertel B unter sich. Alle Viertel A_1 bildeten nun zusammen eine Gruppe, die in Gewicht und innerer Beschaffenheit mit den 8 Vierteln A_2 vollständig übereinstimmte. Ebenso waren die Gruppen B_1 und B_2 unter sich gleich und, weil von den gleichen Kartoffeln, wie die Gruppen A stammend, jedenfalls auch von diesen nicht wesentlich verschieden. Es wurden nun die nicht zerschnittenen 2 Kartoffeln sowie die Gruppen A_1 und A_2 während 9 Stunden in einem feuchten Raume bei 20° gelagert, die Gruppen B_1 und B_2 während der gleichen Zeit in feuchter Luft von 42°, zum Schlusse wurden letztere dann noch in Luft von 20° während 1 Stunde abgekühlt. Nach dieser Behandlung wurden die Gruppen A_1 und B_1 sofort zum Zwecke der chemischen Untersuchung verarbeitet. Die 2 ganzen Kartoffeln, sowie die 8 Stücke A_2 und die 8 Stücke B_2 wurden in Atmungsapparate eingeschlossen und diese Stücke erst am Schlusse des Atmungsversuches untersucht. Diese befanden sich während der ganzen Versuchsdauer in einem sog. Brutraum, dessen Temperatur konstant auf 20° erhalten werden konnte.

Die Ergebnisse der Atmungsversuche waren folgende:

I =	ganze Kartoffeln	.	176,0 g,	9	Stunden	in	Luft	von 20°
II =	8 Längsstücke	. .	175,1 g,	9	„	„	„	„ 20°
III =	8 „	. .	184,7 g,	9	„	„	„	„ 42°

(Tabelle siehe nächste Seite oben.)

Diese Ergebnisse zeigen im ganzen Übereinstimmung mit denen des vorhergehenden Versuches. Die Abweichungen sind teils darauf zurückzuführen, daß die Atmung während der ersten 9 Stunden nach dem Zerschneiden nicht bestimmt wurde, daher z. B. der Wegfall der hohen Atmungszahl bei III in der ersten Atmungsperiode (vgl. III in Versuch 16). Sodann bedingt es selbstverständlich einen Unterschied,

Datum	Versuchs-dauer	Kohlensäureausscheidung pro 1 kg und 1 Stunde		
		I	II	III
	Stunden	mg	mg	mg
11.—12. V.	13½	**29,7**	**75,7**	**49,4**
12. V.	8	**31,3**	**79,3**	**58,7**
12.—13. V.	15	**28,2**	**71,4**	**59,6**
13. V.	9	**26,6**	**83,2**	**59,0**
13.—14. V.	15	**33,7**	**76,0**	**65,6**
14.—15. V.	33	**29,8**	**74,0**	**55,7**
15.—17. V.	48	**29,2**	**54,7**	**55,5**
17.—18. V.	16	**25,9**	**45,6**	**50,9**

ob die Kartoffeln erst zerschnitten und dann dem Einfluß der verschieden hohen Temperaturen ausgesetzt wurden oder ob das Zerschneiden erst nach der Temperaturwirkung stattfindet, wie in Versuch 16. Wie in diesem, so hat auch in Versuch 17 der Wundreiz eine ganz bedeutende Atmungssteigerung verursacht, die dann etwa vom 5. Tage an abnahm. Wundreiz und vorhergehende Erwärmung auf 42° haben dagegen zusammenwirkend die Atmungsintensität nicht auf die nämliche Höhe gebracht.

Während bei ganzen Kartoffeln eine vorhergehende Erwärmung auf 41 und 44° unzweifelhaft eine Atmungssteigerung verursachte, hat eine derartige Erwärmung (42°) bei zerschnittenen Kartoffeln die durch den Wundreiz herbeigeführte Atmungssteigerung bedeutend zu erniedrigen vermocht.

Von der Zeit an, wo die Wirkung des Wundreizes nachläßt, sinkt bei den nicht vorerwärmten Kartoffelstücken II die Atmung ständig (vgl. auch Versuch 16), während sie bei den vorerwärmten viel langsamer abnimmt und für längere Zeit auf einer bedeutenden Höhe verbleibt.

In diesem Versuche wurden die Atmungsbestimmungen nur während 7 Tagen ausgeführt, um bezüglich der inneren Vorgänge möglichst klare Resultate zu erhalten. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchung sofort nach der Erwärmung auf 20 und 42° und sodann 7 Tage später in den zu den Atmungsversuchen benutzten Stücken ergaben die in folgender Tabelle zusammengestellten Resultate. Hierzu sei nochmals bemerkt, daß die vier verschiedenen Portionen von den gleichen Kartoffeln stammten, also unter sich direkt vergleichbar und nicht durch individuelle Verschiedenheiten beeinflußt sind.

(Tabelle siehe nächste Seite oben.)

Obgleich die auf 20 und 42° vorerwärmten Kartoffelstücke von den gleichen Kartoffeln stammten, also vor der Erwärmung gleich beschaffen waren, zeigten sie bei der nach 9stündiger Wärmeeinwirkung

Stücke	Voraus-gehende Er-wärmung auf	Analysiert am	Direkt reduz. Zucker	Rohr-zucker	Gesamt-zucker	Veratmeter Zucker aus der Kohlensäure-abgabe berechnet
			%	%	%	%
A_1	20°	11. V.	3,76	0,96	4,77	—
A_2		18. V.	1,60	0,34	1,95	0,71
B_1	42°	11. V.	3,26	1,42	4,75	—
B_2		18. V.	2,07	0,68	2,75	0,60

durchgeführten Untersuchung doch schon einen Unterschied, wenn auch weniger im Gesamtzucker, als vielmehr in einem hohen Gehalt an Rohrzucker bei den auf 42° erwärmten Stücken. Diese Verschiedenheit machte sich dann auch 7 Tage später bei den zur Atmung benutzten Stücken noch geltend und es kann wohl diese Erscheinung als eine sofortige und auch andauernde Folge der Erwärmung auf 42° betrachtet werden.

Während der 7 Tage, da die Kartoffelstücke in den Atmungsapparaten verweilten, betrug die Gesamtmenge der ausgeatmeten Kohlensäure bei den auf 42° vorerwärmten Kartoffelstücken etwas weniger als bei den nicht vorerwärmten, nämlich 1,11 gegenüber 1,24 g. Dementsprechend ist auch der Unterschied im veratmeten Zucker nicht groß, so daß man meinen könnte, die Vorerwärmung auf 42° hätte auf den Stoffwechsel keinen großen Einfluß ausgeübt. Die chemische Untersuchung ergibt aber das Gegenteil, und es mag schon hier hervorgehoben sein, daß die Atmungsgrößen allein keinen richtigen Maßstab für die übrigen Vorgänge abgeben. Während bei den nur auf 20° vorerwärmten Stücken der direkt reduzierende Zucker um 2,16 % abgenommen hat, betrug diese Abnahme bei den auf 42° erwärmten nur 1,19 % und auch das Verhalten des Rohrzuckers war ein ähnliches.

Sowohl bei den auf 20 als bei den auf 42° vorerwärmten Stücken betrug die Abnahme an Gesamtzucker bedeutend mehr als der ausgeatmeten Kohlensäure entspricht; es muß also ein Teil des Zuckers anderswie verwendet, nach unserer Ansicht in Stärke oder eine ähnliche Substanz rückverwandelt worden sein. Und zwar fand diese Rückverwandlung bei den auf 42° C erwärmten in merklich geringerem Maße statt als bei den anderen; sie betrug:

	20°	42°
Abnahme an Gesamtzucker	2,82 %	2,00 %
Bei der Atmung verbrauchter Zucker . . .	0,71 %	0,60 %
Zur Rückbildung verwendeter Zucker . . .	2,11 %	1,40 %

Der Rückbildungsprozeß war in Wirklichkeit noch bedeutender, da in den 7 Tagen auch Zucker neugebildet wurde. Dieses Resultat stimmt mit dem von Versuch 14 auf pag. 342 beschriebenen überein und läßt wiederum erkennen, daß die kurzdauernde Erwärmung auf eine solche Temperatur eine gewisse Schwächung der Protoplasten verursacht. Als Folgeerscheinungen dieser Schwächung wären zu betrachten: 1. die geringere Fähigkeit der Zellen, auf den Wundreiz durch gesteigerte Atmung zu reagieren; 2. ein geringeres Vermögen der Zuckerbildung aus Stärke (Versuch 12); 3. eine geringere Fähigkeit, den aufgespeicherten Zucker in Stärke zurückzuverwandeln, und 4. die langsame Rückkehr zu den vor Einwirkung von Wärme und Wundreiz obwaltenden Atmungsverhältnissen. Eine zusammenfassende Besprechung dieser Versuche wird am Schlusse der Abhandlung folgen.

D. Einfluß der Vorerwärmung auf das Austreiben.

Bei den früher mitgeteilten Atmungsversuchen wendeten wir unsere Aufmerksamkeit natürlich auch einem etwaigen Einfluß des Vorerwärmens auf das Verhalten der Knospen der Kartoffeln zu. Eine Beschleunigung des Auskeimens durch vorausgehende Einwirkung hoher Temperaturen konnte hier jedoch in keinem Falle beobachtet werden, im Gegenteil schien eher eine Hemmung einzutreten. Um die Frage näher zu untersuchen, wurden einige Versuche angestellt.

