

einander unterscheiden, dass also eine sehr bedeutende Umwandlung des Pepton (ungefähr $\frac{6}{7}$) vor sich gegangen ist.

Ob in den reifenden Samen nur ein einziges Ferment tryptischer Natur vorhanden ist, oder ob davon mehrere, darunter Trypsin, vorhanden sind, müssen weitere Untersuchungen entscheiden.

20. T. Krasnosselesky: Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Pflanzen.

Mit zwei Abbildungen.

Eingegangen am 27. März 1905.

Die Atmung der verletzten Pflanzen war schon seit langer Zeit der Gegenstand vieler Forschungen. So wurde diese Frage von BÖHM¹⁾, STICH²⁾, RICHARDS³⁾, DOROFJEJEW⁴⁾, SMIRNOFF⁵⁾, MAXIMOW⁶⁾, MONTEMARTINI⁷⁾ bearbeitet. Alle genannten Forscher machten die Beobachtung, dass die Atmungsenergie der Pflanze nach ihrer Verletzung merklich stieg, dann kehrte sie zu ihrer anfänglichen Grösse zurück. Nur STOKLASA⁸⁾ beobachtete keine Steigerung der Atmungsenergie bei den verletzten Pflanzen. Dieses erklärt sich durch die ungenügende Dauer seiner Versuche: er unterbrach sie, ehe die Atmungsenergie zu steigen anfing. Er behauptet, dass die erwähnte Atmung von den Bakterien, die sich auf den verletzten Oberflächen entwickeln, hervorgerufen ist. Das steht aber im Widerspruch zu der Tatsache, dass man sogar am Tage der maximalen Atmung keine Bakterien auf den Oberflächen der Pflanzen findet. Auf die Abwesenheit der Bakterien weist auch die Abnahme der CO₂-Ausscheidung, welche der maximalen Atmung folgt; das Maximum der Atmung fällt auch immer bei einer bestimmten Pflanze auf eine bestimmte Zeit (Tag).

Die Forscher, welche die Atmung der verletzten Pflanzen beobachtet haben, konnten bis jetzt noch keine von den beiden möglichen Erklärungen der Steigerung der Atmungsenergie annehmen. Die

1) BÖHM, Bot. Zeitung 1887, S. 686.

2) STICH, Flora 1891, S. 15.

3) RICHARDS, Annals of botany 1896, Bd. LX, S. 531.

4) DOROFJEJEW, Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. 1902, Bd. XX, S. 396.

5) SMIRNOFF, Revue gén. de Bot. 1903, t. XXV, p. 26.

6) MAXIMOW, Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. 1903, Bd. XXI, S. 252.

7) MONTEMARTINI, Atti dell'Istituto botanico dell'università di Pavia 1904.

8) STOKLASA, Beiträge zur chemischen Physiologie, 1903, S. 460.

Ursache dieser Erscheinung kann man erstens in der grösseren Berührungsfläche der Pflanze mit der Luft sehen. Die andere Erklärung besteht in folgendem: Es ist möglich, dass bei der Verletzung der Pflanze alle Lebensprozesse in ihr intensiver werden und auf die Heilung der Verletzung abgesehen sind; infolgedessen wächst die Ausscheidung der CO_2 . Sobald die Verletzung geheilt ist, kehrt die Kohlensäureausscheidung zu ihrer anfänglichen Grösse zurück. Diese Erklärung findet ihre Bestätigung sowohl in den Versuchen von STICH, RICHARDS und MAXIMOW zur Bestimmung der Koeffizienten der verletzten Pflanzen, als auch in den Versuchen HETTLINGER's¹⁾, ZALESKI's²⁾ und KOVCHOFF's³⁾. Aus den letzteren erweist sich, dass bei Verletzung eine Zunahme der Gesamtmenge der Eiweissstoffe und besonders stark der Nukleoproteide stattfindet. Nimmt man die zweite Erklärung an und setzt voraus, dass die CO_2 -Ausscheidung das Resultat der Tätigkeit von Fermenten und nicht der unmittelbaren Tätigkeit des lebendigen Protoplasmas ist, so öffnet sich ein Weg zur Erklärung der Erscheinung der durch Verletzung der Pflanze hervorgerufenen Steigerung der Atmungsenergie. Wenn die gesteigerte Atmung verletzter Pflanzen die Folge einer gesteigerten Bildung der Atmungsenzyme ist, so muss auch der Presssaft der verletzten Pflanzen grössere Mengen CO_2 ausscheiden, als der Presssaft gesunder Pflanzen.

Diese Voraussetzungen dienten als Ausgangspunkt der von mir auf Vorschlag und unter Leitung des Herrn Prof. W. PALLADIN unternommenen Arbeit.

