

Die Athmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen.

Aus dem botanischen Institute zu Leipzig.

Von
Dr. Conrad Stich.

1. Theil.

Die Athmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung.

Eine der Hauptaufgaben, deren Lösung die Physiologie seit den letzten Jahrzehnten versucht hat, bildete die Klarlegung der einzelnen Factoren, durch deren Zusammenwirken die Lebensbethätigung eines Organismus, wie sie in der Athmung zu Tage tritt, ermöglicht wird. Obgleich eine grössere Zahl umfangreicher Untersuchungen über Zweck, Verlauf und Bedingungen dieses Processes vorliegt, so ist man doch noch nicht zu einer allseitig befriedigenden Erkenntniss des wichtigen Gegenstandes gelangt. Denn trotz mannigfacher Erfahrungen ist eine lückenlose Einsicht in den Athmungsprocess selbst noch nicht gewonnen. Mehr durch Untersuchungen beleuchtet ist die Abhängigkeit der pflanzlichen Athmung von äusseren Factoren, wiewohl auch hier in einzelnen Punkten dieser Frage eine lückenhafte Kenntniss weitere Forschungen wünschenswerth erscheinen lässt.

Ein wesentlicher Factor, von welchem dieser physiologische Verbrennungsprocess naturgemäss abhängen muss, ist der Sauerstoff der umgebenden Atmosphäre. Von den engeren Fragen, welche den Einfluss der Sauerstoffpressung auf die Athmung berühren, sind bis jetzt beantwortet die Athmung nach Abschluss des Sauerstoffs, sowie die Relation der Athmungsproducte unter normalen Verhältnissen und bei gesteigertem Sauerstoffdruck, während über den Einfluss verminderter Sauerstoffpressung auf die Athmungsthätigkeit eine befriedigende Klarheit noch nicht herrscht.

Saussure¹⁾ und Grischow und nach ihnen Borodin fanden, dass in reinem Sauerstoff die Athmungsintensität etwas gesteigert wird, während Scheele angiebt, dass viele Keimpflanzen in seiner Feuerluft eine langsamere und unvollkommenere Entwicklung zeigen. Bei mehrtägiger Exposition musste auch Paul Bert eine Verringerung der Kohlensäureausscheidung constatiren. Rischawis²⁾ Versuche ergaben wiederum, in Uebereinstimmung mit Böhms³⁾, eine Indifferenz der Pflanze gegen hohen Sauerstoff-

1) Eine vollständige Zusammenstellung der ältern die Frage berührenden Litteratur findet sich in Pfeffers Pflanzenphysiologie, VIII. Kapitel, I. Band.

2) Landw. Versuchsstat. 1876, Bd. 19, p. 336.

3) Sitzber. d. k. Wiener Akad. Math. nat. Classe, Bd. 68, p. 132.

gehalt und zwar bei Temperaturen zwischen 20° und 35° C. Die neuesten Angaben rühren von Godlewski¹⁾ und von Johannsen her, von denen der erstere für die ersten 48 Stunden des Versuchs eine bedeutend grössere Kohlensäureausscheidung als gewöhnlich beobachtete, die sich jedoch danach auf ein geringes Maass einschränkte. Aehnlich fand Johannsen²⁾, dass bei *Zea Mays*, *Helianthus annuus* und *Pisum sativum* die Kohlensäureausscheidung unter einem Luftdrucke von 10 bis 25 Atmosphären, also reinem Sauerstoffdruck von 2 bis 5 Atmosphären, in den ersten Stunden theilweise kaum, theilweise ansehnlicher vermehrt wird, um danach bis zum Tode allmählich abzunehmen, und zwar um so schneller, je grösser der Druck ist. Wurden die Pflanzen nach 2 bis 45 stündiger Versuchsdauer unter den gewöhnlichen Druck versetzt, so stieg die Kohlensäureproduction zeitweilig noch höher als vorher. Es kann nicht gerade auffällig sein, dass die angeführten Resultate Differenzen ergaben. Diese werden zum Theil erklärt durch die verschiedene Versuchsdauer, die sonstigen Bedingungen und die verschiedenen angewandten Pflanzen, von denen angenommen werden muss, dass sie sich in Bezug auf die Athmung wahrscheinlich ebenso verschieden verhalten, wie es Pflanzen überhaupt in physiologischer Hinsicht thun. Soviel scheint indessen festzustehen, dass ein höherer Sauerstoffgehalt bei gewissen, doch nicht allen Pflanzen eine zeitweise und jeweilig verschiedene Steigerung der Athmungsthätigkeit zur Folge hat. Weiterhin aber sinkt die Athmungsthätigkeit, weil die Pflanzen bei zu hohem Sauerstoffdrucke geschädigt und endlich getödtet werden.

Wenden wir uns jetzt zu der Frage, wie die Pflanze ein gänzlich Entziehen oder ein Vermindern des Sauerstoffs verträgt, so sind die über den ersteren Punkt festgestellten Thatsachen in Pfeffers Pflanzenphysiologie zusammengefasst und später von ihm, gestützt auf Versuche von Wilson, noch näher beleuchtet worden³⁾. Den Process, durch welchen ohne freien Sauerstoff Kohlensäure abgespalten wird, pflegt man bekanntlich als intramoleculare Athmung zu bezeichnen.

Ueber den zweiten Punkt, nämlich die Respiration bei vermindertem Sauerstoffgehalt, hat Saussure⁴⁾ beobachtet, dass der Sauerstoff bis auf die Hälfte verringert werden kann, ohne eine Schwächung der Athmung zu veranlassen, und dass die Pflanzen in noch bedeutend sauerstoffärmerer Luft eine Volumenvermehrung derselben bewirken. Wilson⁵⁾ hat ferner festgestellt, dass die Kohlensäureproduction nur wenig geringer in einem Gemenge von 4 Theilen Wasserstoff und einem Theile Luft ist, dagegen

1) Pringsheims Jahrbücher, Bd. 13, 1882, p. 491.

2) Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, 1885, Bd. I, p. 686.

3) Untersuch. aus dem bot. Institut zu Tübingen, Bd. I, p. 636.

4) Mémoir. de la soc. physique de Genève 1833, Bd. 6, p. 552.

5) l. c. p. 655.

in einem solchen von 19 Theilen Wasserstoff und einem Theile Luft abnimmt. Aehnliches fand Johannsen ¹⁾ in nur einem Versuche, den er mit 1% Sauerstoff enthaltender Luft anstellte. Ausführlicher hat Godlewski ²⁾ den Gegenstand bearbeitet, welcher die Pflanzen im abgeschlossenen Raume athmen liess und den verbrauchten Sauerstoff sowie die gebildete Kohlensäure maass. Er beobachtete, dass die Athmungsthätigkeit mit allmählich fallendem Sauerstoffgehalt abnahm, und zwar verringerte sich Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung in gleichem Maasse, d. h. der Respirationsquotient blieb derselbe. Es ist aus diesen Versuchen ersichtlich, dass eine weitgehende Verminderung des Partiärdrucks eine grössere Veränderung im Athmungsprocess der lebenden Pflanze hervorzurufen vermag als ein erhöhter Druck.

Gerade deshalb ist indessen eine genaue quantitative Untersuchung dieser Relationen von grosser Wichtigkeit. Es ist die Frage zu stellen, wie weit der Gehalt an Sauerstoff vermindert werden kann, ohne dass eine merkliche Verringerung der Sauerstoffaufnahme aus der Luft eintritt, und ferner, in welchem Verhältniss von diesem Punkte ab Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung zu einander stehen. Es wäre interessant zu erfahren, ob, wie Godlewski ³⁾ annahm, dieses Verhältniss, der Respirationsquotient, thatsächlich immer dasselbe bleibt, d. h. dem geringeren Sauerstoffverbrauch proportional weniger Kohlensäure gebildet wird, oder zu Gunsten des einen oder des andern Bestandtheils eine Aenderung Platz greift.

Auf Veranlassung des Herrn Professor Pfeffer begann ich im Frühling 1889 durch eine planmässig angeordnete Versuchsreihe diese Lücke auszufüllen.

Versuchsmethode.

- 1) Einleitendes: Bestimmung der durch intramoleculare Athmung in reinem Wasserstoff producirtcn Kohlensäure.
- 2) Bestimmung des Punktes, bei dem die Abnahme der Kohlensäureproduction bei successive vermindertem Sauerstoffgehalt beginnt.
- 3) Ermittlung des Respirationsquotienten in verschiedenem Sauerstoffgehalt.

Zur Bestimmung der Kohlensäure in den Versuchen des ersten und zweiten Abschnitts diente der Pettenkofersche Athmungsapparat, wie er von Pfeffer für die vegetabilische Respiration umgeändert und im ersten Bande der Tübinger Untersuchungen bei Gelegenheit der Veröffentlichung

1) *ibid.* p. 716.

2) *l. c.* p. 491.

3) Pringsheims Jahrbücher 1882, Bd. 13, p. 522.

von Wilsons Versuchen abgebildet wurde¹⁾. Es ist nichts zu der Pfefferschen Beschreibung und Discussion des Apparates hinzuzufügen und kann daher hier direct die Art und Weise der Versuchsanstellung folgen.