Versuch 18.

Am 1. Oktober wurden zwei gleich beschaffene Portionen von Kartoffeln zu 10 Stück im September geerntete Magnum bonum dem Keller entnommen. Portion A erwärmte man während 8 Stunden in Wasser auf 35°, Portion B während der gleichen Zeit in Wasser von 15°. Hierauf kamen beide Portionen in eine große Holzkiste mit Gartenerde, die im Laboratoriumskeller bei 8—10° aufgestellt und mit Brettern zugedeckt wurde.

Am 30. Oktober zeigte sich bei den auf 35° vorerwärmten Knollen noch keine Spur von Keimung, während von den nur auf 15° erwärmten Kartoffeln 6 Stück je 1—4 Keime von höchstens 4 mm Länge, 2 Knollen je einen 2 cm langen Keim besaßen; eine weitere Kartoffel hatte einen 1,5 cm langen und 3 kleinere Keime, die letzte einen 12 cm und einen 1 cm langen Keim. Es hatte aber beim Vorerwärmen der Knollen auf 35° nicht etwa ein Absterben der Knospen stattgefunden; denn

nicht nur war keine Spur einer äußerlichen Beschädigung nachzuweisen, sondern es zeigte sich überdies bei einer weiteren Kontrolle am 11. November, daß auch die vorerwärmten Kartoffeln nun gekeimt hatten.

Versuch 19.

Hier sollte neben der Temperatur von 35° auch diejenige von 30° geprüft werden; sodann war zu untersuchen, ob die Vorbehandlung in Luft von 15° gegenüber Wasser von 15° einen Unterschied bedingt und endlich, wie sich süß gewordene Kartoffeln bei der Vorerwärmung verhalten. Die Kartoffeln gehörten dem gleichen Vorrat wie die des vorigen Versuches an, und es wurde mit dem Versuch am 30. Oktober begonnen, dabei verfahren wie in Versuch 18 und das Fortschreiten der Keimung am 11. November und am 15. Februar notiert.

Je 8 Stunden in	Kontrolle vom 11. November			Kontrolle vom 15. Februar		
	Zahl der gekeimten Kartoffeln	Zahl der Keime	Gesamtlänge der Keime	Zahl der gekeimten Kartoffeln	Zahl der Keime	Gesamtlänge der Keime
			cm			cm
a) Wasser von 35° .	0	0	0	9	24	236
b) „ „ 30° .	4	4	1,2	10	25	509
c) „ „ 15° .	10	10	14,3	10	15	535
d) Luft von 15° . .	10	10	9,8	9	15	471
e) Süß; Wasser von 35°	0	0	0	8	49	511

Es hat also auch hier eine Vorerwärmung auf 35° genügt, das Austreiben der Knospen zurückzuhalten, und zwar sowohl bei den nicht süßen als auch bei den süßen Kartoffeln. Außerdem haben die am 11. November angestellten Beobachtungen sogar eine hemmende Wirkung der Vorerwärmung auf 30° deutlich gezeigt, wenn die Hemmung auch nicht so beträchtlich war wie bei 35°. Ob die Kartoffeln bei der Vorbehandlung in Wasser oder in Luft von 15° verweilten, vermochte eine verschiedene Wirkung nicht hervorzubringen. Es ist die hemmende Wirkung des Wassers von 30° demnach nicht der Berührung mit Wasser, sondern der Erwärmung zuzuschreiben. Beim weiteren Wachstum haben sich dann die Unterschiede zwischen den verschieden vorbehandelten Kartoffeln einigermaßen ausgeglichen. Ganz auffällig war das Verhalten der süßen, auf 35° vorerwärmten Kartoffeln. Obgleich zwei Exemplare schon bei der Entnahme aus dem Eis Faulstellen zeigten und in der Erde dann ganz verdarben, hat diese Gruppe, die bis zur ersten Beobachtung nicht austrieb (Folge der Vorerwärmung) bei der zweiten Beobachtung weitaus am meisten Keime aufgewiesen,

auf 10 Kartoffeln berechnet, viermal mehr Keime als die bei 15° behandelten. Auch in der Gesamtlänge der Keime übertrafen diese Kartoffeln alle übrigen. An diesem nachträglichen starken Keimen und Wachstum dürfte der höhere Zuckergehalt mitgewirkt haben.

Daß am 11. November auch die süßen, auf 35° vorerwärmten Kartoffeln noch nicht ausgetrieben hatten, weist darauf hin, daß es sich hier um eine direkte hemmende Einwirkung auf die Protoplasten der Knospen handelt, die das Wachstum zurückhält, obgleich Zucker im Kartoffelgewebe reichlich vorhanden war.

Wie aus den Versuchen 18 und 19 hervorgeht, wirkte die Vorerwärmung bei Kartoffeln also nicht fördernd auf das Austreiben ein, wie man nach den oben mitgeteilten Erfahrungen in der Flieder- und Maiblumentreiberei hätte erwarten können, sondern direkt hemmend. Doch ist dieses Ergebnis bei näherem Zusehen nicht so auffällig, wie es auf den ersten Blick erscheinen könnte. Die zitierten Arbeiten von Johannsen und Molisch haben nämlich gezeigt, daß überhaupt nicht alle Pflanzen, die man daraufhin untersuchte, durch Ätherisieren oder Warmbad im Austreiben gleichmäßig gefördert werden. Aber auch bei jenen Pflanzen, welche sich für die Behandlung mit Äther oder warmem Wasser zur Frühtreiberei ausgezeichnet eignen, kann je nach der Tiefe der Ruheperiode zu verschiedenen Zeiten ein und dieselbe Art der Vorbehandlung fördernd oder hemmend auf das Austreiben der Knospen einwirken oder auch ohne sichtbaren Einfluß sein. Demnach kann uns das verzögerte Austreiben der vorerwärmten Kartoffeln nicht weiter überraschen; spätere Versuche müssen zeigen, in welcher Weise die Vorerwärmung das Austreiben solcher Knollen beeinflußt, die noch früher als die bisherigen untersucht werden.

E. Diastatische Enzyme in Kartoffeln.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß bei den Stoffwechselvorgängen in Kartoffeln diastatische Enzyme eine Rolle spielen, und es lag daher nahe zu untersuchen, ob die Abkühlung auf 0° beim Süßwerden, ob ferner eine Vorerwärmung auf 35, 40 usw. Grad in erster Linie die Bildung von Enzymen und erst dadurch den eigentlichen Stoffwechsel zu beeinflussen vermögen. Bevor jedoch diese eigentlichen Fragen in Angriff genommen werden konnten, waren zunächst die Methoden zur Gewinnung und Prüfung der Enzyme, speziell für Kartoffeln, noch genauer zu erforschen, und es zeigten sich hierbei nun so bedeutende Schwierigkeiten, daß wir vorläufig bezüglich der aufgeworfenen Fragen nur wenige Versuche mitteilen können.

Zur Gewinnung des diastatischen Enzyms aus Kartoffeln schlossen wir uns den Versuchen von Grüß[1]) an. Mit Rücksicht auf die Hemmung, welche Gerbstoff auf die diastatische Wirkung ausübt, schlug dieser vor, Kartoffelknollen fein zu zerreiben und mit Glyzerin auszuziehen. Ließ er eine solche Mischung 5 Tage lang stehen, so war der nun gewonnene Auszug imstande, eine diastatische Wirkung auf Stärkekleister auszuüben. In Scheiben zerschnittene Kartoffeln, direkt mit Glyzerin ausgezogen, ergaben dagegen kein Enzym, ebenso nicht, wenn die Scheiben vorher durch Alkohol getötet worden waren. Allerdings fand Grüß auch mit der ersten Methode nur eine verhältnismäßig schwache Wirkung.

Bei unseren im nachfolgenden beschriebenen Versuchen verfuhren wir im wesentlichen derart, daß die Kartoffeln auf einer feinen Feile in Glyzerin zerrieben wurden. In der Regel wurden 200 g Kartoffeln und 150 ccm konzentriertes Glyzerin verwendet. Dem Ganzen wurden darauf 3 ccm Toluol zugesetzt und nun gründlich vermischt. Ein so bemessener Zusatz von Toluol ist geeignet, das Auftreten von Bakterien zu verhindern (Buchner)[2]), ohne die Wirkung des diastatischen Enzyms zu beeinträchtigen[3]).

Diesen Brei ließ man nach dem Vorgehen von Grüß gewöhnlich 5 Tage lang bei 12—15° C in zugedeckter Schale stehen; vielleicht hätte auch eine etwas kürzere Zeit zum Ausziehen genügt, doch lag es nicht in unserer Absicht, diese Nebenfrage näher zu untersuchen.