Als Objekt diente mir die Zwiebel von *Allium Cepa*, deren Atmung in verletztem Zustande von SMIRNOFF eingehend untersucht worden ist. Die von ihm erhaltene Atmungskurve wiederholte sich auch bei mir. Das Maximum der CO_2 -Ausscheidung fällt auf den vierten oder fünften Tag nach der Verletzung und beträgt auf 100 g Zwiebel berechnet in einer Stunde 20,40 bis 23,44 mg. Die Versuche wurden auf folgende Weise ausgeführt: Die in Längsrichtung zerschnittenen Zwiebeln wurden in mehrere Portionen geteilt, wobei darauf geachtet wurde, dass jede Portion Teile aller Zwiebeln enthalte, wodurch die Homogenität des Materials in jeder Versuchsserie erreicht wurde. Die Aufbewahrung der Zwiebel während des Versuches wurde auf verschiedene Arten versucht; als beste von ihnen erwies sich folgende: In einer grossen Kristallisierschale wurde auf einen Ständer eine Glasplatte gestellt, auf diese wurde die zerschnittene Zwiebel derart verteilt, dass die Schnittflächen weder mit dem Glas, noch mit den

1) HETTLINGER, Revue générale de bot. 1901, p. 248.

2) ZALESKI, Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. 1901, S. 331.

3) KOVCHOFF, Revue générale de bot. 1902, p. 449. — Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. 1903, S. 165.

benachbarten Zwiebelstücken in Berührung kamen. In die Schale wurde Wasser gegossen, um die Zwiebeln vor dem Verwelken zu schützen; das Ganze wurde mit einer mit Sublimatlösung befeuchteten Leinwand und darüber mit schwarzem Stoff zur Beseitigung der Lichtwirkung bedeckt. Auf diese Weise gelang es, die Zwiebeln über 10 Tage lang vor Verwelken und Infizierung zu bewahren, trotzdem sie täglich ventiliert wurden. Die Bestimmung der ausgeschiedenen CO_2 wurde mit Hilfe PETTENKOFER'scher Röhren¹⁾ ausgeführt. Nach bestimmten, auf die Verletzung der Zwiebeln folgenden Zeitabschnitten wurde ein Teil einer Portion zu einem Kontrollversuch benutzt, d. h. es wurde eine Bestimmung der von der Zwiebel selbst ausgeschiedenen CO_2 -Menge gemacht. Der andere Teil dieser Portion wurde in einem BUCHNER'schen Mörser mit Quarzsand zerrieben und in einer BUCHNER'schen Presse unter 300 Atmosphären²⁾ abgepresst. Nur in den zwei ersten Versuchen wurde der Saft bei Zimmertemperatur aufgesammelt, in den folgenden Versuchen wurde er in einem von Schnee umgebenen Kolben abgeleitet. In diesem Zustand befand sich der Saft die ganze Zeit bis zum Moment der Bestimmung der von ihm ausgeschiedenen CO_2 . Vom Moment des Zerreibens der Zwiebeln bis zum Augenblick der CO_2 -Bestimmung verfloss 1—1½ Stunden. Die Herstellung des Saftes selbst dauerte 20—45 Minuten. Die Ergebnisse der Versuche sind folgende:

Versuch I.

Den 17. November wurden 22 Zwiebeln genommen, jede wurde in vier Teile zerschnitten und alles in vier Portionen um 12 Uhr 20 Minuten zurechtgelegt. Jedes Viertel wurde nochmals in zwei Teile geteilt. Den 17. November, d. h. am ersten Tage der Verletzung, schieden 100 g der ersten Portion folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 2 Uhr 30 Min. bis 4 Uhr 30 Min.	16,4	8,2	21
„ 4 Uhr 30 Min. bis 5 Uhr 30 Min.	9,6	9,6	20
„ 5 Uhr 30 Min. bis 8 Uhr 30 Min.	31,2	10,4	20

Die folgenden 230 g der ersten Portion wurden um 12 Uhr 15 Minuten nachmittags zerschnitten, und man erhielt um 1 Uhr 30 Minuten 170 ccm Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO_2	Temp. °
100 ccm	Von 2 Uhr 20 Min. bis 5 Uhr 20 Min.	Spuren	21—20
	„ 5 Uhr 20 Min. bis 9 Uhr 20 Min.	—	21—20
50 ccm + 10 Tropfen Toluol.	„ 2 Uhr 20 Min. bis 8 Uhr 20 Min.	Spuren	21—20

1) PFEFFER, Untersuchungen aus dem Botanischen Institut zu Tübingen, I, 4. Heft, 1885.

2) E. BUCHNER, Zymasegärung, 1903.

Am 19. November, d. h. dem dritten Tage der Verletzung, schieden 100 g der zweiten Portion folgende Mengen CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 12 Uhr 20 Min. bis 2 Uhr 20 Min. . . .	39,2	19,6	21—20

Die übrig gebliebenen 240 g der zweiten Portion wurden um 11 Uhr zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 45 Min. 186 ccm Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp. °
100 ccm	Von 12 Uhr 30 Min. bis 3 Uhr 30 Min.	4,4 mg	21
50 ccm + 10 Tropfen Toluol.	„ 12 Uhr 30 Min. bis 3 Uhr 30 Min.	2,2 „	21

Versuch II.

Am 22. November wurden 32 Zwiebeln genommen, jede wurde in acht Teile zerschnitten und alles auf acht Portionen um 1 Uhr nachmittags verteilt. Den 22. November, d. h. am ersten Tage der Verletzung, schieden 50 g der ersten Portion folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 4 Uhr 30 Min. bis 5 Uhr 30 Min.	4	8	21,5

Folgende 315 g der ersten Portion wurden bis 1 Uhr 45 Min. zerschnitten, und man erhielt um 2 Uhr 30 Min. 230 ccm Saft. 100 ccm von diesem Saft schieden nur Spuren von CO₂ aus.