Es wurde zunächst die intramoleculare Athmungsthätigkeit bei *Pisum sativum*, *Brassica Napus*, *Helianthus annuus*, *Triticum vulgare*, *Cornus mas*, *Picea nigra* und *Bovista tunicata* in verschiedenen Entwicklungsphasen untersucht. Sodann wurde die Kohlensäureproduction bei vermindertem Sauerstoffgehalt gemessen. Versuchsobjecte waren hierbei Früchte, Blütenknospen, Keimlinge, frische Hutzpilze und Wasserpflanzen. Angewandt wurden Luftgemische von 20,8%, 8%, 6%, 4%, 2% und 0% Sauerstoff. Da aber manche Arten bei 2% noch keine bedeutende Abnahme der Athmungsenergie aufwiesen, wurden neue Individuen noch besonders der Einwirkung von 1% Sauerstoff ausgesetzt. Die Versuche mit Pilzen verlangten der geringen Haltbarkeit wegen eine andere Anordnung. Es wurde hierbei zuerst die Athmung in Luft, dann in Wasserstoff, dann wieder in Luft verglichen, die Exemplare erneut und das Experiment mit Luft, 2% Sauerstoff und Luft wiederholt. Die Dauer jedes Versuchs betrug eine Stunde, und es wurde zu jedem ein Controllversuch gemacht.

Die im 2. Abschnitte ausgeführten Versuche gaben nur Aufschluss über die bei vermindertem Sauerstoffdrucke producirt Kohlensäuremenge, zur Ermittlung des Respirationsquotienten (des Verhältnisses der producirt Kohlensäuremenge zum aufgenommenen Sauerstoff) war eine andere Methode nöthig und es wurde nach zwei Methoden mit Benutzung folgender Apparate gearbeitet:

- 1) Apparat, bestehend aus einem die Pflanzen aufnehmenden kleinen Glaszylinder, durch welchen das betreffende Gasgemisch von einem damit verbundenen Gasometer getrieben wurde.
- 2) Apparat zur Analyse der angewandten und resultirenden Athmungsluft.

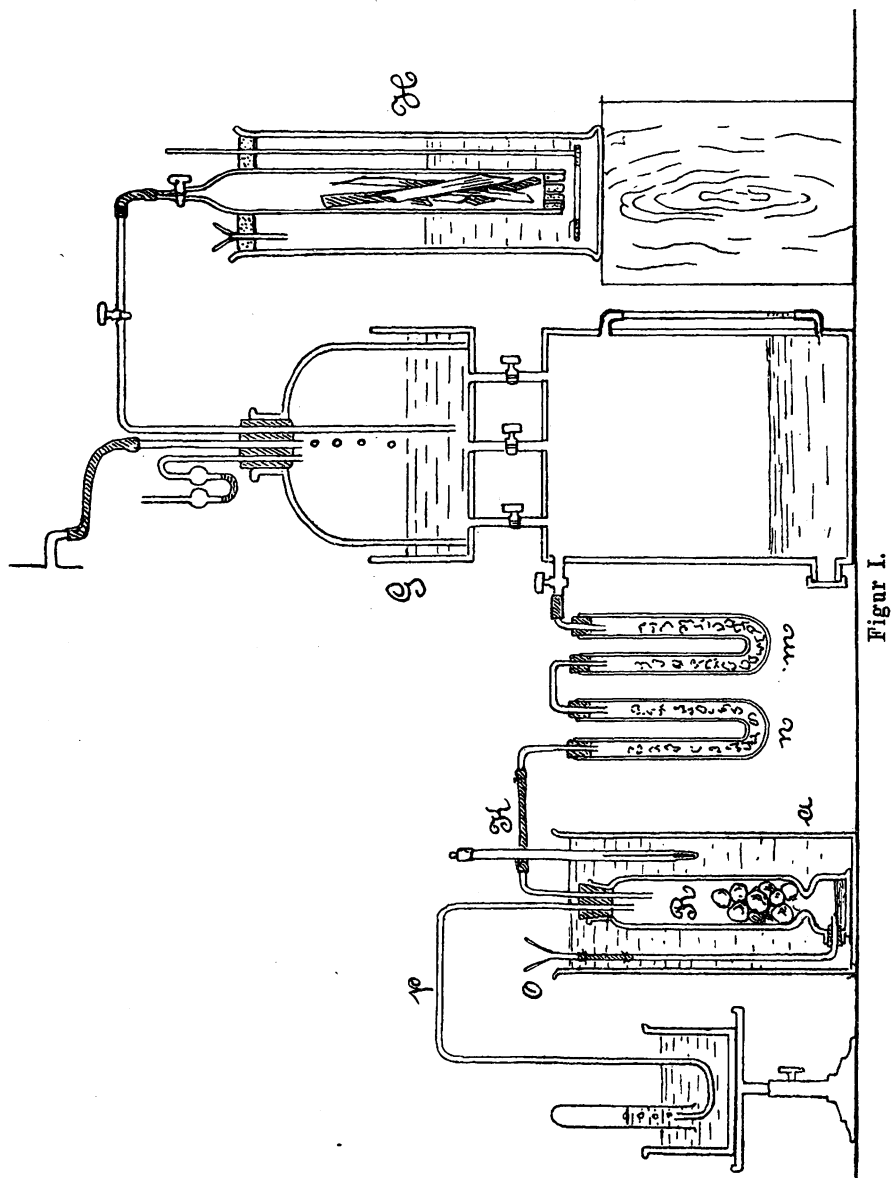
1) Athmungsapparat.

(Vgl. Figur I.)

Die bei den Versuchen verwandten Gasgemische von geringerem Sauerstoffgehalte wurden im Gasometer *G*, der ungefähr 25 Liter fasste, aus reiner Luft und reinem Wasserstoff hergestellt. Um den Sauerstoffgehalt des Gasometers, welcher durch die vom Wasser abgegebene Luft etwas zunimmt, möglichst constant zu erhalten, wurde in das Wasserreservoir eine die Wände desselben fast berührende Glasglocke gestülpt, welche oben mit einem dreifach durchbohrten Stopfen verschlossen war. Durch eine Oeffnung führte eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre,

1) Untersuch. aus dem bot. Institut zu Tübingen 1885, Bd. I, p. 637.

deren äusseres Ende mit einem Wasserstoffentwickler verbunden war, während das andere innerhalb der Glocke unter Wasser endigte. Das



zum Austreiben des Gasmisches aus dem Gasometer nöthige Wasser wurde durch eine mit der Wasserleitung verbundene Röhre eingelassen, die durch die zweite Oeffnung des Stopfens führte. Das tropfenweise

zufließende Wasser musste demnach eine Wasserstoffschicht passieren, eine Anordnung, deren Zweckmässigkeit für die Constanz des Sauerstoffgehalts durch Analysen erwiesen wurde. Durch die dritte Oeffnung des Stopfens wurde ein Sicherheitsrohr, mit Wasserschluss für eventuellen Ueberdruck unter der Glocke, geschoben. Die Glocke war bei Beginn der Versuche mit Wasserstoff gefüllt und das Wasser im Gasometerbecken mit Wasserstoff gesättigt. Dieser Wasserstoffabschluss ermöglichte es, dass die Schwankungen des Sauerstoffgehalts im Gasometer unter 1% gehalten wurden. Die Ableitung des etwa überfließenden Wassers wurde durch einen heberartig wirkenden Fliesspapierstreifen besorgt. Vom Gasometer passirte das Gasmisch zwei U-Röhren *m* und *n*, welche zur Gasreinigung mit Kalilauge resp. $KMnO_2$ -Lösung getränkte Bimsteinstücke enthielten, dann den ca. 100 ccm haltenden Recipienten *R* und von hieraus das U-Rohr *p*, welches in einer Glasschale unter Wasser endigte. Zwischen der U-Röhre *n* und der Zuleitungsröhre zum Recipienten war ein Kautschukschlauch *K* mit zwei Quetschhähnen eingefügt. Dadurch konnte einerseits der Recipient nach dem Gasometer hin abgeschlossen werden, andererseits wurde durch wiederholtes Zusammenpressen des Schlauches eine gleichmässige Luftmischung im Pflanzenbehälter *R* erzielt, wie dies auch durch Vorversuche mit Tabaksrauch und Bromdampf controllirt wurde. Zum Austreiben der Luft aus dem Recipienten wurden durch das Barometerrohr *o*, welches sich oben trichterförmig erweiterte und unter dem Trichter abgeschlossen werden konnte, kleinere Quantitäten Quecksilber eingefüllt, wodurch eine zur Analyse genügende Luftmenge ausgetrieben wurde. Die Luftprobe wurde in einem kleinen Reagenzgläschen in der mit Wasser gefüllten Schale *s* aufgefangen. Der Recipient stand in einem mit Wasser angefüllten Cylinder und die Temperatur des Wassers wurde durch ein eingehängtes Thermometer angezeigt. In der Verjüngung am Fusse des Recipienten war ein feuchter Wattepfropfen eingeschoben und der obere Theil des Behälters, worin die Versuchsobjecte eingetragen wurden, mit feuchtem Fliesspapier ausgelegt. Die Pflanzen kamen stets angefeuchtet zur Verwendung, so dass sie ihren Turgor während des Versuchs bewahrten. Die Objecte wurden verdunkelt durch Umwickeln des Gefässes *R* mit schwarzem Zeug, ausserdem war der Wassercylinder mit schwarzem Papier umkleidet.

Bei den Versuchen mit kurzer Versuchsdauer wurde das angewandte und das im geschlossenen Recipienten durch die Athmung veränderte Gasmisch der Analyse unterworfen; bei länger dauernden Versuchen wurde ein Gasmisch über die Pflanzen geleitet, dessen Zusammensetzung durch die Herstellung und Analyse bekannt war. Von Zeit zu Zeit wurde das aus dem Pflanzenraum austretende Gasmisch auf unveränderte Zusammensetzung geprüft, und es waren im übrigen alle Vorsichtsmassregeln getroffen, um Geschwindigkeit und Zusammensetzung des Gas-

stromes genügend constant zu erhalten. Die Aenderung des Gases durch die Athmung der Pflanzen ergab sich hier dadurch, dass der Recipient, nachdem das Gas die gewünschte Zeit hindurch geströmt war, abgeschlossen und in dem so abgespannten Gasvolumen die Athmungsthätigkeit in der schon angedeuteten Weise bestimmt wurde. Vor Beginn der Versuche wurde stets ein kräftiger Luftstrom einige Zeit lang durch den Apparat geleitet, bis anzunehmen war, dass das Gasgemisch gleichmässig den Apparat füllte. Versuchsobjecte waren bei dieser Versuchsreihe Keimlinge, Knollen und Zwiebeln.