Nach dieser Zeit wurde der Brei durch ein dichtes Tuch ausgepreßt und der so gewonnene Auszug in einem Meßzylinder während einiger Zeit stehen gelassen zum Absetzen noch vorhandener fester Bestandteile. Die schon klar gewordenen Schichten wurden dann zum Versuche verwendet, in einigen Versuchen direkt, in anderen nach Filtration usw. In den ersten Versuchen glaubten wir die Einwirkung dieses Auszuges auf Stärkekleister mittelst der Jodreaktion verfolgen zu können; diese Methode erwies sich aber bald als ungeeignet, indem einerseits die diastatische Wirkung des Kartoffelsaftes doch nur eine schwache ist und andererseits die durch Oxydasewirkung verursachte Braunfärbung der Säfte kleinere Farbenunterschiede verdeckt. Man war daher genötigt, die Einwirkung der Enzyme durch chemische Bestimmung des Zuckers nachzuweisen.

1) Grüß, J., Über das Verhalten des diastatischen Enzyms in der Keimpflanze. Jahrbücher f. wiss. Bot. 1894, Bd. XXVI, pag. 388.

2) Buchner, Ed., in „Zymasegärung". München u. Berlin 1903, pag. 177.

3) Eisenberg, Elfriede, Beiträge zur Kenntnis der Entstehungsbedingungen diastatischer Enzyme in höheren Pflanzen. Flora 1907, Bd. 97, pag. 350.

Zu diesem Behufe wurden jeweilen abgemessene Mengen des Kartoffelauszuges und eines 1 % igen Stärkekleisters aus löslicher Stärke gemischt, durch einen weiteren Toluolzusatz der Toluolgehalt wieder auf 1 % gebracht, bei einer bestimmten Temperatur aufgestellt und dann auf Zucker untersucht. In einer ganz gleich hergestellten Probe wurde der Zucker gleich anfangs bestimmt, um den schon von der Kartoffel herrührenden oder während des Ausziehens entstandenen Zucker in Abzug bringen zu können. Bei dieser Zuckeruntersuchung wurde so verfahren, daß eine Portion direkt mit Bleiessig behandelt, hernach filtriert, mit Sodalösung neutralisiert und zum Schlusse nochmals filtriert wurde. In der so gewonnenen Lösung bestimmte man den Gehalt an direkt reduzierendem Zucker. Ein anderer Teil der Lösung wurde vor der Behandlung mit Bleiessig mit $^1/_2$ % einer Salzsäurelösung vom spezifischen Gewicht 1,125 während $^1/_2$ Stunde auf dem Wasserbad erwärmt. Meist ergab die so behandelte Lösung einen etwas höheren Zuckergehalt als die direkt verwendete. Welcher Art nun aber dieser Zucker ist, bzw. welchem Vorgange die Zunahme der Kupferverbindung reduzierenden Fähigkeit zuzuschreiben ist, entzieht sich unserer Beobachtung. Der Umstand, daß in süßen Kartoffeln Rohrzucker nachgewiesen wurde [1]), berechtigt nicht, ohne weiteres anzunehmen, daß auch hier die Zunahme an reduzierendem Zucker infolge der Behandlung mit Säure ausschließlich einem Gehalt an Rohrzucker zuzuschreiben sei. Auf Grund dieser Bedenken und des weiteren, daß, wie Vorversuche schließen ließen, bei der auch nur kürzeren Einwirkung von Salzsäure der Stärkekleister doch etwas angegriffen werden könnte, führen wir die Befunde von nach Säureeinwirkung gefundenem Zucker hier nicht an.

Versuch 20.

In mehreren Versuchen wollten wir feststellen, ob bei längerem Verweilen von Kartoffeln bei 0° ihr Enzymgehalt verändert wird, d. h. ob vielleicht das Süßwerden zurückzuführen wäre auf eine wesentliche Zunahme eines diastatischen Enzyms oder aber auf einen verminderten Verbrauch des Zuckers zur Atmung und zur Stärkebildung. In einem ersten Versuche, in dem die Kartoffelauszüge nur 6 und 24 Stunden mit dem Stärkekleister vermischt waren, ergab sich so gut wie keine diastatische Wirkung; man ließ daher jetzt den Kartoffelauszug 48 und 96 Stunden einwirken. Verwendet wurden Kartoffeln Magnum bonum

1) Siehe Anmerkung pag. 315.

des gleichen Vorrates, die zum Teil in einem guten Hauskeller lagerten (nicht süße), zum Teil seit 9. November in einer von Eis umgebenen Kiste bei 0° (süße Kartoffeln) aufbewahrt wurden.

Am 15. Januar wurden nun je 2 süße und nicht süße Kartoffeln durch Abschneiden auf 200 g reduziert und in der beschriebenen Weise zerrieben und mit Glyzerin ausgezogen. Am 21. Januar vermischte man sodann je 3 Proben von 40 ccm des gewonnenen Saftes mit 60 ccm Kleister, eine Probe wurde sofort untersucht, die anderen stellten wir in verschlossenen Kolben in den Brutraum zu 25°. Mit der nun ausgeführten chemischen Untersuchung gingen Hand in Hand öfters vorgenommene Versuche, mit Hilfe der Jodprobe das Verschwinden der Stärke nachzuweisen; aber wie schon erwähnt, lieferten diese Versuche hier sowohl wie auch späterhin nur unzuverlässige Resultate, so daß wir nicht weiter darauf eingehen wollen. Zur chemischen Untersuchung wurden von der Mischung des Kartoffelauszuges mit dem Stärkekleister jeweilen 40 ccm benutzt, sie erfuhren bei der Behandlung mit Bleiessig eine Verdünnung auf 83,3, wovon dann 25 ccm zur Reduktion benutzt wurden. In dieser und der nachfolgenden Zusammenstellung ist nun der Zuckergehalt der jeweils zur Untersuchung benutzten 25 ccm in Milligramm ausgedrückt. Auf eine Ausrechnung auf die Kartoffelsubstanz haben wir, weil doch nicht genau durchführbar, verzichtet; übrigens geben die mitgeteilten Zahlen, da immer gleich verfahren wurde, genügende Auskunft.

Das Ergebnis dieses Versuches war folgendes:

	Nicht süße Kartoffeln		Süße Kartoffeln	
	Direkt reduz. Zucker	Zunahme	Direkt reduz. Zucker	Zunahme
	mg	mg	mg	mg
Vor der Einwirkung des Enzyms	23,4	—	113,8	—
Nach 48stündiger Einwirkung des Enzyms	55,0	31,6	142,0	28,2
Nach 96stündiger Einwirkung des Enzyms	42,6	19,2	147,1	33,3

Der Versuch hat unzweifelhaft ergeben, daß die Kartoffeln ein zuckerbildendes Enzym enthalten, und zwar sowohl süße als nicht süße Kartoffeln. Während der 48stündigen Einwirkung der Kartoffelauszüge auf Stärkekleister hat der direkt reduzierende Zucker bei beiden fast in gleicher Weise zugenommen. In den folgenden 48 Stunden machte sich nun allerdings ein Unterschied bemerkbar, indem bei dem Saft aus süßen Kartoffeln nur noch eine kleine Zunahme eintrat, bei dem aus nicht

süßen aber geradezu eine Abnahme. Auf letztere bei einigen weiteren Versuchen sich wiederholende Erscheinung soll dort näher eingetreten werden.

Versuch 21.

Am 19. Februar wurde ein ähnlicher Versuch mit gleichen Kartoffeln, und zwar mit 200 g süßen und 200 g nicht süßen ausgeführt. Dabei sollte aber die Frage beantwortet werden, welchen Einfluß verschiedene Temperatur auf die diastatische Wirksamkeit des Kartoffelsaftes ausübt. Der bei einigen Versuchen gefundene Rückgang des Zuckers bei längerdauernder Einwirkung, und zwar regelmäßig nur bei hoher Temperatur, veranlaßte uns, zum Vergleich 0 und 12° zu benutzen und die Mischungen von Stärkekleister und Kartoffelsaft bei diesen beiden Temperaturen 3 und 7 Tage lang zu erhalten.

Das Ergebnis war folgendes:

	Nicht süße Kartoffeln		Süße Kartoffeln	
	Direkt reduz. Zucker	Zunahme	Direkt reduz. Zucker	Zunahme
	mg	mg	mg	mg
Vor der Einwirkung des Enzyms	13,0	—	70,8	—
Nach 3tägiger Einwirkung des Enzyms bei 0°	17,0	4,0	74,5	3,7
Nach 7tägiger Einwirkung des Enzyms bei 0°	28,6	15,6	80,9	10,1
Vor der Einwirkung des Enzyms	13,0	—	70,8	—
Nach 3tägiger Einwirkung des Enzyms bei 12°	33,4	20,4	86,7	15,9
Nach 7tägiger Einwirkung des Enzyms bei 12°	50,7	37,7	102,4	31,6

Auch dieser Versuch beweist das Vorhandensein eines diastatischen Fermentes in den Kartoffeln. Ein wesentlicher Unterschied zwischen süßen und nicht süßen Kartoffeln hat sich dagegen nicht herausgestellt; die kleine Differenz zugunsten der nicht süßen muß individuellen Verschiedenheiten der Kartoffeln zugeschrieben werden; denn bei einem 20 Tage später vorgenommenen Versuch (22) mit gleichen Kartoffeln zeigte der Auszug aus den nicht süßen Kartoffeln eine geringere diastatische Wirkung als derjenige süßer Kartoffeln. Nur bei Übereinstimmung der Resultate hätte man auf einen Mehrgehalt der süßen Kartoffeln schließen können. Wir ziehen daraus die Schlußfolgerung, daß die Zuckerspeicherung der Kartoffeln bei 0° nicht etwa einer vermehrten Bildung von diastatischem Enzym zuzuschreiben ist, sondern vielmehr einer gehemmten Verarbeitung des entstehenden Zuckers.