Den 23. November, d. h. am zweiten Tage der Verletzung, schieden 50 g der zweiten Portion folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 8 Uhr 40 Min. bis 10 Uhr 40 Min.	12,4	12,4	16,5
„ 10 Uhr 40 Min. bis 11 Uhr 40 Min.	6	12	16,5

Folgende 301 g der zweiten Portion wurden um 9 Uhr 15 Min. vormittags zerschnitten, und um 10 Uhr erhielt man 200 ccm Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp. °
100 ccm	Von 10 Uhr 40 Min. bis 5 Uhr 40 Min.	2,4 mg	16,5

Den 24. November, d. h. am dritten Tage der Verletzung, schieden 50 g der dritten Portion folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 12 Uhr 30 Min. bis 1 Uhr 30 Min.	9,6	19,2	16,5

Folgende 267 g der dritten Portion wurden um 11 Uhr vormittags zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 45 Min. 210 ccm Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp. °
100 ccm	Von 12 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 30 Min.	4,8 mg	16,5

Den 25. November, d. h. am vierten Tage der Verletzung, schieden 50 *g* der vierten Portion folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in <i>mg</i>	in 1 Stunde 100 <i>g</i>	
Von 1 Uhr bis 3 Uhr.	23,6	23,6	18
„ 3 Uhr bis 4 Uhr.	11,2	22,4	18

Folgende 260 *g* der vierten Portion wurden um 11 Uhr vormittags zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 45 Min. 200 *ccm* Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO_2	Temp. °
100 <i>ccm</i>	Von 1 Uhr bis 5 Uhr	4,4 <i>mg</i>	18

Den 26. November, d. h. am fünften Tage der Verletzung, schieden 80 *g* der fünften Portion folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in <i>mg</i>	in 1 Stunde 100 <i>g</i>	
Von 12 Uhr 30 Min. bis 1 Uhr 30 Min. . . .	10,8	21,6	16,5

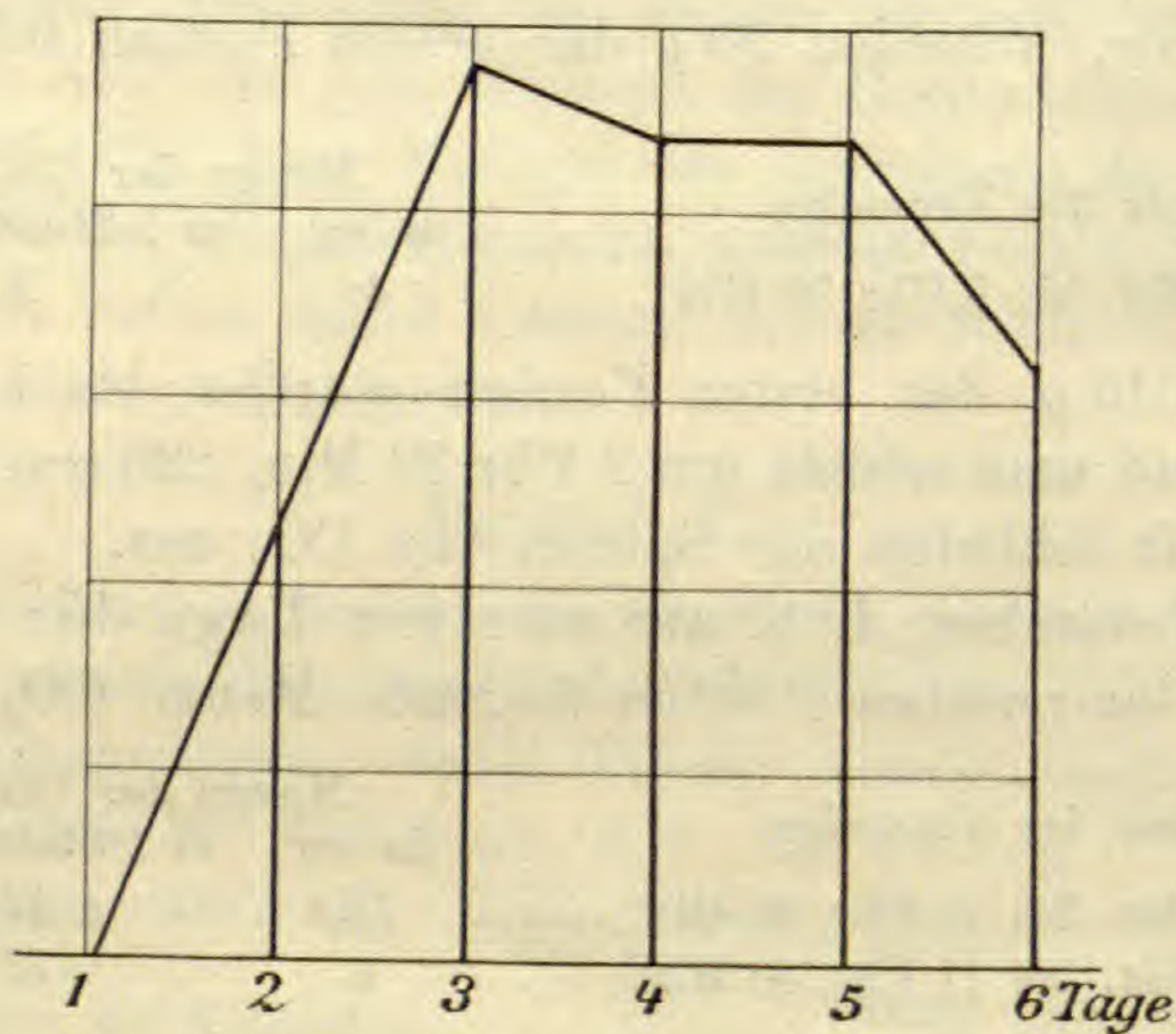


Fig. 1

Folgende 250 *g* der fünften Portion wurden um 11 Uhr vormittags zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 45 Min. 196 *ccm* Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO_2	Temp. °
100 <i>ccm</i>	Von 12 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 30 Min.	4,4 <i>mg</i>	16,5