2) Apparat zur Luftanalyse.

Derselbe ist der von G. Bonnier und L. Mangin angewandte Apparat¹⁾, mit welchem die einzelnen Luftbestandtheile volumetrisch ermittelt werden, Kohlensäure durch Absorption mit Kalilauge, Sauerstoff mit pyrogallussaurem Kali, Stickstoff resp. Wasserstoff aus der Differenz der Volumsumme beider und dem zur Analyse genommenen Luftvolum. Die zahlreichen Analysen der atmosphärischen Luft, welche mittelst dieses Apparates ausgeführt wurden, differirten mit denen von M. Dumas um 0,2–0,3 % und diese Genauigkeit reichte für unsere Zwecke.

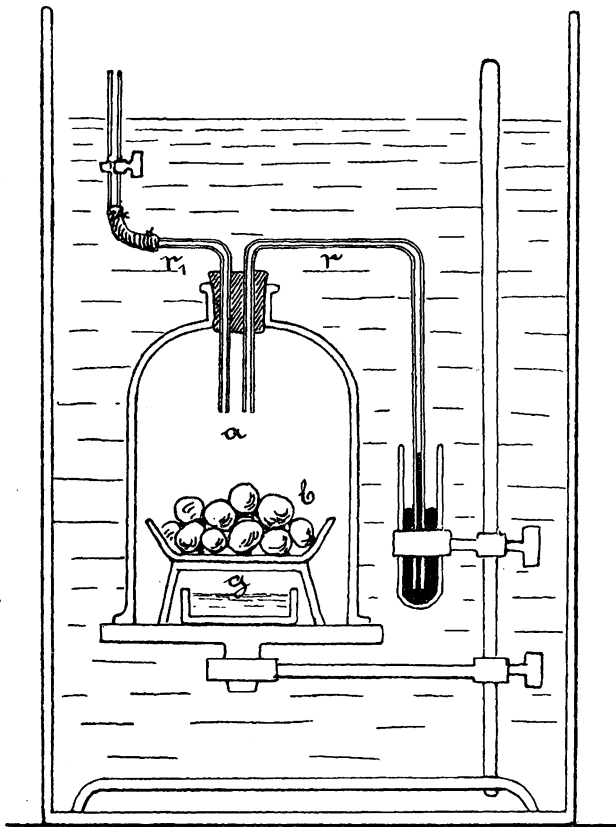
Um zu prüfen, ob die verwandten Pflanzen im Stande wären, dem Luftvolum des abgeschlossenen Behälters *R* sämmtlichen Sauerstoff zu entreissen, wurden 10 g Keimlinge von *Brassica Napus* mit 2–3 mm Wurzellänge 3 Tage lang im Recipienten gehalten. Es war nach dieser Zeit keine messbare Quantität Sauerstoff mehr vorhanden. Dasselbe Resultat lieferten 30 Keimlinge von *Vicia faba* mit 2–8 mm Wurzellänge in einem oben birnförmig erweiterten kalibrierten Rohr mit Wasserschluss. Als Reagenz auf Sauerstoff diente hier Phosphor.

Aus einigen Experimenten mittelst der beiden soeben beschriebenen Apparate konnte geschlossen werden, dass längeres Verweilen der Versuchsobjecte in einer Atmosphäre von geringerem Sauerstoffgehalt eine Anpassung der Athmung an diesen in der Weise bewirkt hatte, dass sich die Sauerstoffaufnahme proportional der Kohlensäurebildung verminderte, der Respirationsquotient aber derselbe blieb. Zur Bestätigung dieser von Godlewski bereits experimentell nachgewiesenen Thatsache war es geboten, einige Versuche in einem grösseren abgeschlossenen Volumen auszuführen.

1) Ann. d. scienc. naturell., sér. VI, Bd. XVII, p. 228; Verbesserungen mitgetheilt: sér. VI, Bd. XVIII, p. 296. — Empfehlen möchte ich, an Stelle der an einer Schiene auf- und abgehenden Schraubenbefestigung der mit *l* bei Bonnier bezeichneten Quecksilberflasche, zwei starke Schleiffedern zu verwenden, die an jeder Stelle das Gefäss festhalten.

Godlewski¹⁾ benutzte einen einfachen Kolben, der mit einem doppelt durchbohrten Stopfen verschlossen war. Durch diesen führten zwei Röhren, von denen eine am äussersten Ende zugeschmolzen, die andere zweimal rechtwinklig gebogen war und in ein Gefäss mit Quecksilber eintauchte. Der äussere Schenkel dieser Röhre war kalibriert. Am inneren Ende der ersten Röhre war ein Schälchen mit concentrirter Kalilauge zur Aufnahme von Kohlensäure angebracht. Die letztere wurde gewichtsanalytisch mit $BaCl_2$ in bekannter Weise bestimmt. Das Volum des eingeathmeten Sauerstoffs ergab sich aus der Volumverminderung der Luft im Apparat.

Der nachstehend beschriebene Apparat ist wesentlich dem Godlewski'schen gleich (vgl. Figur II).



Figur II.

fäss taucht und behufs der Ablesung des Innendruckes eine Millimeterscala trägt. *b* ist ein perforirter, mit Paraffin überzogener Thonnapf für die

Die Glocke *a*, welche etwa 800 ccm hält, ist unten durch eine geschliffene Glasplatte, auf der ihr eingefetteter Rand gut aufsitzt, oben durch einen doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen. Dieser wird von zwei Röhren durchführt, deren eine *r*₁ rechtwinklig gebogen und an ihrem äusseren Ende mit Gummischlauch u. Quetschhahn versehen ist und die Verbindung des Innenraumes mit der Atmosphäre bewerkstelligen lässt; während die andere *r* zweimal rechtwinklig gebogen in ein Quecksilberge-

1) Jahrb. f. wissenschaft. Botanik 1882, Bd. 13, p. 491.

Aufnahme der Pflanzen, der auf einem Glasdreifuss steht und zwar über dem flachen Schälchen, welches die zur Kohlensäureabsorption bestimmte Kalilauge enthält.

Offenbar wird so die Wegnahme der Kohlensäure vollständiger, als durch die bei Godlewski getroffene Einrichtung, der ein zur Hälfte mit Kalilauge gefülltes Gefäss ziemlich hoch über den Pflanzen aufhing; denn die specifisch schwerere Kohlensäure verbreitet sich bei Ruhe nur langsam durch Diffusion in den oberen Raum des Gefässes.

Der Apparat stand auf einem Stativ, und das ganze System war in einen grossen Cylinder mit Wasser getaucht. Dadurch wurde eine ziemlich constante Temperatur und zugleich, wie die Controlle zeigte, ein sicherer Schluss des Apparates erzielt.

Die gebildete Kohlensäure wurde mit $BaCl_2$ ausgefällt und das restirende KOH mit Normalsalzsäure und Phenolphthalein titirt, der O -Consum aus der Volumverminderung im Apparate am Steigen der Quecksilbersäule, das mittelst Kathetometers gemessen wurde, nach der Formel $lg v = lg v' + lg (b - b' - b'') - lg (1 + 0,00366 t)$ ermittelt. Die zu berücksichtigenden Fehlerquellen hat bereits Godlewski ¹⁾ in der Beschreibung seines Apparats besprochen.

Zusammenfassung ²⁾.

Den Versuchen über Einfluss verminderter Partiärpressung des Sauerstoffs auf die Athmung gingen einige Experimente voran, welche bezweckten, die bei intramolecularer und normaler Athmung producirte Kohlensäuremenge verschieden alter Individuen derselben Species festzustellen. Die gewonnenen Resultate zeigen deutlich, wie das Verhältniss der normal und intramolecular gebildeten Kohlensäuremenge für verschiedene Entwicklungsstadien derselben Objecte eine Aenderung erfahren kann, wie dies auch schon von Pfeffer als wahrscheinlich hingestellt wurde ³⁾. Der

Quotient $\frac{J}{N}$ (das Verhältniss der intramolecularen (J) zur normalen (N) Athmung) beträgt für Sonnenrosenkeimlinge mit 5—8 mm Wurzellänge 0,348, mit 15—20 mm Wl. 0,502; für Weizenkeimlinge mit 1—3 mm Wl. 0,591, mit 10—12 mm Wl. 0,416. Drei verschiedene Entwicklungsstadien von Zweigspitzen der *Picea nigra* gaben die Relationen: 0,251, 0,538, 0,648.

Aus dieser Thatsache ist zu schliessen, dass die chemischen Vorgänge in verschiedenen Entwicklungsstadien in ihrem Einfluss auf die Athmung

1) l. c. p. 495.

2) Die Belege für die Zusammenfassung sind in den Abschnitten A, B und C der Tabellen enthalten.

3) Unters. aus dem bot. Institut zu Tübingen 1885, I. Bd., p. 657.

eine Verschiedenheit erkennen lassen, welche nach Abschluss des Sauerstoffs in der Verschiebung der Relation $\frac{J}{N}$ angezeigt ist.

Die Kohlensäureproduction ist aber nur ein Glied einer Kette von Processen, welches quantitativ gleich weiter bestehen kann, trotzdem die übrigen Glieder eine Reihe Umwandlungen erfahren. Es kann also auch zufällig zutreffen, dass die durch intramoleculare und normale Athmung gebildete Kohlensäuremenge gleich ist. Das lehren uns die Keimlinge von *Vicia faba*¹⁾ und *Ricinus communis*²⁾.