Aus dem Versuch geht ferner hervor, daß das diastatische Ferment bei 12° energischer wirkt als bei 0°, daß aber auch bei 0° eine deutlich nachweisbare Zuckerbildung stattfindet. Gerade letzteres Resultat scheint mit Rücksicht auf das Süßwerden der Kartoffeln von Interesse zu sein. Wenn bei 12° die Kartoffeln nicht süß werden, obgleich die Enzymwirkung bei dieser Temperatur beträchtlicher ist, so führt dies doch zu der Annahme, daß hier andere Vorgänge in beträchtlichem Maße in gegenteiliger Richtung wirken, d. h. Zucker verbrauchen.

Versuch 22.

Am 11. März wurde der vorige Versuch, da die Methode eine Bestätigung des Ergebnisses wünschenswert erscheinen ließ, in gleicher Weise wiederholt. Das Resultat war folgendes:

	Nicht süße Kartoffeln		Süße Kartoffeln	
	Direkt reduz. Zucker	Zunahme	Direkt reduz. Zucker	Zunahme
	mg	mg	mg	mg
Vor der Einwirkung des Enzyms	14,9	—	116,3	—
Nach 3tägiger Einwirkung des Enzyms bei 0°	17,2	2,3	120,9	4,6
Nach 7tägiger Einwirkung des Enzyms bei 0°	20,9	5,9	126,7	10,4
Vor der Einwirkung des Enzyms	14,9	—	116,3	—
Nach 3tägiger Einwirkung des Enzyms bei 12°	21,7	6,8	128,8	12,5
Nach 7tägiger Einwirkung des Enzyms bei 12°	28,0	13,1	143,6	27,3

Obgleich dieser Versuch genau in der gleichen Weise wie der vorige angestellt wurde, zeigte nun diesmal der Auszug aus den süßen Kartoffeln die größere diastatische Wirkung, so daß wir wohl berechtigt waren, diese Unterschiede der individuellen Verschiedenheit der Kartoffeln zuzuschreiben. Im übrigen sind die Resultate eine volle Bestätigung derjenigen des vorigen Versuches.

Versuch 23.

Der entgegengesetzte Vorgang des Süßwerdens bei Kartoffeln findet statt, wenn man schon süß gewordene in einen Raum von höherer Temperatur bringt. Nachgewiesenermaßen verschwindet dann der Zucker, und zwar rascher bei Kartoffeln, die noch nicht so weit von der Ruheperiode entfernt sind. Inwieweit bei diesem Verschwinden von Zucker sog. Stärkebildner tätig sind oder nur eine enzymatische Umwandlung

des Zuckers in dextrinartige Körper oder Übergangsglieder zur Stärke wirksam sind, ist zurzeit nicht festgestellt. Es schien uns nun von Interesse, zunächst nachzuweisen, ob bei diesem Vorgang des Entsüßens die diastatischen zuckerbildenden Fermente verschwinden, um den rückbildenden Vorgängen nicht entgegenzuwirken, und ferner zu beobachten, ob vielleicht die Wirkung inversibler Fermente sich bemerkbar mache. Zu diesem Zwecke wurden süße Kartoffeln des gleichen Vorrates, wie diejenigen des vorigen Versuches, vom 17.—22. März in einen Kellerraum mit 11—12° verbracht und am letzten Tage 200 g dieser entsüßten und 200 g der im Eise verbliebenen Kartoffeln in der bisherigen Weise untersucht. Es stellte sich nun heraus, daß bei dieser Temperatur von 11—12° eine bemerkenswerte Zuckerabnahme nicht stattgefunden hatte; auch das Verhalten der Auszüge mit Stärkekleister ergab nichts Neues. Es wurde dieser Versuch daher nochmals ausgeführt, die Kartoffeln aber vom 10.—15. April in den Brutraum zu 25° gebracht und hierauf diese Kartoffeln zusammen mit direkt dem Eis entnommenen zum Versuch verwendet. Wie nachfolgend zusammengestellte Resultate erkennen lassen, hat nun in diesen 5 Tagen ein nennenswertes Entsüßen stattgefunden. Die Mischungen von Kartoffelsaft und Stärke ließ man diesmal bei 0° und bei 12° wirken.

	Entsüßte Kartoffeln		Süße Kartoffeln	
	Direkt reduz. Zucker	Zunahme	Direkt reduz. Zucker	Zunahme
	mg	mg	mg	mg
Vor der Einwirkung des Enzyms	21,4	—	63,9	—
Nach 3tägiger Einwirkung des Enzyms bei 0°	24,5	3,1	65,0	1,1
Nach 6tägiger Einwirkung des Enzyms bei 0°	28,0	6,6	69,9	6,0
Vor der Einwirkung des Enzyms	21,4	—	63,9	—
Nach 3tägiger Einwirkung des Enzyms bei 20°	28.8	7,4	69,6	5,7
Nach 6tägiger Einwirkung des Enzyms bei 20°	35,7	14,3	83,8	19,9

Ein grundsätzlicher Unterschied im Verhalten der Säfte der süßen und der entsüßten Kartoffeln hat sich nicht gezeigt. Bei der Verschiedenheit der einzelnen Kartoffeln darf auf den Unterschied von 5 mg am 6. Tage nicht viel Gewicht gelegt werden. Jedenfalls ist aber durch diesen Versuch erwiesen worden, daß auch in Kartoffeln, bei denen die Rückbildung des Zuckers in vollem Gange sich befindet, bei plötzlichem Unterbruch dieses Vorganges und sofortiger Verarbeitung

der Kartoffeln der Saft diastatisches Enzym enthält. Zuckeranhäufung und das Verschwinden von Zucker beim Entsüßen läßt sich also nicht etwa zurückführen auf das Auftreten und Verschwinden zuckerbildender und -rückbildender Enzyme, sondern ist wohl eher dadurch zu erklären, daß diese Enzyme durch verschieden hohe Temperaturen und andere Umstände in ungleicher Weise beeinflußt werden. Da auch der Saft aus süßen Kartoffeln im Gemisch mit Stärkekleister in der Regel noch an Zucker zunimmt, könnte man allerdings denken, daß ein zuckerrückbildendes reversibles Ferment im Kartoffelauszuge sich nicht findet, daß es entweder sich nicht ausziehen läßt oder daß die bei höherer Temperatur vorwiegende reversible Wirkung nicht durch ein eigentliches Enzym, sondern durch geformtes Protoplasma (Leukoplasten, Stärkebildner) vollzogen wird. Immerhin lassen einige unserer Versuche die Vermutung aufkommen, es könnten doch im Saft der Kartoffeln auch reversible Fermente sich vorfinden, wenn sie auch vielleicht schwieriger auszuziehen sind als die diastatischen Enzyme. Einer dieser Versuche möge im nachfolgenden noch beschrieben werden.

Versuch 24.

Am 8. Februar wurden den seit 3 Monaten im Eis liegenden Kartoffeln 3 entnommen und 400 g ihrer Substanz mit 300 ccm Glyzerin zerrieben, der Saft nach 4 Tagen abgepreßt und bei 5—6° C filtriert. Von diesem filtrierten Saft wurden nun Mischungen mit Stärkekleister hergestellt, ein Teil der Proben bei 0°, ein anderer bei 25° aufgestellt. Die chemische Untersuchung ergab folgendes:

	Enzymwirkung bei 0°		Enzymwirkung bei 25°	
	Direkt reduz. Zucker	Zunahme	Direkt reduz. Zucker	Zunahme
	mg	mg	mg	mg
Vor der Einwirkung des Enzyms	30,8	—	30,8	—
Nach 6tägiger Einwirkung des Enzyms	45,3	14,5	59,3	28,5
Nach 12tägiger Einwirkung des Enzyms	48,6	17,8	49,0	18,2

Bei diesem Versuche konnte das ungleiche Verhalten der Auszüge aus verschiedenen Kartoffelindividuen keine Trübung des Resultates verursachen; denn alle Proben waren mit Teilen desselben Auszuges angestellt. Bei 0° zeigte sich in den ersten 6 Tagen eine deutliche diastatische Wirkung, die auch in den folgenden 6 Tagen noch etwas weiter ging. Anders bei den bei 25° aufgestellten Proben. Allerdings war in den ersten 6 Tagen bei dieser Temperatur die diastatische

Wirkung bedeutender, zirka doppelt so groß wie bei 0°, aber in den nachfolgenden 6 Tagen fand keine Zunahme des Zuckers mehr statt, im Gegenteil eine Abnahme, eine Erscheinung, die wir auf die Tätigkeit eines reversiblen Fermentes zurückführen möchten.