Den 27. November, d. h. am sechsten Tage der Verletzung, wurden 247 *g* der sechsten Portion um 11 Uhr vormittags zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 45 Min. 190 *ccm* Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO_2	Temp. °
100 <i>ccm</i>	Von 1 Uhr 30 Min. bis 7 Uhr 30 Min.	3,2 <i>mg</i>	18

Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Fig. 1 dargestellt.

Versuch III.

Den 15. Dezember wurden 29 Zwiebeln genommen, jede wurde um 2 Uhr nachmittags in vier Teile zerschnitten und alles auf vier Portionen verteilt.

Den 16. Dezember, d. h. am zweiten Tage der Verletzung, schieden 25 g der ersten Portion folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 12 Uhr bis 4 Uhr.	10,8	10,8	17,5

Folgende 299 g der ersten Portion wurden um 10 Uhr 30 Min. vormittags zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 15 Min. 188 ccm (195 g) Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp.
100 ccm	Von 12 Uhr bis 4 Uhr	2,8 mg	17,5°

Den 18. Dezember, d. h. am vierten Tage der Verletzung, schieden 25 g der zweiten Portion folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 1 Uhr bis 3 Uhr	8	16	17,5

Folgende 299 g der zweiten Portion wurden um 11 Uhr 30 Min. vormittags zerschnitten, und man erhielt um 12 Uhr 15 Min. 193 ccm (210 g) Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp. °
100 ccm	Von 1 Uhr bis 5 Uhr	4 mg	17,5

Den 19. Dezember, d. h. am fünften Tage der Verletzung, schieden 25 g der dritten Portion folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 12 Uhr bis 2 Uhr 30 Min.	12,8	20,4	17,5

Folgende 295 g der dritten Portion wurden um 10 Uhr 30 Min. vormittags zerschnitten, und man erhielt um 12 Uhr 15 Min. 185 ccm (200 g) Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp.
100 ccm	Von 12 bis 4 Uhr	3,6 mg	17,5°

Den 21. Dezember, d. h. am siebenten Tage der Verletzung, schieden 25 g der vierten Portion folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 10 Uhr bis 2 Uhr.	14	14	16,5

Folgende 255 g der vierten Portion wurden um 10 Uhr 30 Min. vormittags zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 15 Min. 167 ccm (175 g) Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp.
100 ccm	Von 12 Uhr bis 4 Uhr	Spuren	16,5°

Während dieses Versuches wurde der Saft, nachdem er aus dem Schnee herausgenommen war, vor der Bestimmung der CO_2 -Ausscheidung mittels warmen Wassers bis zur Atmosphärentemperatur fünf Minuten erwärmt.

Versuch IV.

Den 17. Januar wurden 11 Zwiebeln genommen, jede wurde in vier Teile um 5 Uhr 30 Min. zerschnitten und alles in vier Portionen verteilt.

Den 18. Januar, d. h. am zweiten Tage der Verletzung, wurden 180 g der ersten Portion um 10 Uhr 45 Min. zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 5 Min. 125 ccm (130 g) Saft.

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO_2	Temp.
100 ccm	Von 11 Uhr 45 Min. bis 11 Uhr 45 Min. 19. Januar, d. h. 24 Stunden	3,6 mg	15—16°

Den 20. Januar, d. h. am vierten Tag der Verletzung, schieden 25 g der zweiten Portion folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2 in mg	in 1 Stunde 100 g	Temp. Grad
Von 2 Uhr 5 Min. bis 3 Uhr 35 Min.	6	16	17

Folgende 155 g der zweiten Portion wurden um 1 Uhr nachmittags zerschnitten, und man erhielt um 1 Uhr 20 Min. 100 ccm (106 g) Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO_2	Temp.
100 ccm	Von 2 Uhr bis 2 Uhr 21. Januar, d. h. 24 Stunden	6,8 mg	17°

Den 21. Januar, d. h. am fünften Tage der Verletzung, schieden 25 g der dritten Portion folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2 in mg	in 1 Stunde 100 g	Temp. Grad
Von 11 Uhr 45 Min. bis 3 Uhr 45 Min.	12,8	12,8	18

Folgende 169 g der dritten Portion wurden um 1 Uhr nachmittags zerschnitten, und man erhielt um 1 Uhr 20 Min. 105 ccm (110 g) Saft.