Die zum Aufbau des Organismus und zum Unterhalt des Lebens unerlässlichen Betriebskräfte ändern sich mit den Entwicklungsstadien. Sowohl die äusseren Factoren, wie Temperatur, Licht etc., wie die inneren, z. B. die Natur des gebotenen Nährmaterials, können in verschiedenen Entwicklungsphasen verschiedenen Einfluss erzielen. Dass die Beschaffenheit des Nährmaterials thatsächlich die damit in den Pflanzkörper eingeführte Spannkraft und die von dieser abhängige lebendige Kraft, wie sie in der Athmung zu Tage tritt, beeinträchtigt, zeigen entschieden die Untersuchungen Diakonows³⁾, welche die Abhängigkeit der intramolecularen Athmung vom Nährmaterial bei *Penicillium glaucum*, *Asperillus niger* und *Mucor stolonifer* behandeln. Aus einigen dieser Versuche ergibt sich, dass von diesen Schimmelpilzen Kohlensäure in sauerstofffreiem Raume nur ausgeschieden wird, wenn sich Glycose im Nährboden befindet, ob sonst auch sehr gutes Nährmaterial vorhanden ist oder nicht. Bei Mangel an Nährstoffen sinkt auch bei Sauerstoffzufuhr die Athmungsthätigkeit allmählich bis zu einer sehr unbedeutenden Grösse herab, ohne sogleich die Tödtung des Pilzes herbeizuführen. Die Intensität der Kohlensäurebildung von Schimmelpilzen in sauerstofffreiem Raume sinkt mit zunehmender Ansäuerung der Zuckernährlösung, während die normale Athmung davon unabhängig ist.

Auch Müller-Thurgaus⁴⁾ Beobachtungen machen den Einfluss des Nährmaterials auf die Athmung wahrscheinlich, obgleich nicht ausgeschlossen ist, dass hier noch weitere Momente mitspielen. Er stellte die Thatsache fest, dass die Athmung der Kartoffeln um so energischer vor sich geht, je mehr Zucker dem Protoplasma zur Verfügung steht, und dass mit Schwinden der Fähigkeit, Zucker in Stärke zu verwandeln, die Athmung besser gestellt wird und dementsprechend in ausgiebigerem Maasse stattfindet.

Vom Sauerstoffgehalt der Umgebung ist die Sauerstoffathmung in ziemlich weiten Grenzen unabhängig. Aus den Kohlensäuremessungen, welche vergleichend bei Verwendung von 20,8 %, 8 %, 6 %, 4 %, 2 % und 0 % Sauer-

1) Unters. aus dem bot. Inst. zu Tübingen, I. Bd., Jahrg. 1885, p. 645—647.

2) Möller, Berichte der bot. Ges. 1884, II, p. 317.

3) Bot. Jahresber., 14. Jahrg., 1886, p. 167.

4) Müller-Thurgau, Landwirthsch. Jahrb., Jahrg. 1885, Bd. 14, p. 862—873.

stoff gemacht wurden, war der Punkt des Auftretens einer Verminderung der producirt Kohlensäuremenge bei den verschiedenen Objecten verschieden, doch konnte durchschnittlich bei 2—4% Sauerstoff ein auffallendes Sinken der Kohlensäurebildung noch nicht beobachtet werden ¹⁾. Für gleiche Objectarten: Früchte, Keimlinge etc. trat die Abnahme der Kohlensäureproduction bei verschiedener Herabsetzung der Sauerstoffspannung ein. So athmeten bei 2% noch normale Kohlensäuremenge aus die Blüthen von *Anemone japonica*, Früchte von *Prunus domestica*, Keimlinge von *Helianthus annuus*, *Triticum vulgare*, *Vicia sativa*, während die Blüthen von *Stenactis annua*, *Cacalia verbasifolia*, die Früchte von *Hippophae rhamnoides*, Keimlinge von *Brassica Napus* und *Cucurbita melanospermum* bei diesem Sauerstoffgehalt ein merkliches Sinken der ausgehauchten Kohlensäuremenge erkennen liessen. Bei einigen Objecten, bei den Früchten von *Jasminum fruticans*, *Sambucus nigra* und den Keimlingen von *Ricinus communis*, *Vicia faba* und *Lupinus albus* blieb die producirt Kohlensäuremenge unbeeinflusst von dem Sauerstoffgehalt des Mediums, so dass auch in Wasserstoff ebensoviel Kohlensäure gebildet wurde als in atmosphärischer Luft. Auch kam kein durchgehender Unterschied zur Geltung zwischen ölhaltigen und stärkehaltigen Keimlingen.

Was den Respirationsquotienten, das Verhältniss des aufgenommenen Sauerstoffs zur gebildeten Kohlensäure, anlangt, so war bei einem Sauerstoffgehalt des Mediums von ungefähr 8% und einer Versuchsdauer von 3 bis 24 Stunden eine Verschiebung desselben nicht eingetreten, auch nicht eine Aenderung in den absoluten Mengen. Bei 3 bis 4% Sauerstoffgehalt des Mediums war dieser Quotient beträchtlich zu Gunsten der Kohlensäure geändert; es hatte also intramoleculare Athmung neben der normalen stattgefunden, wie dies aus den, den unter C mitgetheilten Versuchstabellen entnommenen Zahlen zu ersehen ist.

Objecte.	Ver- suchs- dauer	Me- dium % O	CO ₂ O	Objecte.	Ver- suchs- dauer	Me- dium % O	CO ₂ O
<i>Triticum vulgare</i> , Keimlinge.	3 h	20,8	0,98	<i>Oryza sativa</i> , Keimlinge.	3 h	20,8	0,86
—	3 h	9,0	0,94	—	21 h	8,0	0,86
—	3 h	5,0	0,93	—	27 h	4,1	2,30
—	3 h	3,0	3,34	<i>Avena sativa</i> , Keimlinge.	3 h	20,8	0,89
—	18 h	3,0	3,73	—	3 h	10,0	0,94
<i>Zea Mays</i> , Keimlinge.	3 h	20,8	0,89	—	27 h	5,5	1,49
—	3 h	9,0	0,96	<i>Secale cereale</i> , Keimlinge.	3 h	20,8	0,90
—	24 h	9,1	0,97	—	27 h	1,7	11,33
—	15 h	5,0	1,35				
—	3 h	3,6	1,37				

1) Es sei bemerkt, dass diese Methode nur anwendbar ist, wenn die bei intramolecularer Athmung producirt Kohlensäuremenge geringer ausfällt als bei normaler.

Objecte.	Ver- suchs- dauer	Me- dium % O	$\frac{CO_2}{O}$	Objecte.	Ver- suchs- dauer	Me- dium % O	$\frac{CO_2}{O}$
Pisum sativum, Keimlinge.	3 h	20,8	0,83	Sinapis alba, Keimlinge.	3 h	20,8	0,63
—	3 h	9,3	0,86	—	16 h	12,0	0,83
—	15 h	3,5	2,31	—	15 h	12,0	0,77
Ervum Lens, Keiml.	3 h	20,8	0,85	Cucurbita melanosp., Keimlinge.	3 h	20,8	0,73
—	15 h	11,8	0,70	—	3 h	5,5	0,81
—	3 h	3,7	2,00	—	15 h	4,2	2,20
Vicia sativa, Keiml.	2 h 30'	20,8	0,80	Ricinus communis, Keimlinge.	3 h	20,8	0,54
—	27 h	5,0	0,88	—	3 h	6,8	0,65
—	2 h 30'	3,8	1,60	—	17 h	2,7	1,10
Lupinus albus, Keiml.	3 h	20,8	0,80	Narcissus poeticus, Zwiebeln.	3 h	20,8	0,96
—	3 h	7,4	1,12	—	3 h	10,2	1,04
—	3 h	4,6	0,92	—	13 h	7,5	2,36
Vicia faba, Keiml.	3 h	20,8	1,05				
—	27 h	7,3	0,85				
—	23 h	4,1	2,3				

Bei einigen Versuchen ¹⁾, in denen die Pflanze längere Zeit der Einwirkung des Gasmischtes unterworfen war, stellte sich während des Versuches der normale Respirationsquotient allmählich wieder her, aber die absoluten Mengen an Kohlensäure und Sauerstoff nahmen ab; dasselbe zeigte sich dann, wenn die Pflanzen im abgeschlossenen Raume athmeten und also die Pflanze selbst allmählich den Sauerstoff verschluckte.

Objecte.	Versuchs- dauer	Medium % O	Gebild. CO_2 pro Std. mg %	Absorb. O_2 pro Std. mg %	$\frac{CO_2}{O}$
Keimlinge von Vicia sativa.	2 h 30'	20,8	1,5	1,8	0,80
	27 h ²⁾	5,0	0,7	0,8	0,88
Keimlinge von Vicia faba.	3 h	20,8	1,6	1,8	0,89
	27 h ²⁾	6,4	1,3	1,5	0,85
Kartoffelknollen.	5 h	20,8	0,7	0,8	0,88
	21 h ²⁾	12,3	1,3	1,2	1,08
	27 h ²⁾	5,7	0,86	0,69	1,24

1) S. nachstehende Tabelle.

2) Die während der letzten 3 Stunden gebildete Kohlensäure wurde gemessen, vgl. Versuchstabellen.