Versuch 25.

Bei unseren sämtlichen bisherigen mitgeteilten Versuchen konnte die Anwesenheit eines diastatischen Enzyms mit Sicherheit festgestellt werden; allerdings handelte es sich dabei um Kartoffeln, die schon längere Zeit im Keller gelagert hatten. Es erschien daher von Interesse, noch zu prüfen, wie sich vor kurzem dem Boden entnommene Kartoffeln in dieser Beziehung verhalten. Kartoffeln der Sorte Magnum bonum, vom gleichen Landwirte wie die früheren, wurden Ende September bezogen, am 18. Oktober nach dem gleichen Verfahren, wie in den früheren Versuchen, auf die Anwesenheit eines diastatischen Enzyms untersucht, und es ergab der ausgepreßte Saft folgenden Einfluß auf Stärkekleister.

Zuckergehalt der Mischung:	Direkt reduz. Zucker mg	Zunahme mg
Vor der Einwirkung des Enzyms	14,0	—
Nach 48stünd. Einwirkung des Enzyms bei 20°	22,8	8,8
„ 96 „ „ „ „ „ 20°	25,8	11,8

Wenn auch diese Kartoffeln nicht sofort nach der Entnahme aus der Erde zur Untersuchung kamen, so können sie doch als frische, nur kurz gelagerte angesehen werden. Es hat der Versuch unzweifelhaft ergeben, daß auch der Saft solcher Kartoffeln diastatisch wirksam ist, und zwar war hier die Wirkung nicht geringer als bei Versuch 23, wo die Zuckerzunahme bei entsüßten Kartoffeln ebenfalls bei 20° nach 3- und 6tägiger Einwirkung des Enzyms 7,4 und 14 mg betrug.

F. Einfluß des Vorerwärmens auf die diastatischen Enzyme der Maiblumenkeime.

Wir beabsichtigten nun, durch Versuche zu entscheiden, ob durch eine Vorerwärmung im Enzymgehalt von Kartoffeln eine nachweisbare Veränderung eintritt und ob die Wirkungen des Vorerwärmens auf die Atmung und die sonstigen Stoffwechselvorgänge hiermit in einem gewissen Zusammenhange stehen. Die Versuche ergaben vorläufig keine entscheidende Auskunft, und es wurde daher ein anderes Versuchsmaterial gewählt, und zwar mit Rücksicht auf die schönen Erfolge, die ein Vorerwärmen auf das Austreiben ergibt, die Keime von Convallaria

majalis. Leider war die Zeit schon etwas vorgerückt, so daß schon bald nach Beginn dieser Versuche die Ruheperiode beendigt war. Zwei der Versuche mögen im nachfolgenden mitgeteilt sein.

Versuch 26.

Da die mit Glyzerin gewonnenen Auszüge beim Filtrieren usw. ziemliche Schwierigkeiten bereiten, wurde durch einige Vorversuche zunächst festgestellt, ob es angängig sei, bei den Maiblumenkeimen einen wässerigen Auszug zu gewinnen und dann dessen diastatische Wirkung zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurden 50 Maiblumenkeime zunächst so präpariert, daß man sämtliche Wurzeln entfernte und ebenso das Rhizom, mit Ausnahme eines $^1/_2$ cm langen Stückes unterhalb der Ansatzstelle des äußersten Hüllblattes der Knospe. Es wurde so verfahren wegen der außerordentlichen Verschiedenheit der tiefer liegenden Rhizomteile, die keine große Hoffnung auf vergleichbare Resultate aufkommen ließen. Diese verkürzten Keime wurden gewogen und über Nacht in einer Kältemischung zum Erfrieren gebracht und am Morgen, nachdem sie aufgetaut waren, in einem Mörser mit Sand und Wasser zerrieben. Die ganze Masse wurde dann auf ein dichtes Tuch gebracht, öfters mit Wasser ausgepreßt und die gesammelten Auszüge auf 500 ccm gebracht. Ein mit solchem Saft angestellter Versuch ergab beim Zusammenbringen mit Kleister die Anwesenheit eines diastatischen Enzyms, indem in den Proben nach 2 Tagen durch Jod sich keine Stärke mehr nachweisen ließ. Mit Rücksicht auf solche Resultate verzichteten wir nun bei den Maiblumenkeimen auf die Anwendung von Glyzerin und stellten die Auszüge immer mit Wasser in der oben beschriebenen Weise her. Wir waren uns dabei wohl bewußt, daß wegen des auch hier vorhandenen Gerbstoffes auf diese Weise nicht alles diastatische Enzym zu gewinnen bzw. zur Wirkung zu bringen war; allein bei diesen Versuchen lassen sich ja ohnehin keine absoluten Werte gewinnen, und wir gingen von der Annahme aus, daß der hierdurch verursachte Fehler in den verschiedenen Fällen sich ausgleichen werde und daß deshalb die relativen Zahlen genügend beweisend sein würden.

Bei der Bestimmung der diastatischen Wirkung wurden von den 500 ccm Saft 250 ccm mit der gleichen Menge 1 %igem Kleister vermischt und 1 % = 5 ccm Toluol zugesetzt. Bei der Zuckerbestimmung fand dann bei der Behandlung mit Bleiessig und Soda eine Verdünnung dieser Mischung von 100 zu 121 ccm statt und hiervon wurden je 25 ccm direkt verwendet und ergaben jeweils die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Zuckermengen.

250 Maiblumenkeime wurden am 7. Dezember in fünf möglichst gleiche Gruppen gebracht, wovon 3×50 in Wasser von 33—34° während 9 Stunden vorerwärmt und 2×50 während der gleichen Zeit in Wasser von 14—15° liegen gelassen wurden. Nach der Vorerwärmung verwendete man eine Portion à 50 sofort zur Untersuchung, die beiden anderen vorerwärmten Proben und die beiden nicht vorerwärmten wurden in der üblichen Weise in Töpfe eingepflanzt und zum Vortreiben in den Treibraum des Gewächshauses verbracht, dessen Temperatur zwischen 20 und 25° schwankte. Nach 13 Tagen wurde je eine Portion vorerwärmte und nicht vorerwärmte Keime der Erde entnommen, in der oben beschriebenen Weise eingekürzt und untersucht. Die noch in der Erde verbliebenen Portionen dienten zu Beobachtungen über das Austreiben. Es möge hier gleich bemerkt sein, daß die Vorerwärmung hier nur einen geringen Einfluß auf das Austreiben hatte, wohl weil die geeignetste Zeit hierfür schon vorüber war. Es trieben nicht nur die vorerwärmten, sondern auch die nicht vorerwärmten bald kräftig aus. Ein kleiner Unterschied zugunsten der vorerwärmten war anfangs noch zu bemerken, wurde aber bald ausgeglichen. Mehr als in der Wachstumsgeschwindigkeit der Blütenstiele und Blätter zeigte sich ein Unterschied hinsichtlich der Zahl der austreibenden Blätter, indem diese bei den nicht vorerwärmten Keimen geringer war.

Die Untersuchung des Einflusses der gewonnenen Auszüge aus Kleister ist in folgendem zusammengestellt:

Je 50 zugeschnittene Maiblumenkeime	Gewicht der Keime zur Zeit der Untersuchung	Direkt reduzierender Zucker	Zunahme	Zunahme auf gleiches Frischgewicht umgerechnet
	g	mg	mg	mg
a) Sofort nach 9stündigem Warmbad untersucht .	37,7	—	—	—
Vor der Einwirkung des Enzyms	—	17,3	—	—
Nach 8stündiger Einwirkung des Enzyms	—	77,8	60,5	160,3
b) 13 Tage im Treibraum nach 9stündigem Warmbad	45,6	—	—	—
Vor der Einwirkung des Enzyms	—	17,9	—	—
Nach 8stündiger Einwirkung des Enzyms	—	99,5	81,6	179,5
c) 13 Tage im Treibraum ohne Warmbad	43,8	—	—	—
Vor der Einwirkung des Enzyms	—	14,6	—	—
Nach 8stündiger Einwirkung des Enzyms	—	94,5	79,9	182,4

Bis zum 13. Tage hatten sich die Knospen schon bedeutend gestreckt, dementsprechend waren sie auch mit dem $^1/_2$ cm langen Rhizomstück zusammen etwas schwerer geworden als die 50 in gleicher Weise zugeschnittenen Keime, die gleich nach der Vorerwärmung untersucht wurden. In vorstehender Tabelle sind deshalb nicht nur die relativen Zuckermengen für je 50 Keime angegeben, sondern auch in der letzten Kolonne diese Größen auf ein gleiches Gewicht der Keime umgerechnet worden. Diese Kolonne läßt somit den prozentualen Gehalt der Keime an diastatischem Ferment erkennen, die zweitletzte Kolonne den Gehalt einer bestimmten Anzahl von Keimen an solchem.

Die Zahlen ergeben nun, daß der Gehalt von 50 Keimen an diastatischem Enzym während des 13tägigen Aufenthaltes im Gewächshaus zugenommen hat; doch war dies nicht etwa nur im Verhältnis der Größenzunahme der Fall, sondern sie sind auch prozentual reicher an Enzym geworden. Zwischen den vorerwärmten und nicht vorerwärmten war jedoch ein nennenswerter Unterschied nicht zu beobachten; das Warmbad hat bei diesem Versuche das nachträgliche Verhalten der Enzyme nicht beeinflußt[1]).