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO_2	Temp.
100 ccm	Von 2 Uhr bis 2 Uhr 22. Januar, d. h. 24 Stunden	5,2 mg	18—16,5°

Aus all diesen Versuchen ist ersichtlich, dass der aus der verletzten Zwiebel am Tage ihrer maximalen Atmungsenergie abgepresste Saft eine intensivere Kohlensäureausscheidung aufweist, als der an anderen auf die Verletzung folgenden Tagen erhaltene Presssaft. Von Infektion kann in diesen Versuchen keine Rede sein, da die mikroskopische Untersuchung am Ende der Versuche kein einziges Mal Infektion nachgewiesen hat und der nach Beendigung der Ver-

suche auf weitere 24 Stunden aufbewahrte Saft nur eine leichte Trübung der Barytlösung bewirkte und auch dieses nur in einigen Versuchen (Vers. I).

Es muss überhaupt hervorgehoben werden, dass der abgepresste und unter sterilen Bedingungen aufbewahrte Saft ohne Zusatz jeglicher Antiseptica dem Auftreten von Bakterien einen bedeutenden Widerstand leistet.

Ausser dem Unterschied in der CO_2 -Ausscheidung weist der aus Zwiebeln an verschiedenen Tagen ihrer Verletzung erhaltene Saft noch folgende Verschiedenheit auf. Bei Zusatz von Guajakharz zeigte nur der Saft des Tages der maximalen Atmung eine grünlichblaue Färbung, und sogar nicht in allen Versuchen. Der Saft anderer Tage zeigt mit Guajakharz gar keine Färbung. Setzt man ferner ausser Guajakharz noch H_2O_2 hinzu, so ist die Färbung um so intensiver, je mehr CO_2 der Saft ausscheidet und erreicht in den Versuchen mit dem maximalatmenden Saft eine tiefblaue Farbe. Wenn der Saft gekocht wird, verliert er seinen Eiweissgehalt und zeigt dann keine Farbenreaktion mehr. Die Absorption von Sauerstoff durch den Saft ist durch eine Reihe von Versuchen, welche mittels des POLOWZOWschen Apparates ausgeführt worden sind, bestätigt. Näheres darüber wird in der nächsten Arbeit mitgeteilt.

Der neben dem Sande bei der Zerreibung der Zwiebel zugesetzte Kieselguhr hält den grössten Teil des CO_2 ausscheidenden Fermentes zurück. In einem Versuche wurde der Saft auf diese Weise an allen Tagen nach der Verletzung erhalten. Er schied eine geringe Menge CO_2 aus, es war aber unmöglich, irgend eine Gesetzmässigkeit in diesem Versuche zu finden. Der hemmende Einfluss des Kieselguhrs wird aus Versuch VI ersichtlich.

Die beschriebenen Versuche zeigen, dass zwischen der Atmungsenergie der verletzten Zwiebel und derjenigen des aus derselben erhaltenen Presssaftes ein ganz bestimmter Zusammenhang besteht. Jedoch sind die Quantitäten der von dem Saft ausgeschiedenen CO_2 so gering, dass der Verdacht aufkommen könnte, dieser Zusammenhang sei bloss ein zufälliger und einer fehlerhaften Analyse zuzuschreiben. Obgleich die Versuche mehrfach wiederholt wurden und immer ähnliche Resultate zeigten, war es dennoch wünschenswert, mit grösseren Quantitäten CO_2 umgehen zu können. Es war bemerkt worden, dass der Saft anfänglich besonders energisch atmet und dass er ausserdem bei niedrigen Temperaturen gar keine CO_2 ausscheidet. Diese Beobachtungen brachten mich auf den Gedanken, es durch niedrige Temperaturen zu verhindern, dass die Atmung des Saftes beginnt, bevor es möglich ist, die Bestimmung zu beginnen. Zu diesem Zweck wurden Zwiebeln von bestimmten Tagen nach der Verletzung der Wirkung des Frostes ausgesetzt. Aus der Arbeit

MÜLLER-THURGAU's¹⁾ ist bekannt, dass eine der Wirkung des Frostes unterliegende Pflanze beim Erfrieren und nicht beim Auftauen stirbt. Daher wird die nach dem Auftauen ausgeschiedene CO_2 nicht die Atmung der Pflanze während ihres Absterbens, sondern das Resultat der Tätigkeit jener Fermente darstellen, welche im Momente des Erfrierens in der Pflanze vorhanden waren. Die Dauer der Wirkung des Frostes war in allen Versuchen ausreichend, um das Protoplasma zu töten.²⁾ Es war interessant zu erforschen, erstens, ob sich irgend ein Unterschied in der Atmung von Zwiebeln, welche an verschiedenen Tagen nach der Verletzung gefroren waren, zeigen würde, und zweitens, wenn ein Unterschied beobachtet worden wäre, wie sich der entsprechende Presssaft verhalten würde. Ein Teil der an einem bestimmten auf die Verletzung folgenden Tage erfrorenen Zwiebel wurde auf seine Atmung untersucht, der andere Teil wurde zur Herstellung von Presssaft benutzt. Nachdem die gefrorene Zwiebel eine bestimmte Zeit geatmet hatte, schied sie im Laufe vieler Stunden keine CO_2 mehr aus; dieses bestätigt die Wahrscheinlichkeit des fermentativen Gaswechsels. Der in der Atmung von an verschiedenen auf die Verletzung folgenden Tagen erfrorenen Zwiebeln vorausgesetzte Unterschied ist wirklich nachgewiesen worden. Die Atmungskurven der lebendigen und der erfrorenen Zwiebel unterscheiden sich voneinander nur dadurch, dass bei letzterer das Maximum bedeutend später eintritt, als bei ersterer. Dasselbe, wenn auch nicht in derselben Masse, wurde für den aus erfrorenen Zwiebeln erhaltenen Presssaft gefunden. Die erfrorenen Zwiebelstücke wurden in den Apparat gebracht und schieden in der ersten Zeit natürlich keine Kohlensäure aus. Als aber die Zwiebelstücke anfangen die Zimmertemperatur anzunehmen, fing auch die Kohlensäureausscheidung an.