Es ergab sich hieraus die Bestätigung der von Godlewski¹⁾, Bonnier und Mangin²⁾ gefundenen Thatsache, dass unter diesen Bedingungen eine Accommodation des Athmungsprocesses in quantitativer Hinsicht an den in geringerer Menge vorhandenen Sauerstoff stattfindet. Godlewski, welcher den Sauerstoffgehalt durch die Pflanze selbst allmählich verkleinern liess, musste jedoch naturgemäss dabei übersehen, dass eine plötzliche, d. h. gleich zu Anfang des Versuchs geschehende Herabdrückung des Sauerstoffprocents, den Respirationsquotienten beträchtlichen Aenderungen unterwirft, wie dies aus den oben mitgetheilten Zahlen hervorgeht.

Welche Beziehungen lassen sich zu den bisher geltend gemachten Theorien über den genetischen Zusammenhang der normalen und intramolecularen Athmung aus unseren Versuchsergebnissen anknüpfen? Pfeffer³⁾ nimmt an: »dass dieselben primären Ursachen, welche in der normalen Athmung den oxydirenden Eingriff des Sauerstoffs veranlassen, auch bei Abwesenheit des freien Sauerstoffs fortgesetzt Sauerstoffaffinitäten geltend machen und hierdurch Umsetzungen bewirken, welche bei genügendem Zutritt von Sauerstoff ganz oder theilweise nicht zu Stande kamen, Umlagerungen, aus welchen Kohlensäure, sowie die anderen Producte der intramolecularen Athmung hervorgehen.«

Der oxydirende Eingriff wird nach Pfeffer durch die im lebendigen Protoplasma gebotenen Dispositionen verursacht, nicht in dem Sauerstoff liegt die primäre Ursache der Athmung. Diese Sauerstoffaffinitäten sind in jedem Augenblick in nur begrenzter Menge geboten und werden fortwährend ergänzt, denn nur so erklärt sich, dass die Ausgiebigkeit der Athmung in weiten Grenzen von der Partiärpressung unabhängig ist, mit der doch die in die Zelle eindringende Menge Sauerstoff steigt und fällt. Die vollständige Sättigung der Affinitäten durch den freien Sauerstoff unter normalen Bedingungen, sowie die Annahme, dass bei Sauerstoffmangel durch diese fortbestehenden Affinitäten anderweitige Umlagerungen erzielt werden, bilden die Voraussetzungen von Pfeffers Theorie der intramolecularen Athmung.

Eine andere Vorstellung von der Bedeutung der intramolecularen Athmung hat sich Godlewski⁴⁾ auf Grund seiner Athmungsversuche gebildet. Er fasst die intramoleculare Athmung als keine primäre, die Sauerstoffaufnahme hervorrufende Erscheinung auf, und die normale Athmung beruht auf unmittelbarer Wirkung des atmosphärischen Sauerstoffs auf die Molecüle des lebendigen Protoplasmas, da die intramoleculare

1) Jahrb. für wiss. Bot. 1882, Bd. 13, p. 522.

2) Ann. d. scienc. naturell. 1884, sér. VI, Bd. XVII, p. 265; ibid. 1884, sér. VI, Bd. XVIII, p. 359; ibid. 1884, sér. VI, Bd. XIX, p. 246.

3) l. c. p. 664.

4) l. c. p. 537.

Athmung erst zu Tage tritt, wenn die normale Athmung in Folge des Sauerstoffmangels erschwert wird. Als Belege führt er die Versuche IV XVIII und XIX seiner Arbeit an, bei welchen eine Verminderung der partiären Sauerstoffpressung, nicht nur eine Abnahme im Sauerstoffconsum, sondern auch eine proportionale Verminderung der Kohlensäurebildung zur Folge hat. Die Athmung liefert einen Theil der für das Fortkommen der Pflanze nothwendigen Betriebskraft. So lange Kohlensäurebildung und Sauerstoffconsum als Maass für die Athmungsintensität angenommen werden, müssen dieselben auch massgebend sein für die von der Pflanze durch die Athmung gewonnene Betriebskraft. Eine verminderte Intensität zeigt also auch eine herabgesetzte Betriebskraft für die Pflanzen an, welche für die davon abhängenden Functionen Bedeutung haben muss.

Zur Gewinnung der vollen Betriebskraft, welche zum Unterhalt der normalen Lebensthätigkeit unerlässlich ist, müssen im lebenden Organismus Bedingungen geboten werden, die den oxydirenden Eingriff einer gewissen Menge Sauerstoffmolecüle fordern. Wird diese Sauerstoffmenge des umgebenden Mediums plötzlich so herabgesetzt, dass dieselbe nicht im Stande ist, den Bedürfnissen zu genügen, so scheint es, dass das Fehlende sofort nach den Gesetzen der grösseren Verwandtschaft dem zu Gebote stehenden Material entzogen wird, dessen Zersetzungsproducte, soweit dieselben nicht sofort von der Pflanze nutzbar gemacht werden, in dem umgebenden Medium zu finden sind.

Bei allmählicher Entziehung des Sauerstoffs accommodiren sich die Organismen derart, dass sie Sauerstoffaffinitäten nicht mit der früheren Lebhaftigkeit nachentwickeln und die von der Athmung bezogene sinkende Betriebskraft den davon abhängenden Functionen auf Kosten der allgemeinen Entwicklung in mehr und mehr verkürztem Maasse zu Theil werden lassen. Die intramoleculare Athmung wird hierbei erst bei beträchtlich niederem Sauerstoffprocent angeregt, als wenn derselbe plötzlich verkleinert wird. Gegen die Athmungstheorie Pfeffers dürfte demnach dieser Act der Accommodation schwerlich auszunützen sein.

Durch diese Betrachtung wird auch der von Pfeffer als pathologisch bezeichnete Zustand, in welchem die Pflanzen nach der Sauerstoffentziehung unter wiederhergestellten normalen Umständen nicht die frühere Kohlensäuremenge absondern, vollkommen erklärt, da die allmählich abgestorbenen und in Wegfall gekommenen Affinitäten nach und nach restaurirt und in Action gesetzt werden, wenn man absieht von einem wirklichen Absterben oder einer tieferen Schädigung der Pflanzen.

2. Theil.

Die Athmung der Pflanzen bei Verletzungen.

In den vorstehenden Untersuchungen über den Athmungsprocess waren die äusseren Verhältnisse, unter denen sich derselbe abspielt, verändert worden, um einen Einblick in denselben zu erhalten. Die Veränderung der äusseren Verhältnisse ist ein wichtiges Mittel, um über diesen Verbrennungsprocess Aufschluss zu erlangen. Es schien deshalb geboten, durch weitere Aenderung der normalen Athmungsverhältnisse die Einsicht in diesen Process zu vervollständigen; eine solche Aenderung war die Verletzung des athmenden Organs. Es war diese Versuchsanstellung um so berechtigter, als bereits in den früheren Athmungsversuchen vielfach theilweise verletzte Organe zur Anwendung kamen, da das Abpflücken von Blättern, Früchten etc. doch immerhin eine Verletzung bedeutet.

Im Folgenden sollen also Versuche mitgetheilt werden, bei denen die nämlichen Objecte eine bestimmte Zeit anfänglich im unverletzten, später aber im verletzten Zustande athmeten. Die Art der Verletzung war eine sehr verschiedene, wie aus den zu diesem Abschnitte gehörigen Tabellen zu ersehen ist.

Entweder wurden die betreffenden Organe angeritzt, wie bei den meisten Keimpflanzen, oder sie wurden der Länge nach in Stücke zerschnitten, wie bei den Wurzeln von *Pastinaca sativa* und den Früchten von *Datura stramonium*, oder die Organe wurden in Querscheiben oder Querstreifen zerschnitten, wie bei den Blättern von *Ilex aquifolium*, den Rhizomen von *Acorus Calamus* und *Convallaria Polygonatum* und den Knollen der Kartoffel. Die Wundflächen wurden abgewaschen und mit Fliesspapier getrocknet, da ausgepresste Pflanzensäfte auch etwas Kohlensäure ausscheiden könnten. Um zu erfahren, wie bedeutend diese Kohlensäuremenge wäre, wurde der ausgepresste und filtrirte Saft einer Kartoffel mit Fliesspapier aufgenommen und die gebildete Kohlensäure im Pettenkofer-Pfefferschen Apparat gemessen. Das vorgeschlagene Barytwasser wies nur eine schwache Trübung auf.

Die Apparate zur quantitativen Verfolgung der durch die Athmung unverletzter und verletzter Objecte entwickelten Kohlensäure sind die schon oben gebrauchten. In der Hauptsache wurde Kohlensäure mit dem Pettenkofer-Pfefferschen Apparat bestimmt. Das System der Versuche war das, dass zunächst die Kohlensäureproduction in je 1 Stunde im unverletzten Zustande gewöhnlich zweimal gemessen wurde. Darauf wurden die Objecte in geeigneter Weise zerschnitten oder sonst verletzt, in den Recipienten gefüllt und ebenfalls die stündliche Kohlensäureproduction, aber zu verschiedenen Tageszeiten, z. B. zuerst nach der Zeit

von 3 bis 4 Uhr Nachmittags, dann von 7 bis 8 Uhr Abends, in einigen Fällen auch am anderen Tage noch einmal bestimmt. Es wurden zu jeder stündlichen Bestimmung ein bis zwei Controllbestimmungen vorgenommen und dann das Mittel gezogen. Die während der Versuchspausen im Recipienten angesammelte Kohlensäure wurde jedesmal durch einen kräftigen Luftstrom entfernt, auch wurde dafür gesorgt, dass in diesen Zwischenräumen Mangel an Sauerstoff nicht eintreten konnte. Die Temperaturschwankungen während der ganzen Versuchsdauer überstiegen 1,5° C. nicht, so dass eine Beeinträchtigung durch sie nicht zu fürchten war. Während der Messungszeit blieb die Temperatur constant. Als Objecte kamen zur Verwendung Keimlinge von *Zea Mays*, *Brassica Napus*, *Helianthus annuus*, *Vicia faba*, *Phaseolus multiflorus*, von denen bei den beiden letzten die hypocotylen Glieder, bei den übrigen die Wurzeln verletzt wurden, Blätter von *Ilex aquifolium*, Früchte von *Datura stramonium*, Wurzeln von *Pastinaca sativa*, Rhizome von *Acorus Calamus* und *Convallaria Polygonatum* und Kartoffeln. Für die Einzelheiten der Versuche möge auf die Tabellen 1–12 hingewiesen sein.