Versuch 27.

Der Zeitraum vom Vorerwärmen bis zur Untersuchung erschien im vorigen Versuche etwas lang, es wurde daher am 3. Januar ein ähnlicher Versuch durchgeführt, bei dem man die Keime schon 4 Tage nach der Vorerwärmung auf den Enzymgehalt untersuchte. Da es sich für uns nur darum handelte, den Unterschied zwischen vorerwärmten und nicht vorerwärmten Maiblumenkeimen festzustellen und nicht die allmähliche Zunahme des Enzyms beim Austreiben darzutun, so wurde direkt nach der Behandlung keine Probe untersucht. Das Ergebnis der im übrigen ganz gleich wie im vorigen Versuche vorgenommenen Bestimmungen war folgendes:

(Tabelle siehe nächste Seite oben.)

In Übereinstimmung mit dem vorigen Versuche hat sich auch hier ergeben, daß die Maiblumenkeime reich an zuckerbildenden Enzymen sind. In diesem Versuche ist die Enzymwirkung sogar noch stärker hervorgetreten, indem schon nach 5stündiger Einwirkung des Preßsaftes auf Kleister die Wirkung beträchtlicher war als in Versuch 26 nach 8stündiger Einwirkung. Zwischen dem Saft aus den vorerwärmten

1) Ähnlich scheint es sich mit dem Einfluß des Ätherisierens auf den Enzymgehalt von Weizenkeimlingen zu verhalten. Vgl. Elfriede Eisenberg in „Flora“ 1907, Bd. XCVII, pag. 361.

Je 50 zugeschnittene Maiblumenkeime	Gewicht zur Zeit der Untersuchung	Direkt reduzierender Zucker	Zunahme	Zunahme auf gleiches Frischgewicht umgerechnet
	g	mg	mg	mg
a) 4 Tage im Treibraum nach 9stündigem Warmbad	38,1	—	—	—
Vor der Einwirkung des Enzyms	—	12,6	—	—
Nach 5stündiger Einwirkung des Enzyms	—	97,8	85,2	223,6
b) 4 Tage im Treibraum ohne vorhergehendes Warmbad	36,6	—	—	—
Vor der Einwirkung des Enzyms	—	13,8	—	—
Nach 5stündiger Einwirkung des Enzyms	—	103,6	89,8	245,2

Keimen und den nicht vorerwärmten war jedoch auch hier ein beträchtlicher Unterschied nicht zu beobachten. Immerhin hat der Auszug aus den nicht vorerwärmten Keimen etwas kräftiger gewirkt. Oder mit anderen Worten, die Vorerwärmung scheint hier die Bildung von zuckerbildendem Enzym etwas herabzusetzen. Übrigens spielen bei diesen Vorgängen in den Maiblumenkeimen Glykoside eine nicht unbeträchtliche Rolle, und es wird zweifellos auch die Umwandlung solcher Glykoside den Zuckergehalt beeinflussen. Wenn nun auch durch die im obigen mitgeteilten Versuche die Stoffwechselvorgänge in den Maiblumenkeimen nicht vollständig klargelegt sind, so dürften sie doch ausreichen, um darzutun, daß durch das Warmbad, durch welches unter Umständen das Austreiben gefördert werden kann, nicht etwa, wie man vielleicht vermuten möchte, direkt eine Steigerung der Zuckerproduktion aus Stärke, dem Hauptbestandteil der Reservestoffe, herbeigeführt wird.

G. Zusammenfassung.

Die Untersuchung, deren erste Resultate im vorstehenden mitgeteilt wurden und die wir fortzusetzen gedenken, bezweckt zunächst, festzustellen, inwieweit die durch das sog. Warmbad und das Ätherisieren erreichte Wachstumsförderung mit der Beeinflussung der übrigen Vorgänge in den betreffenden Pflanzenorganen in Zusammenhang steht.

Wenn nun auch die Versuche abschließende Resultate in dieser Richtung noch nicht ergeben haben, so dürften sie doch geeignet sein, zur weiteren Aufklärung der komplizierten Vorgänge beizutragen. Zudem haben speziell diejenigen mit Kartoffeln Tatsachen von allgemeiner

physiologischer Bedeutung zutage gefördert, so daß dieser Teil der Untersuchungen ziemlich abgeschlossen ist und veröffentlicht werden kann.

In der weiteren Verfolgung der Untersuchung gedenken wir uns nunmehr mit jenen Pflanzenorganen zu beschäftigen, bei denen das Vorerwärmen eine unzweifelhafte Förderung des Austreibens verursacht. Für die von uns bis jetzt gelösten Fragen waren die Kartoffeln allerdings sehr geeignet, und mit Rücksicht auf die Gleichartigkeit und leichte Verarbeitbarkeit des Materials und namentlich auch darauf, daß die inneren Vorgänge so gründlich wie kaum bei einem anderen Pflanzenorgan schon erforscht sind, hätten wir es vorgezogen, dieses Material auch für die Beantwortung der weiteren Fragen zu benutzen; allein die Kartoffeln scheinen entweder gar nicht oder nur kurze Zeit in solchem Zustand der Ruheperiode sich zu befinden, wo das Warmbad einen günstigen Einfluß auf das Austreiben auszuüben vermag, wie dies übrigens auch bei verschiedenen anderen Pflanzen zu beobachten ist.

Die Ergebnisse der vorstehend mitgeteilten Versuche lassen sich wohl in der Weise am übersichtlichsten darstellen, daß der Reihe nach zusammengefaßt werden der Einfluß des Ätherisierens und des Warmbades auf die Atmungsvorgänge, dann die Einflüsse, welche die Bildung und Rückverwandlung von Zucker in den ruhenden Organen betreffen, hierauf der Einfluß des Vorerwärmens auf die Wundheilung und endlich jener auf das Austreiben der Knospen.

Die Intensität des Atmungsvorganges hängt bei Kartoffelknollen, wie schon frühere Versuche zeigten, auch wesentlich vom Alterszustand der Zellen ab, indem sie bei sonst gleich beschaffenen Knollen gegen das Frühjahr hin bis zum Mehrfachen gesteigert werden kann gegenüber frisch geernteten Knollen. Es darf wohl angenommen werden, daß in solchen älteren Knollen die Protoplasten nicht mehr die gleiche Lebensenergie besitzen wie in jungen, daß also die gesteigerte Atmung hier als eine Teilerscheinung des Alters zu betrachten ist, die vielleicht direkt oder indirekt zusammenhängt mit der Unfähigkeit der Zellen, den entstehenden Zucker wieder zurückzuverwandeln und so gewissermaßen als Reservematerial sich zu erhalten. Unsere Versuche haben nun übereinstimmend ergeben, daß durch das Ätherisieren von Kartoffelknollen der Atmungsvorgang eine länger andauernde Steigerung erfährt (vgl. pag. 312). Es hätte also einen ähnlichen Einfluß wie das Altern, nur mit dem Unterschiede, daß letzteres als ein nicht mehr rückgängig zu machender Vorgang dauernd wirkt. Dementsprechend kann man wohl auch den Einfluß des Ätherisierens auf den Atmungs-

vorgang als eine Folge vorübergehender Schwächung oder Betäubung der Protoplasten betrachten.

Die bei den Versuchen mit Ätherisieren beobachtete anfängliche starke Atmung hat mit diesem Einflusse nichts zu tun, sondern ist eine Folge des höheren Zuckergehaltes der verwendeten Kartoffeln.

Eine Vorerwärmung der Kartoffelknollen auf höhere Temperaturen beeinflußt die Atmung, und zwar gestaltet sich dieser Einfluß verschieden, je nachdem noch andere Einflüsse (Süßsein, Wundreiz) mitwirken oder nicht.

Der höhere Zuckergehalt süßer Kartoffeln führt für sich allein eine Steigerung der Atmung herbei, und zwar eine um so erheblichere, je bedeutender der Zuckergehalt ist. Auch ist diese Atmungssteigerung relativ beträchtlicher bei frischen als bei lang gelagerten süßen Kartoffeln. Bei den Atmungsbestimmungen nimmt daher in dem Maßstabe, wie der Zucker verschwindet, auch die Atmung ab, was bei Versuchen 5, 6 und 13—17 zu berücksichtigen ist.

Wie schon früher nachgewiesen wurde, führt auch der Wundreiz eine Atmungssteigerung herbei, und zwar macht sich derselbe meist in der Weise bemerkbar, daß die Atmung am ersten Tage ansteigt, am zweiten Tage oder auch später einen Höhepunkt erreicht, um dann allmählich wieder zu sinken. In verschiedenen unserer Versuche, wo es darauf ankam. Teile der gleichen Kartoffeln in verschiedener Weise zu behandeln, um genau vergleichbare Resultate zu erhalten, ist diese Einwirkung des Wundreizes zu berücksichtigen (Versuche 12—17). In einigen Fällen wurden die Kartoffeln absichtlich geteilt, um den Wundreiz zu studieren.