Versuch V.

Den 26. Dezember wurden 9 Zwiebeln genommen, jede wurde um 3 Uhr nachmittags in acht Teile zerschnitten und alles auf acht Portionen verteilt.

Erster Tag nach der Verletzung (27. Dezember). 50 g der ersten Portion wurden im Laufe von 20 Stunden 20 Min. bei einer Temperatur von -18°C . gehalten. Sie schieden folgende Mengen CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 11 Uhr 20 Min. bis 5 Uhr 20 Min. . .	8,8	17,6	17,5—18,6

1) MÜLLER-THURGAU, Landwirtschaftl. Jahrbücher 1880, S. 133; 1886, S. 453.

2) L. MATRUHOT et M. MOLLIARD, Revue générale de botanique. 1902. S. 401.

Zweiter Tag nach der Verletzung (28. Dezember). 50 g der zweiten Portion befanden sich im Laufe von 22 Stunden 30 Min. bei einer Temperatur von -18° bis $-2,5^{\circ}$ C. Sie schieden folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 10 Uhr 30 Min. bis 5 Uhr 30 Min.. . .	8,8	17,6	18

Dritter Tag nach der Verletzung (29. Dezember). 50 g der dritten Portion befanden sich im Laufe von 19 Stunden bei einer Temperatur von $-7,5^{\circ}$ bis $-13,7^{\circ}$ C. Sie schieden folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 12 Uhr 15 Min. bis 6 Uhr 15 Min.. . .	15,2	30,4	17—16,5

Vierter Tag nach der Verletzung (30. Dezember). 50 g der vierten Portion befanden sich im Laufe von 21 Stunden 15 Min. bei einer Temperatur von -13° C. Sie schieden folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 10 Uhr 15 Min. bis 5 Uhr 15 Min.. . .	16	32	16

Fünfter Tag nach der Verletzung (30. Dezember). 50 g der fünften Portion befanden sich im Laufe von 6 Stunden bei einer Temperatur von -15° C. Sie schieden folgende Menge von CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 5 Uhr bis 10 Uhr 31. Dezember (d. h. 17 Stunden)	18,4	36,8	16

Sechster Tag nach der Verletzung (1. Januar). 50 g der sechsten Portion befanden sich im Laufe von 25 Stunden bei einer Temperatur von -18° C. Sie schieden folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 12 Uhr bis 10 Uhr 2. Januar (d. h. 22 Stunden)	21,2	42,4	16

Siebenter Tag nach der Verletzung (2. Januar). 50 g der siebenten Portion befanden sich im Laufe von 18 Stunden 30 Min. bei einer Temperatur von $-21,2^{\circ}$ bis -12° C. Sie schieden folgende Menge CO_2 aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO_2		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 10 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 30 Min.. . .	24,8	49,6	16,5

Versuch VI.

Den 12. Januar wurden 40 Zwiebeln genommen, jede wurde um 1 Uhr 30 Min. nachmittags in vier Teile zerschnitten und alles auf vier Portionen verteilt.

Erster Tag nach der Verletzung (13. Januar). 505 g der ersten Portion befanden sich im Laufe von 18 Stunden 20 Min. bei einer Temperatur von $-7,5^{\circ}$ bis $-2,5^{\circ}$ C. Sie wurden um 9 Uhr 15 Min. vormittags zerschnitten, und man erhielt um 9 Uhr 35 Min. 410 g Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp.
100 ccm	Von 10 Uhr 15 Min. bis 1 Uhr 15 Min. 14. Januar, d. h. 27 Stunden	13,6 mg	18,5—20,5°

Es wurde keine CO₂ mehr ausgeschieden.

Gas	Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp. Grad
Wasserstoff.	100 ccm	Von 10 Uhr 15 Min. bis 1 Uhr 15 Min. 14. Januar, d. h. 27 Std.	13,6 mg	18,5—20,5

Es wurde keine CO₂ mehr ausgeschieden.

Vierter Tag nach der Verletzung (15. Januar). 50 g der zweiten Portion schieden folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂ im mg	Menge der CO ₂ in 1 Stunde 100 g	Temp. Grad
Von 9 Uhr bis 10 Uhr 30 Min.	17,6	23,4	21,5

350 g der zweiten Portion befanden sich im Laufe von 28 Stunden 25 Min. bei einer Temperatur von $-11,2^{\circ}$ bis $-3,9^{\circ}$ C. Am 16. Januar wurden sie um 1 Uhr 25 Min. zerschnitten, und man erhielt um 1 Uhr 45 Min. 236 g Saft:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp.
100 ccm	Von 2 Uhr 25 Min. bis 5 Uhr 25 Min. 17. Januar, d. h. 27 Stunden	31,2 mg	18°

Es wurde keine CO₂ mehr ausgeschieden:

Gas	Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp. Grad
Wasserstoff.	100 ccm	Von 2 Uhr 25 Min. bis 5 Uhr 25 Min. 27. Januar, d. h. 27 Std.	31,2 mg	18

Es wurde keine CO₂ mehr ausgeschieden.