Eine Betrachtung der dort verzeichneten Versuche zeigt, dass die Athmung verletzter Pflanzentheile Fluctuationen erleidet, die sich in der vermehrten Kohlensäureproduction kundgeben, allerdings verhalten sich, wie vorausszusehen war, die verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheile in Bezug auf das Maass der Steigerung und nach der Dauer des Versuchs sehr verschieden.

Nachstehende Zahlen zeigen die Athmungssteigerung, wie sie in, vor und 2 Stunden nach der Verletzung sich im Durchschnitt pro Stunde herausstellt:

	unverletzt mg CO ₂	verletzt mg CO ₂
Keimlinge von <i>Zea Mays</i> . . .	15,5	17,0
» » <i>Brassica Napus</i> . . .	25,8	30,6
» » <i>Helianthus annuus</i> . . .	21,2	22,6
» » <i>Vicia faba</i> . . .	17,1	24,9
» » <i>Phaseolus multiflorus</i> . . .	18,3	24,2
Blätter von <i>Ilex aquifolium</i> . . .	5,3	9,3
Früchte von <i>Datura stramonium</i> . . .	16,0	20,0
Wurzeln von <i>Pastinaca sativa</i> . . .	16,3	18,4
Rhizome von <i>Acorus Calamus</i> . . .	14,2	23,2
Rhizome von <i>Convallaria Polygonatum</i> . . .	18,9	20,3
Kartoffeln	3,5	15,9
Kartoffeln	6,0	15,8

Sehr unbedeutend ist die Steigerung für *Zea Mays* und *Helianthus annuus*, von 15,5 auf 17,0 resp. 21,2 auf 22,6 mg, namentlich, wenn

man bedenkt, dass 1 mg noch in die Fehlergrenze hineinfällt. Am meisten vermehrte Kohlensäurebildung zeigen die Kartoffeln nach Verletzung, da dieselben in den beiden Versuchen zwischen 163 und 357 % schwankt¹⁾. Wurden die Versuche nach der Verletzung weiter ausgedehnt als 2 Stunden und nach Intervallen die producirte Kohlensäuremenge bestimmt, so wurde eine dreifache Erscheinung bemerkt. Entweder stieg die Menge hierbei während der ganzen Versuchsdauer, wie in Versuch 4 (Tabellenabschnitt C), oder sie sank, wie in Versuch 7 und 9, oder sie stieg anfangs und sank dann wie in Versuch 6, 8, 11, 12.

Zunächst blieb die Erscheinung einer fortdauernden Steigerung der Athmungsintensität ebenso unverständlich wie die Steigerung überhaupt, während das Sinken der Athmungsintensität, die bei *Phaseolus* innerhalb 8 Stunden, bei *Pastinaca sativa*, *Datura stramonium* innerhalb 7 Stunden unter die Athmungsgrösse im unverletzten Zustande herabsinkt, sich in einem langsamen Absterben der betreffenden Theile erklären könnte. Bei der Kartoffel war diese allmähliche Steigerung recht beträchtlich, so stieg sie von 15,9 auf 37,1 mg in Versuch 11 und von 15,8 auf 23,4 in Versuch 12.

Fragt man nach der Ursache der Athmungssteigerung, so können zunächst zwei Erklärungen in Frage gezogen werden, entweder die Verletzung der athmenden Pflanzentheile bewirkt durch Vergrößerung der absorbirenden Oberfläche eine gesteigerte Sauerstoffzufuhr, oder aber die Verletzung wirkt gleichsam als Reiz, indem durch dieselbe Prozesse eingeleitet werden, welche mit einer Athmungssteigerung Hand in Hand gehen. Hier mag nur erwähnt sein, dass allgemein lebhaft wachsende Pflanzentheile eine intensive Athmungsthätigkeit zeigen. Wachsthumsvorgänge werden aber unbedingt durch Verletzungen eingeleitet, wie das aus den Ueberwallungen in den Rinden der Bäume und aus der Korkbildung zerschnittener Kartoffeln hervorgeht. Es galt jetzt zu entscheiden, ob eine der beiden aufgestellten Möglichkeiten die Ursache der Erscheinung ist. Als geeignetes Material waren solche Objecte vorzuziehen, in welchen die Kohlensäureproduction unverletzter und verletzter Objecte recht bedeutende Differenzen ergeben hatte. Es sind deshalb die folgenden Untersuchungen vorwiegend mit Kartoffeln, einem für den Zweck besonders günstigen Materiale, angestellt worden.

Ist die Vergrößerung der Oberfläche, wodurch eine vermehrte Sauerstoffzufuhr ermöglicht würde, die Ursache der gesteigerten Athmung, so muss dieselbe wieder annähernd auf das Maass derjenigen im unverletzten Zustande zurückgehen, wenn die frühere Oberfläche wiederhergestellt wird. Ich liess deshalb Kartoffeln einige Zeit im unverletzten Zustande

1) Dasselbe beobachtete Böhm. Er fand, dass die Athmungsintensität unverletzter Kartoffeln weit von der verletzter übertroffen wurde. (Bot. Zeit. 1887, p. 685.)

athmen, darauf wurden dieselben in Scheiben zerschnitten, die Scheiben einseitig ausgehöhlt, um ein festes Zusammenkleben der Wundflächen zu meiden, fest zusammengebunden und die Wundränder mit 10 % Gelatinelösung überzogen. Nachdem die Kartoffeln in diesem Zustand einige Zeit geathmet hatten, wurden sie aus einander genommen und die Kohlensäurebildung der einzelnen Scheiben gemessen. Wie die beiden nachstehenden Versuche zeigen, hat freilich auch für die wieder zusammengebundenen Scheiben eine Athmungssteigerung stattgefunden, aber weitaus nicht so mächtig als bei den getrennten Scheiben.

Versuch vom 16. Juli 1889.

7 Kartoffeln, 71,5 g, Versuchsdauer 1 Stunde, Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

8 h 50'—9 h 50' früh	3,6	} 4,8 mg CO_2 pro Stunde.
9 h 50'—10 h 50' »	4,9	
10 h 50'—11 h 50' »	6,0	

b) verletzt, Knollen in 4 Scheiben zerschnitten, diese einseitig flach ausgehöhlt und die Schnittflächen abgetrocknet, die einzelnen Theile wieder zusammengebunden und mit 10 % $\frac{1}{2}$ mm dicker, neutralisirter Gelatinelösung an den Wundrändern bedeckt:

12 h 30'—1 h 30'	8,0	} 10,5 mg CO_2 pro Stunde.
1 h 30'—2 h 30'	13,1	

c) die Knollentheile frei in den Recipienten eingelegt:

3 h 45'—4 h 45'	16,8	} 17,6 mg CO_2 pro Stunde.
4 h 45'—5 h 45'	18,0	
5 h 45'—6 h 45'	18,1	

Versuch vom 23. Juli 1889.

7 Kartoffeln, 65,3 g, Versuchsdauer 1 Stunde, Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

6 h 5'—7 h 5' Vorm.	4,8	} 4,3 mg CO_2 pro Stunde.
7 h 5'—8 h 5' »	3,7	

b) verletzt etc., wie im vorigen Versuch:

9—10 h Vorm.	8,9	} 9,5 mg CO_2 pro Stunde.
10—11 h »	10,0	
11—12 h »	9,5	

c) Knollen frei in den Recipienten eingelegt:

3 h 40'—4 h 40' Nachm.	24,9	} 25,7 mg CO_2 pro Stunde.
4 h 40'—5 h 40' »	26,4	

Die Versuche scheinen dafür zu sprechen, dass eine Vergrößerung der absorbirenden Oberfläche die Athmungsintensität steigert, wenngleich dieselben nicht ausreichen, die Frage definitiv zu entscheiden. Man könnte

gegen diese Versuche den Einwurf machen, dass durch die Gelatinelösung in höherem Maasse das Eindringen des Sauerstoffes gehemmt würde, als durch den Korkmantel. Dazu wurde geprüft, ob die Athmungsgrösse herabgesetzt wird bei unverletzten, vollständig mit Gelatine überzogenen Objecten. Nach der hier mitgetheilten kleinen Zusammenstellung ist eine derartige Hemmung durch 10 % Gelatine nicht zu bemerken:

Objecte.	t °C	Ohne Gelatine- überzug mg CO ₂ pro Stunde	Mit neutralis. 10 % Gelatine- lösung bedeckt mg CO ₂ pro Std.
9 Kartoffeln, 104 g . .	18,0—18,6	2,5	2,2
Blätter von <i>Quercus lusitana</i> , 8,2 g	19,5—19,7	8,3	7,8
Blätter von <i>Populus tremula</i> , 8,2 g	19,0—19,4	6,0	6,4

Für jedes Object wurde die Kohlensäureausscheidung dreimal nach je 1 Stunde erst ohne, dann mit Gelatineüberzug bestimmt und dann das Mittel genommen.