Wirken Wundreiz und höherer Zuckergehalt bei süßen Kartoffeln zusammen, so summieren sich die Wirkungen beider Einflüsse bis zu einem gewissen Grade (Versuch 13—17).

Vorübergehende Erwärmung auf höhere Temperatur führt für sich allein ebenfalls eine Atmungssteigerung herbei, 35° vermochte zwar in dem betreffenden Versuche eine solche noch nicht zu bewirken, wohl aber 38°, doch ist sie hier noch gering. Schon deutlich war sie bei 40, 41 und 42°, am stärksten aber bei Erwärmung in Luft auf 44°. Höhere Temperaturen, die Schädigungen hervorrufen könnten, wurden nicht geprüft.

Bei dieser Einwirkung der Vorerwärmung auf die Atmung ließen sich in einigen Versuchen deutlich zwei Folgeerscheinungen erkennen; die erste, gewissermaßen eine Reizwirkung, äußerte sich als allmähliches

nicht sehr starkes Steigen und darauf folgendes Sinken der Atmung innerhalb der ersten 2—4 Tage, und zwar wurde bei Versuch 11 der Höhepunkt bei 38° schon innerhalb der ersten 15 Stunden erreicht, bei 41° erst in den darauf folgenden 8 Stunden und bei 44° noch später, in den nachfolgenden 17 Stunden, also erst am 2. Tage nach der Wärmeeinwirkung.

Die zweite Wirkung der Vorerwärmung tritt erst nach dem Zurückweichen der ersten deutlich zutage und zeigt sich darin, daß die Atmung nicht mehr auf das ursprüngliche Niveau herabsinkt. Es hat vielleicht durch diese Erwärmung eine dauernde Schwächung der Protoplasten stattgefunden, ähnlich wie beim Altern. Diese zweite Wirkung begleitet nicht immer die erste; am deutlichsten ist sie zutage getreten bei der Erwärmung auf 44° in Versuch 11, sodann auch bei 40° in den Versuchen 3, 4 und 16. Bei dieser letzteren Temperatur tritt die Schwächung nicht immer auf, es scheint dabei auf die verschiedene Empfindlichkeit der Knollen anzukommen.

Ob die Erwärmung in warmem Wasser oder in warmer Luft stattfindet, ist nicht von wesentlichem Einfluß, vorausgesetzt, daß die Temperaturerhöhung im Innern gleich lang dauert (Versuch 7).

Nicht die Erwärmung von einer niederen Temperatur zu einer höheren, z. B. von 0 auf 40°, übt an und für sich den atmungssteigernden Reiz aus, sondern die Einwirkung der höheren Temperatur selbst (Versuch 3).

Eine mehrmalige Erwärmung und Abkühlung zwischen 0 und 40° war daher nicht von bedeutenderer Wirkung als ein einmaliges Erwärmen, wenn die Knollen dabei nur während gleicher Zeit auf 40° erwärmt blieben (Versuch 4 und 5).

Eine längere Einwirkung einer hohen Temperatur, z. B. von 40°, vermag die nachfolgende Atmung mehr zu steigern als eine kurzandauernde Erwärmung auf die gleiche Temperatur; so war die atmungssteigernde Wirkung in Versuch 8 größer als bei Versuch 7.

Ein überraschendes Resultat ergab die Einwirkung der Vorerwärmung auf zerschnittene süße Kartoffeln. Hier, wo schon durch den erhöhten Zuckergehalt und den Wundreiz die Kohlensäureproduktion beträchtlich gesteigert war, wurde sie durch die Vorerwärmung nicht noch weiter erhöht, sondern im Gegenteil beträchtlich herabgesetzt. Es hat also hier nicht eine Summierung der Reizwirkungen stattgefunden, diese haben sich vielmehr gegenseitig zum Teil aufgehoben; eine Erscheinung, die in dieser Form unseres Wissens noch nicht nach-

gewiesen wurde [1]). Die Versuche 15, 16 und 17 sind hierfür unzweifelhafte Beweise (vgl. Fig. 3 auf pag. 345). Diese Herabsetzung der Atmung durch die Vorerwärmung dauert nur während einiger Tage an, also in der Zeit, in welche die Hauptwirkung des Verwundungsreizes und des Wärmereizes fallen würde. Wenn alsdann in den nicht vorerwärmten Kartoffeln die Atmung beträchtlich und andauernd sinkt, teils wegen der Abnahme des Zuckergehaltes, teils wegen Ausklingens des Verwundungsreizes, dann bleibt die Atmung der vorerwärmten Kartoffeln auf beträchtlicher Höhe erhalten, wohl teilweise deswegen, weil nun die zweite Wirkung der Vorerwärmung, die Schwächung, zutage treten kann. Es ist dies schon in Versuch 17 deutlich zu erkennen, noch deutlicher in Versuch 16 (Fig. 3), wo selbst nach 23 Tagen die vorerwärmten zerschnittenen Kartoffeln stärker atmeten als die nicht vorerwärmten zerschnittenen. Daß auch die letzteren noch mehr Kohlensäure produzierten als die unverletzten, zeigt wiederum, daß starke Verletzungen ebenfalls einen andauernden Einfluß auf die Atmung ausüben können [2]).

Sowohl durch das Ätherisieren als durch das Vorerwärmen wird die chemische Zusammensetzung der Pflanzenteile beeinflußt [3]).

Viel bedeutender als beim Ätherisieren war in dieser Hinsicht der Einfluß des Vorerwärmens.

Während 8 Stunden auf 40—41 ° vorerwärmte Kartoffeln, die man nachher bei 0 ° lagert, zeigen eine beträchtlich geringere Zuckerspeicherung als die nicht erwärmten Kontrollkartoffeln (Versuch 12). Da die Atmung bei dieser niederen Temperatur sehr gering ist und bei den verschieden behandelten Kartoffeln keinen nennenswerten Unterschied zeigt (Versuch 12), und da ferner durch das Vorerwärmen auch die Rückbildung des Zuckers in Stärke vermindert wird, so ist damit der Beweis erbracht, daß durch die Vorerwärmung auf 40 ° der Vorgang der Zuckerbildung in den Kartoffeln herabgesetzt wird. Es kann dies wiederum als ein Zeichen der Schwächung der Protoplasten gedeutet werden.

---

1) Die von Euler (Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie, 3. Teil, Braunschweig 1909, pag. 169) zitierte Arbeit von Palladin in den Berichten der Deutsch. bot. Gesellschaft 1905, pag. 240 enthält nicht, wie Euler angibt, den Beweis, daß nach äußerer Verletzung sich die Atmung nicht länger durch Äthernarkose beschleunigen lasse.

2) Vergleiche auch die Versuche von Richards.

3) Man vergleiche bezüglich des Ätherisierens auch die interessante Abhandlung von Johannsen, Studier over Planternes periodiske Livsyttringer (Mémoires de l'Académie royale des sciences et des lettres de Danemark), Kopenhagen 1897.

Wird von den Hälften einer süßen Kartoffel die eine vorerwärmt und die andere nicht, so verschwindet der Zucker in der vorerwärmten Hälfte bedeutend langsamer als in der anderen (Versuch 14 und 17); es haben die Zellen durch die Vorerwärmung die Fähigkeit, Zucker zurückzuverwandeln, teilweise eingebüßt, ganz ähnlich wie es auch beim Altern der Fall ist; denn im Frühling vermögen süße Kartoffeln, die man bei 20° lagert, ebenfalls nur langsamer sich zu entsüßen, als dies im Anfang des Winters geschieht. Es weist dies wieder darauf hin, daß die andauernde Wirkung des Vorerwärmens einer Schwächung gleicht. Wenn auch der Atmungsvorgang in gewissem Sinne abhängig ist vom Zuckergehalt des Kartoffelgewebes, so kann doch die Atmungsintensität nicht als direkter Maßstab für die zuckerspeichernden Vorgänge gelten; das erhellt schon daraus, daß Umstände, die die Vorgänge der Zuckerspeicherung hemmen, wie vorausgehendes Ätherisieren oder Erwärmen auf 40°, eine vorübergehende Steigerung der Atmung verursachen können. So besteht andererseits auch kein Widerspruch darin, daß bei länger gelagerten Kartoffeln die Atmung allmählich intensiver wird, während andererseits Zuckerbildung und Stärkerückbildung eine Hemmung erfahren. Überblicken wir unsere Versuche, so glauben wir erkennen zu können, daß die Atmung aus zwei Gründen gesteigert werden kann, einmal mehr vorübergehend durch Einwirkung von Reizen und sodann durch Abnahme der Lebensenergie beim Altern. Inwieweit nun diese letztere Atmungszunahme alternder Kartoffeln im Zusammenhang steht mit dem Ausklingen der Ruheperiode, mit der deshalb abnehmenden Fähigkeit, die Reservestoffe in nicht löslicher Form zurückzubehalten, und anderen Änderungen des Stoffwechsels, soll hier nicht näher erörtert werden.