Folgende 250 g der zweiten Portion befanden sich im Laufe von 28 Stunden 25 Min. bei einer Temperatur von -11° bis $-3,9^{\circ}$ C. Den 16. Januar wurden sie um 1 Uhr 45 Min. nachmittags zerschnitten, und man erhielt um 2 Uhr 5 Min. 111 g (108 ccm) Saft. Während des Zerreibens waren 60 g Kieselguhr zugesetzt worden:

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp.
100 ccm	Von 2 Uhr 45 Min. bis 5 Uhr 45 Min. 17. Januar, d. h. 27 Stunden	2 mg	18°

Der Saft schied keine CO₂ mehr aus.

Siebenter Tag nach der Verletzung (18. Januar). 25 g der dritten Portion schieden folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 10 bis 12 Uhr.	5,6	11,2	15

25 g der dritten Portion befanden sich im Laufe von 24 Stunden bei einer Temperatur von - 8,7° bis - 10° C. Am 19. Januar schieden sie folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 10 Uhr 15 Min. bis 4 Uhr 15 Min.	12,8	51,2	16,5

Folgende 325 g der dritten Portion befanden sich im Laufe von 24 Stunden bei einer Temperatur von - 8,7° bis - 10° C. Sie wurden am 19. Januar um 11 Uhr vormittags zerschnitten, und man erhielt um 11 Uhr 20 Min. 235 g (225 ccm) Saft.

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp.
100 ccm	Von 12 Uhr bis 3 Uhr 20. Januar, d. h. 27 Stunden	36,8 mg	16-18°

Zehnter Tag nach der Verletzung (am 21. Januar). 50 g der vierten Portion schieden folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 12 Uhr 15 Min. bis 2 Uhr 15 Min.	9,6	9,6	18
„ 2 Uhr 15 Min. bis 4 Uhr 15 Min.	9,6	9,6	18

25 g der vierten Portion waren im Laufe von 20 Std. 15 Min. bei einer Temperatur von - 10° bis - 11° C. Sie schieden am 22. Januar folgende Menge CO₂ aus:

Dauer des Versuches	Menge der CO ₂		Temp. Grad
	in mg	in 1 Stunde 100 g	
Von 8 Uhr bis 2 Uhr	11,8	47,2	16,5

Folgende 185 g der vierten Portion befanden sich im Laufe von 20 Std. 15 Min. bei einer Temperatur von - 10° bis - 11° C. Sie wurden am 22. Januar um 9 Uhr vormittags zerschnitten, und man erhielt um 9 Uhr 20 Min. 135 g (128 ccm) Saft.

Menge des Saftes	Dauer des Versuches	Menge der CO ₂	Temp
100 ccm.	Von 10 Uhr bis 2 Uhr 23. Januar, d. h. 27 Stunden	13 2 mg	16,5-18°

Die Ergebnisse dieses Versuchs sind in Fig. 2 dargestellt. Die Kurve stellt die Atmung des Saftes dar, welcher aus der erfrorenen Zwiebel erhalten worden ist.

Bei diesem Versuch konnte man allemal, nach der Menge des

BaCO₃-Niederschlag urteilend, beobachten, dass CO₂ in beträchtlichen Mengen nur in den ersten Stunden, nachdem der Saft oder die gefrorene Zwiebel die Temperatur des Zimmers angenommen hatte, zur Ausscheidung kam. Darauf sank die CO₂-Ausscheidung schroff, ebenso wie in den Versuchen von Fräulein GRIGORIEW¹⁾ mit der CO₂-Ausscheidung von Zymin. Im letzten Versuche fällt besonders die hemmende Eigenschaft des Kieselguhrs auf. Der ohne Kieselguhr erhaltene Saft scheidet 31,2 mg CO₂ aus; der mit Kieselguhr erhaltene Saft scheidet bei sonst gleichen Bedingungen nur 2 mg CO₂ aus.

Nach dem äusseren Aussehen bestand dieser Unterschied in folgendem: der ohne Kieselguhr erhaltene Saft schäumte sehr, der mit Kieselguhr erhaltene war klar. Unter dem Mikroskop konnte man sie nur durch Luftbläschen in dem ersten unterscheiden. Wahr-