Diastatisches Enzym wurde in austreibenden Kartoffeln schon früher nachgewiesen [1]). In ruhenden Kartoffeln konnte die Anwesenheit solcher Enzyme erst später durch Grüß [2]) mit verbesserter Methode dargetan werden. Unsere Versuche ergaben ebenfalls in ruhenden (Versuch 25) und austreibenden Kartoffeln die Anwesenheit eines Enzyms, das aus Stärkekleister direkt reduzierenden Zucker und zudem eine lösliche Substanz bildet, die erst nach Behandlung mit verdünnter Säure in die Zuckerbestimmung eintritt. Mit Rücksicht auf die vorhandene Stärkemenge könnte die festgestellte Enzymwirkung als gering

1) Von Payer und Persoz, sowie Baranetzky, Krauch, Müller-Thurgau, Landwirtschaftl. Jahrb. 1882, pag. 814, woselbst die übrige Literatur angegeben ist.

2) Grüß, J., Über das Verhalten des diastatischen Enzyms in der Keimpflanze. Jahrb. f. wiss. Botanik 1894, Bd. XXVI, pag. 388.

erscheinen, allein der Verbrauch der Stärke bei einer austreibenden Knolle erstreckt sich über eine lange Zeit.

Auf 0° abgekühlte, süßwerdende Kartoffeln und bei gewöhnlicher Kellertemperatur lagernde nicht süße zeigten bezüglich des Gehaltes an solchem Enzym keinen wesentlichen Unterschied (Versuch 20).

Enzymhaltiger Kartoffelsaft vermag auch bei 0° in Stärkekleister Zucker zu bilden, doch ist die Wirkung bei höherer Temperatur beträchtlicher (Versuch 21 und 22).

Wenn in Kartoffeln, die bei gewöhnlicher Kellertemperatur lagern, keine Zuckerspeicherung stattfindet, so hat dies also seinen Grund nicht in einem geringeren Gehalt an diastatischem Enzym (gegenüber den bei 0° befindlichen) oder in einer geringeren Wirksamkeit desselben als bei 0°, vielmehr muß der sogar in vermehrtem Maße entstehende Zucker eine sofortige Verwendung finden (Atmung und Rückbildung).

Aus süßen Kartoffeln, die, in einen wärmeren Raum gebracht, im vollen Entsüßen begriffen sind, ließ sich ebenfalls diastatisches Enzym ausziehen (Versuch 23). Es ist dies ein Beweis, daß in demselben Organ gleichzeitig zuckerbildende und Zucker in Stärke rückbildende Vorgänge stattfinden können. Zunahme und Abnahme des Zuckers sind darauf zurückzuführen, daß die Enzyme durch verschieden hohe Temperaturen und andere Umstände in ungleicher Weise beeinflußt werden.

Inwieweit die Rückbildung durch geformtes Protoplasma (Stärkebildner) oder durch die Wirkung eines reversiblen Enzyms vollzogen wird, ist noch nicht endgültig entschieden; wahrscheinlich sind beide Vorgänge wirksam. Versuch 24 macht die Mitwirkung eines reversiblen Enzyms wahrscheinlich.

Bei den Versuchen mit Convallaria-Keimen, die sich beträchtlich reicher an Enzym erwiesen, hat sich gezeigt, daß ein 9stündiges Vorerwärmen auf 33—34° keine Nachwirkung auf den Gehalt an zuckerbildendem Enzym ausübt; im Gegenteil schien der Enzymgehalt bei den vorerwärmten Keimen eher etwas geringer zu sein als bei den nicht vorerwärmten (Versuch 26 und 27).

An den Wundflächen von Kartoffelstücken finden zwei Vorgänge statt, die Verkorkung schon vorhandener Zellhäute und die Bildung eines Wundperiderms. Mit zunehmendem Alter der Kartoffeln nimmt die Fähigkeit zur Bildung eines Wundverschlusses allmählich ab, und zwar läßt sich dies bei der Bildung des Wundperiderms stets beobachten, während die Fähigkeit der Verkorkung der Zellwände lange erhalten bleibt. Auch auf diese Vorgänge übt die Vorerwärmung einen bemerkbaren Einfluß aus, und zwar wiederum im gleichen Sinne wie

das Altern. Wenn auch der Einfluß einer 8stündigen Vorerwärmung auf 41° Anfang Februar kein tiefgreifender war, so konnte doch beobachtet werden, daß bei den Stücken vorerwärmter Kartoffeln die Zellteilungen etwas später auftraten und auch etwas später verkorkten als bei den nicht vorerwärmten.

Auf die schon pag. 316 erwähnten Versuche verschiedener Autoren, durch eine Vorerwärmung die Ruheperiode bei einer Reihe von Zierpflanzen abzukürzen, die wir zu unserer Orientierung wiederholten, wollen wir hier nicht näher eingehen. Von den Versuchsanstellern wurden häufig auch Temperaturen von 35—40° angewendet, ausnahmsweise mit gutem Erfolg noch 45°, welch letztere Temperatur jedoch bei zahlreichen empfindlichen Pflanzen schon schädlich wirkt. Im allgemeinen dürften die das Treiben günstig beeinflussenden Temperaturen unter 40° liegen. Wenn auch nach unseren Versuchen etwas höhere Temperaturen nicht gerade eine Schädigung bewirken, so ist ihr Einfluß doch zu tiefgreifend, und es tritt dann anstatt einer Förderung eine Hemmung des Wachstums ein.

Selbstverständlich hängt der Einfluß des Vorerwärmens auf das Austreiben zudem von der Zeitdauer ab; damit in Übereinstimmung haben unsere Versuche ergeben, daß auch die Beeinflussung der Atmung und der chemischen Umsetzungen bei länger dauernder Einwirkung eines bestimmten Temperaturgrades weitergehend ist als bei kurzer Dauer.

Beim Warmbad dürfte nach unserer Überzeugung die Hauptwirkung der Wärme und nicht dem Wasser zukommen; wenigstens werden die inneren chemischen Vorgänge durch eine Vorerwärmung in Luft in gleicher Weise beeinflußt wie bei einer gleich lang andauernden in Wasser, wobei allerdings berücksichtigt werden muß, daß in warmer Luft namentlich massige Pflanzenteile im Innern viel langsamer den gewünschten Wärmegrad annehmen als in warmem Wasser. Beim praktischen Betrieb wird die Anwendung des warmen Wassers, weil leichter zu handhaben, wohl stets vorgezogen werden.

Für denjenigen, der die Fortschritte der Physiologie in den letzten Jahrzehnten verfolgt, erscheint es wohl selbstverständlich, daß der Stillstand des Wachstums während der Ruheperiode und der Austritt der Knospen aus derselben nicht in einer direkten Abhängigkeit von der Menge des vorhandenen Baumaterials steht, sondern daß hier in erster Linie andere uns noch unbekannte Faktoren maßgebend sind. Man würde aber wohl mit der Annahme zu weit gehen, daß zwischen den

Wachstumsvorgängen und den chemischen Umsetzungen gar kein Zusammenhang besteht und daß Untersuchungen, welche sich auf diese beziehen, bedeutungslos für die Erkenntnis des Wesens der Ruheperiode seien.

Dementsprechend betrachten wir unsere im vorstehenden mitgeteilten Versuchsergebnisse durchaus nicht als eine auch nur annähernde Lösung der Aufgabe, dagegen geben sie uns doch Anhaltspunkte für den bei den weiteren Untersuchungen einzuschlagenden Weg.

Bezüglich der von uns in erster Linie in Betracht gezogenen chemischen Vorgänge hat sich gezeigt, daß die Vorerwärmung teils als kurzdauernder Reiz (bei der Atmung) wirken kann, teils als andauernde Schwächung, ähnlich wie sie beim Altern eintritt (bei der Atmung, sowie bei der Zuckerbildung und -rückbildung). Wenn wir nun diesen Nachweis einer Schwächung als erbracht betrachten, so liegt es nahe, ihn auch auf das Wachstum der Knospen zu übertragen, so daß vielleicht auch hier neben einer vorübergehenden Reizwirkung eine andauernde Schwächung durch die Vorerwärmung bewirkt wird[1]).

Tritt diese Schwächung bei schon aus der Ruheperiode ausgetretenen Pflanzenorganen ein, seien es die Knospen von Kartoffeln oder von Maiblumen, Flieder usw., so wird sie das Wachstum ungünstig beeinflussen, und in der Tat ist bei solchen Pflanzenorganen durch das Warmbad keine Wachstumsförderung zu erzielen; im Gegenteil wirkt es regelmäßig ungünstig ein, wie es schon frühere und auch unsere hier nicht näher beschriebenen Versuche mit Treibpflanzen ergaben.

Es liegt nun nahe, anzunehmen, daß die Vorerwärmung auch zur Zeit der Ruheperiode selbst einen ähnlichen Einfluß ausübt, daß aber hier die Schwächung gerade jene inneren Faktoren betrifft, die den Stillstand des Wachstums verursachen; ein früherer Austritt aus der Ruheperiode würde dann die Folge sein.

März 1910.

---

1) Man vergleiche übrigens auch Johannsen, Das Ätherverfahren beim Frühtreiben (Gustav Fischer, Jena 1906), der bezüglich der Einwirkung des Äthers zu ähnlichen Schlußfolgerungen gelangte.