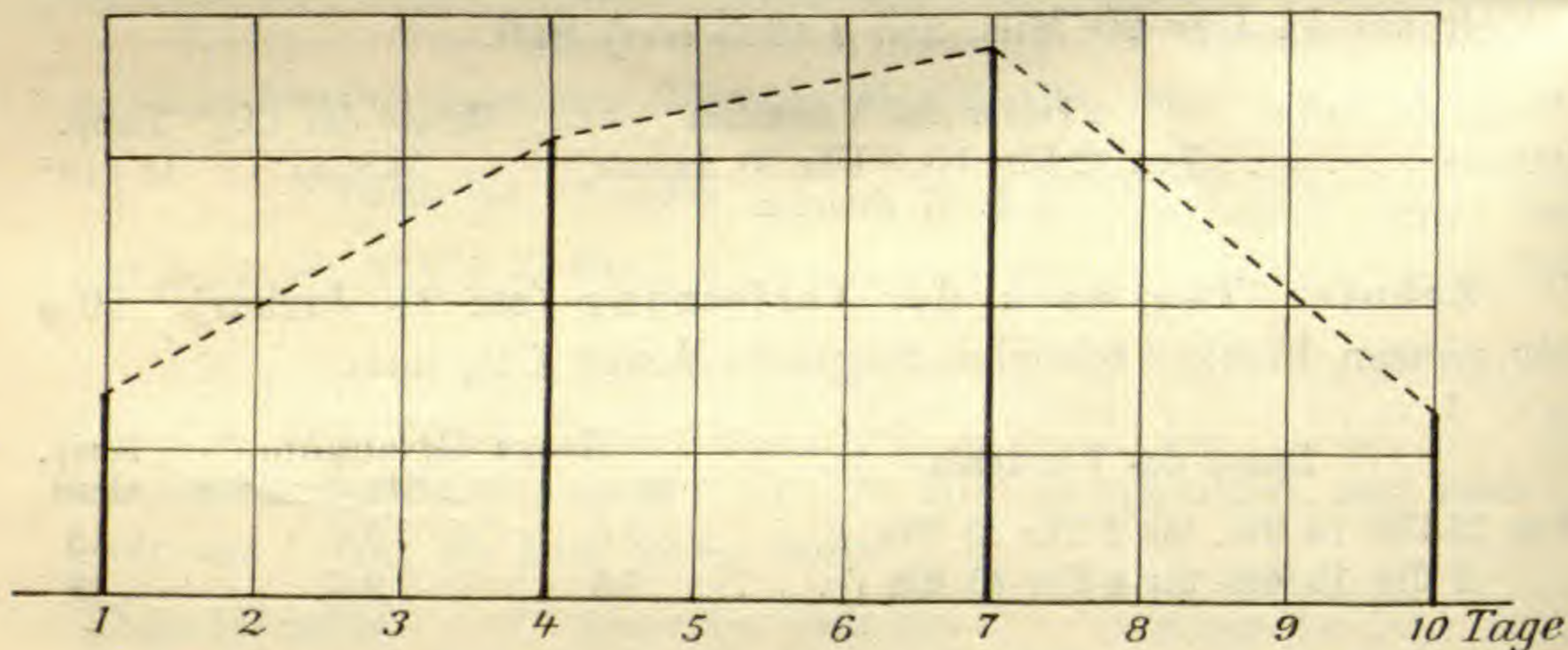


Fig. 2.

scheinlich hält der Kieselguhr die Atmungsfermente in sich zurück, denn es ist schwer vorauszusetzen, dass er irgendwelche mechanischen Teile des Saftes zurückhält.

An dem letzten Versuch ist klar zu ersehen, dass der Sauerstoff, welcher energisch absorbiert wird (was man am Braunwerden des Saftes merkt) keinen Einfluss auf die CO₂-Ausscheidung hat.

Auf Grund der oben beschriebenen Versuche gelangt man zu folgenden Schlussfolgerungen:

1. Der Saft der verletzten Zwiebeln atmet energischer als der Saft der gesunden Zwiebeln.

2. Die Energie der Atmung einer verletzten Zwiebel und des aus ihr erhaltenen Saftes steigt allmählich, erreicht ihr Maximum und sinkt darauf.

1) GROMOW und GRIGORIEW, Zeitschr. für physiol. Chemie, 1904, Band XLII, Heft 4.

3. Die Verletzung bedingt eine gesteigerte Bildung von Atmungs-enzymen, was eine gesteigerte Atmungsenergie der verletzten Pflanze zur Folge hat.

4. Die durch Verletzung hervorgerufene Entwicklung von Atmungsfermenten geht nur an der Luft vor sich. Das ist aus der Tatsache ersichtlich, dass SMIRNOFF keine gesteigerte Kohlensäureausscheidung bei verletzten Zwiebeln, welche die ganze Zeit in einer Wasserstoffatmosphäre gehalten worden waren, beobachtet hat.

5. Der aus erfrorenen Zwiebeln erhaltene Presssaft atmete viel energischer als der Presssaft aus nicht erfrorenen Zwiebeln.

6. Verletzte und dann erfrorene Zwiebeln zeigen nach dem Auftauen ihr Atmungsmaximum später als nicht erfrorene Zwiebeln oder der aus ihnen erhaltene Presssaft.

7. Der Saft verletzter Zwiebeln entwickelt sowohl an der Luft, als auch in Wasserstoffatmosphäre gleiche Mengen Kohlensäure. Dasselbe hat MAXIMOW¹⁾ für den Saft von *Aspergillus niger* bewiesen.

8. Der Presssaft aus den Zwiebeln absorbiert Sauerstoff. Die Reaktion mit Guajakharz zeigt, dass der Saft der verletzten Zwiebeln mehr Oxydase enthält als der Saft der gesunden Zwiebeln.

St. Petersburg, Botan. Laboratorium der Frauenhochschule.

1) MAXIMOW, Berichte der Bot. Ges., XXII, 1904, S. 225.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Krasnosselsky T.

Artikel/Article: [Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Pflanzen 142-155](#)