Es wurde also von Kartoffeln, Blättern von *Quercus lusitana* und *Populus tremula* die normale Kohlensäurebildung bestimmt und dann die Messung, wenn die Objecte mit 10 % Gelatine bedeckt waren, wiederholt. Die Zahlen lassen einen wesentlichen Einfluss des Gelatinemantels nicht erkennen, die kleinen Abweichungen in den Mengen der producirten Kohlensäure liegen innerhalb der Fehlergrenze. Es bestätigen also diese Versuche, was schon auf anderem Wege von Voigtländer nachgewiesen worden ist, dass die Gelatine die Diffusion der Gase nicht beeinflusst ¹⁾.

Die Versuche 15 und 16 (Tabelle α) bestätigen übrigens das oben Gesagte, dass nach Zusammenfügen der zerschnittenen Theile und Verschluss der Wundränder durch Gelatine die Athmungsintensität bedeutend herabgedrückt wird. Ausgestossene Kartoffelcylinder gaben mit dem Knollenrest, in dem sie wieder eingefügt wurden, nach Bedecken der Wundränder mit einer dicken 30 % Gelatineschicht im Durchschnitt pro Stunde 4,3 mg, nach Entfernung derselben 12,5 mg. Dieser Umstand lässt jedenfalls erkennen, dass es sich hier nicht um eine Vergrößerung der absorbirenden Oberfläche handelt, und da die Gelatine nach den mitgetheilten Versuchen der Gasdiffusion kein Hinderniss ist, müsste die producirte Kohlensäuremenge in beiden Fällen gleich gross sein. Vielleicht kommt doch die Dicke der Gelatineschicht — sie betrug im letzten

1) Ueber Diffusion in Agargallerte. Inaugural-Dissertation. Leipzig 1889. Verlag von W. Engelmann. p. 22.

Falle 2 mm — und vielleicht von einem bestimmten Concentrationsgrade an in Betracht, sonst sind mir die Versuchsergebnisse einfach unverständlich.

Es bietet sich noch ein zweiter Weg, der zur Einsicht führen kann, *ob die Vergrösserung der Oberfläche die Ursache der erhöhten Kohlensäureproduction ist, oder ob hier eine Reizerscheinung in dem oben erörterten Sinne vorliegt.* Ruft die Verletzung als solche im Plasma derartige Veränderungen hervor, dass der Athmungsprocess lebhafter wird, so ist zu erwarten, dass sich dieser Einfluss auch auf die intramoleculare Athmung erstreckt. Schliesst man den Sauerstoff der Luft aus, und lässt die Pflanzen etwa in Wasserstoff athmen, so müsste bei Verletzung die intramoleculare Athmung grösser sein als im unverletzten Zustande. Zwei einschlägliche Versuche mit Kartoffeln führten jedoch zu entgegengesetzten Ergebnissen. In dem ersten Versuche bildeten die Kartoffeln unverletzt in Luft 4,0 mg pro Stunde, verletzt in Luft 7,0 mg, darauf in Wasserstoff in den beiden ersten Stunden pro Stunde 14 mg, in den folgenden beiden Stunden aber nur 5,4 mg Kohlensäure.

Im zweiten Versuche wurden die Objecte unmittelbar nach ihrer Verletzung in Wasserstoff gebracht und athmeten da nicht wesentlich stärker als im unverletzten Zustande in Luft. Die von 7 Kartoffeln producirte Kohlensäuremenge betrug im unverletzten Zustande 6,5 mg pro Stunde, nach Verletzung in Wasserstoff in sechs Bestimmungen nach je einer Stunde durchschnittlich 6,2 mg.

Entscheiden können natürlich diese beiden Versuche die Frage nicht. Der Widerspruch zwischen denselben ist vielleicht darin begründet, dass bei dem ersten Versuch, wo die Objecte vor der intramolecularen Athmung erst 2 Stunden in Luft athmeten, genügend Sauerstoff der Atmosphäre aufgenommen wurde, dass die mit einer allmählichen Athmungssteigerung Hand in Hand gehenden Processe eingeleitet werden konnten und dass dieselben dann noch eine Zeit lang in Wasserstoff fort dauerten.

Es muss also umfangreicheren Untersuchungen überlassen bleiben, die Ursachen der Athmungssteigerung aufzudecken, mit dem Ausmalen von Möglichkeiten allein kann dies aber nicht erreicht werden. Wenigstens haben die mitgetheilten Versuche die Thatsache ausser allen Zweifel gestellt, dass durch Verletzung eine Athmungssteigerung hervorgerufen wird, und die übrigen beiläufigen Versuche können vielleicht als Wegweiser für weitere Forschungen dienen.

In den bisherigen Betrachtungen wurden die Athmungsverhältnisse nur insofern berücksichtigt, als ausschliesslich die Kohlensäureproduction gemessen wurde. Hiermit ist jedoch der Athmungsprocess nicht erschöpft, da ja wesentlich der Sauerstoff in Betracht kommt und aus der Kohlensäureproduction noch kein Schluss auf die Sauerstoffaufnahme gezogen werden kann. Mit der vermehrten Kohlensäureproduction in Folge von

Verletzung könnte sich auch das Verhältniss von Sauerstoffaufnahme zur Kohlensäurebildung, der Respirationsquotient, ändern.

Es wurde deshalb in einigen Versuchen für Kartoffeln und für Tulpenzwiebeln das Verhältniss von Kohlensäure zum Sauerstoff im unverletzten und verletzten Zustande mit dem Apparat (s. Fig. I) und nach der Bonnier-Manginschen Gasanalyse bestimmt in der bereits früher mitgetheilten Weise. Die letzte Tabelle des Versuchsabschnittes giebt die ausführliche Darstellung der erwähnten Versuche. Der Respirationsquotient ist, wie man aus demselben erkennen kann, bei verletzten Pflanzentheilen bedeutend kleiner als bei unverletzten:

	unverletzt $\frac{CO_2}{O}$	verletzt
Kartoffeln I.	0,79	0,53
» II.	0,77	0,19
» III.	0,71	0,39
Tulpenzwiebeln	0,92	0,70

Aus diesen Zahlen ist für die genannten Objecte zu entnehmen, dass, da die Kohlensäureproduction im verletzten Zustande weit ausgiebiger ist als im unverletzten, dass der Sauerstoff in jenem Zustande in sehr viel grösserem Maasse als in diesem aufgenommen wird. Durch die Verletzung nimmt also in den oberen Pflanzen die Athmungsenergie wesentlich zu, und zwar in der Weise, dass der Sauerstoffconsum in höherem Grade wächst als die Kohlensäureproduction. Natürlich geben die angeführten Untersuchungen keinen Aufschluss darüber, welcher Art die hier stattfindenden Oxydationen sind, auch wäre noch durch weitere Versuche festzustellen, ob die Verschiebung der Relation in obigem Sinne allgemein zutreffend ist. Nach den mitgetheilten Versuchen aber, welche ein bedeutendes Sinken des Respirationsquotienten durch Verletzung erkennen lassen, wird man die Athmungssteigerung gleichsam als eine Art Reizerscheinung auffassen und nicht allein in der vermehrten Sauerstoffzufuhr die Ursache suchen. Im letzteren Falle wäre eine Athmungssteigerung wohl erklärlich, aber eine Veränderung des Respirationsquotienten nicht recht verständlich. Jedenfalls wird es noch eingehenderer Versuche bedürfen, um diese interessante Erscheinung auf ihren causalen Zusammenhang zurückzuführen.

A.

Vergleichende Versuche über Kohlensäureproduction bei normaler und intramolecularer Athmung.

Zu diesen einleitenden Versuchen, welche hier nebenbei mitgetheilt werden, wurde der Pettenkofer-Pfeffersche Athmungsapparat benutzt (vgl. »Versuchsmethode« Seite 3).

1. Versuch.

Keimlinge von *Pisum sativum*, 150 ccm, Wurz. 2—5 mm, t 18,8—19,4° C

Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 30,7 \\ 31,6 \end{array} \right\} 31,15 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

H $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 30,0 \\ 26,4 \end{array} \right\} 28,2 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 34,4 \\ 31,8 \end{array} \right\} 33,1 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

$$\frac{J}{N} = 0,875.$$

2. Versuch.

Keimlinge von *Brassica Napus*, 100 ccm, Wurz. 5—20 mm, t 19,8—20° C.

Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 25,2 \\ 24,3 \end{array} \right\} 24,8 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

H $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 9,3 \\ 9,8 \end{array} \right\} 9,1 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 20,4 \\ 26,1 \end{array} \right\} 23,8 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

$$\frac{J}{N} = 0,374.$$

3. Versuch.

Keimlinge von *Helianthus annuus*, 200 ccm, Wl. 5—8 mm, t 22,5—23,0° C.

Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 28,5 \\ 26,9 \end{array} \right\} 27,7 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

H $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 10,4 \\ 9,8 \end{array} \right\} 10,1 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 29,4 \\ 31,0 \end{array} \right\} 30,2 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

$$\frac{J}{N} = 0,348.$$

4. Versuch.

Keimlinge von *Helianthus annuus*, 200 ccm, Wl. 15—20 mm, t 16,4—17,0° C.

Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} 25,1 \\ 26,2 \end{array} \right\} 25,6 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

H	{ 1. Stunde	13,2	} 12,8 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	12,4	
Luft	{ 1. Stunde	18,5	} 21,4 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	24,2	

$$\frac{J}{N} = 0,502.$$

5. Versuch.

Keimlinge von *Triticum vulgare*, 200 ccm, Wl. 1—3 mm, t 19,6—20,0° C.

Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft	{ 1. Stunde	22,3	} 23,2 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	24,0	
H	{ 1. Stunde	15,8	} 13,7 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	11,5	
Luft	{ 1. Stunde	20,2	} 21,1 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	22,0	

$$\frac{J}{N} = 0,591.$$

6. Versuch.

Keimlinge von *Triticum vulgare*, 200 ccm, Wl. 10—12 mm, t 20,0—20,3° C.

Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft	{ 1. Stunde	28,2	} 27,4 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	26,5	
H	{ 1. Stunde	10,2	} 11,2 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	12,2	
Luft	{ 1. Stunde	25,0	} 25,2 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	25,4	

$$\frac{J}{N} = 0,416.$$

7. Versuch.

Blütenstände von *Cornus mas*, im Aufbrechen begriffen, 200 ccm, t 21,0—

21,9° C. Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 2,5 Liter pro Stunde.

Luft	{ 1. Stunde	24,6	} 24,3 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	23,8	
H	{ 1. Stunde	15,2	} 13,0 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	10,8	
Luft	{ 1. Stunde	28,4	} 27,0 mg CO_2 pro Stunde.
	{ 2. Stunde	25,6	

8. Versuch.

Blütenstände von *Cornus mas*, aufgeblüht, 200 ccm, t 20,5—21,2° C.

Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 2,5 Liter pro Stunde.

Luft	1. Stunde	18,6	} 19,2 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	19,7	
H	1. Stunde	13,4	} 13,2 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	13,0	
Luft	1. Stunde	24,2	} 22,5 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	20,8	

9. Versuch.

Junge Zweigspitzen von *Picea nigra*, 200 ccm, t 19,2—19,8° C. Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 2 Liter pro Stunde.

Luft	1. Stunde	32,4	} 28,1 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	23,8	
H	1. Stunde	8,7	} 7,5 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	6,3	
Luft	1. Stunde	28,0	} 31,7 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	35,4	

$$\frac{J}{N} = 0,251.$$

10. Versuch.

Zweigspitzen von *Picea nigra*, 200 ccm, t 19,8—20,0° C. Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft	1. Stunde	22,4	} 22,7 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	23,0	
H	1. Stunde	12,8	} 12,7 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	12,6	
Luft	1. Stunde	24,1	} 24,4 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	24,6	

$$\frac{J}{N} = 0,538.$$

11. Versuch.

Zweigspitzen von *Picea nigra*, 200 ccm, t 19,0—19,8° C. Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft	1. Stunde	14,8	} 15,3 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	15,8	
H	1. Stunde	8,2	} 9,2 mg CO_2 pro Stunde.
	2. Stunde	10,2	

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \begin{array}{l} 12,4 \\ 13,8 \end{array} \} 13,1 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

$$\frac{J}{N} = 0,648.$$

12. Versuch.

5 junge Exemplare von *Bovista tunicata*, 4,8 g, t 17,0—17,4° C. Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \begin{array}{l} 18,4 \\ 15,0 \end{array} \} 16,7 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

H $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \begin{array}{l} 7,7 \\ 8,5 \end{array} \} 8,1 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \begin{array}{l} 19,1 \\ 16,5 \end{array} \} 17,8 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

$$\frac{J}{N} = 0,462.$$

13. Versuch.

5 ältere Exemplare von *Bovista tunicata*, 2,9 g, t 18,8—19,3° C. Versuchsdauer 1 Stunde. Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \begin{array}{l} 5,4 \\ 7,0 \end{array} \} 6,2 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

H $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \begin{array}{l} 3,5 \\ 2,9 \end{array} \} 3,2 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

Luft $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Stunde} \\ 2. \text{ Stunde} \end{array} \right. \begin{array}{l} 8,2 \\ 5,0 \end{array} \} 6,6 \text{ mg } CO_2 \text{ pro Stunde.}$

$$\frac{J}{N} = 0,500.$$

B.

Kohlensäureproduction bei verminderter Sauerstoffspannung.

Zur Bestimmung der Kohlensäure in dieser Versuchsreihe diente wiederum der Pettenkofer-Pfeffersche Athmungsapparat. Die Gasgemische, bestehend aus Luft und Wasserstoff, wurden in einem geräumigen Gasometer gehalten und durch Kalilauge und Kaliumpermanganat-Lösung geleitet. Vor jeder Aenderung des Gasgemisches wurde der Pflanzenbehälter zwei- bis dreimal evacuirt und einige Zeit ein kräftiger Strom des Gemisches durch den Apparat geleitet.

1. Versuch. 26. 8. 89.

Fruchtstände von *Symphoricarpus ramosus*, 23 g; Versuchsdauer 1 Stunde;
Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7h 30'—8h 30' Vm.	17,9	18,2	15,1
	» 8h 30'—9h 30' »	18,0	12,0	
2 % O	Von 10—11h Vm.	17,0	7,0	6,1
	» 11—12h »	17,0	5,2	
4 % O	Von 12h 45'—1h 45' Nm.	17,3	6,5	6,6
	» 1h 45'—2h 45' »	17,4	6,7	
6 % O	Von 3h 10'—4h 10' Nm.	17,4	14,6	13,2
	» 4h 10'—5h 10' »	17,4	11,8	
8 % O	Von 6—7h Abd.	17,8	12,5	14,0
	» 7—8h »	17,8	15,5	
H	Von 8h 35'—9h 35' Abd.	17,8	7,2	6,1
	» 9h 35'—10h 35' »	17,8	5,0	

2. Versuch. 27. 8. 89.

Früchte von *Jasminum fruticans*, 43 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luft-
strom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7—8h Vm.	18,1	12,2	11,6
	» 8—9h »	18,0	11,0	
2 % O	Von 9h 35'—10h 35' Vm.	17,8	9,2	11,4
	» 10h 35'—11h 35' »	17,8	13,6	
4 % O	Von 12—1h Nm.	18,0	12,7	11,7
	» 1—2h »	18,0	10,7	
8 % O	Von 2h 20'—3h 20' Nm.	18,0	10,7	12,0
	» 3h 20'—4h 20' »	18,2	13,3	
H	Von 5—6h Nm.	18,2	12,0	10,05
	» 6—7h »	18,0	8,1	
6 % O	Von 7h 15'—8h 15' Abd.	18,3	10,0	11,55
	» 8h 15'—9h 15' »	18,3	13,1	

3. Versuch. 1. 9. 89.

Früchte von *Sambucus nigra*, 52,0 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom
3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 6h 5'—7h 5' Vm.	18,4	15,1	12,3
	» 7h 5'—8h 5' »	18,4	9,5	
H	Von 8h 40'—9h 40' Vm.	18,4	10,8	10,85
	» 9h 40'—10h 40' »	18,4	10,9	
8 % O	Von 11—12h Vm.	18,2	13,3	14,4
	» 12—1h Nm.	18,2	15,5	
6 % O	Von 1h 25'—2h 25' Nm.	18,1	14,2	14,0
	» 2h 25'—3h 25' »	18,2	13,8	
4 % O	Von 3h 50'—4h 50' Nm.	18,2	13,8	15,8
	» 4h 50'—5h 50' »	18,2	17,8	
2 % O	Von 6h 35'—7h 35' Abd.	18,2	17,1	13,5
	» 7h 35'—8h 35' »	18,2	9,9	

4. Versuch. 2. 9. 89.

Früchte von *Hippophae rhamnoides*, 45 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luft-
strom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 6h 20'—7h 20' Vm.	20,1	23,5	19,4
	» 7h 20'—8h 20' »	20,1	15,3	
H	Von 9h 30'—10h 30' Vm.	20,1	18,5	16,3
	» 10h 30'—11h 30' »	20,4	14,1	
8 % O	Von 2h 20'—3h 20' Nm.	20,4	14,4	15,0
	» 3h 20'—4h 20' »	20,7	15,6	
6 % O	Von 4h 45'—5h 45' Nm.	20,3	16,6	17,7
	» 5h 45'—6h 45' »	20,2	18,8	
4 % O	Von 7h 55'—8h 55' Abd.	19,8	12,9	11,8
	» 8h 55'—9h 55' »	19,2	10,7	
2 % O	Von 10h 5'—11h 5' Abd.	19,4	10,6	8,8
	» 11h 5'—12h 5' »	19,0	7,6	

5. Versuch. 9. 9. 89.

6 reife Früchte von *Prunus domestica*, 80 g; Versuchsdauer 1 Stunde;
Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 6 h 50'—7 h 50' Vm.	18,2	14,5	13,5
	» 7 h 50'—8 h 50' »	18,2	12,5	
H	Von 9 h 5'—10 h 5' Vm.	18,2	10,1	8,5
	» 10 h 5'—11 h 5' »	18,0	6,2	
8 % O	Von 11 h 30'—12 h 30' Vm.	18,4	14,9	13,0
	» 12 h 30'—1 h 30' Nm.	18,4	11,1	
6 % O	Von 2 h 10'—3 h 10' Nm.	18,4	11,8	12,4
	» 3 h 10'—4 h 10' »	18,4	13,0	
4 % O	Von 4 h 45'—5 h 45' Nm.	18,0	17,3	14,1
	» 5 h 45'—6 h 45' »	17,8	10,9	
2 % O	Von 7—8 h Abd.	18,3	16,4	15,95
	» 8—9 h »	18,6	15,5	

6. Versuch. 28. 8. 89.

Aufbrechende Blüten von *Cacalia verbascifolia*, 32,5 g; Versuchsdauer
1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 5 h 40'—6 h 40' Vm.	18,4	22,4	21,4
	» 6 h 40'—7 h 40' »	18,4	20,4	
8 % O	Von 8—9 h Vm.	18,4	21,4	22,3
	» 9—10 h »	18,4	23,2	
6 % O	Von 10 h 15'—11 h 15' Vm.	18,9	23,8	20,95
	» 11 h 15'—12 h 15' Nm.	18,6	18,1	
4 % O	Von 12 h 50'—1 h 50' Nm.	18,4	20,0	17,7
	» 1 h 50'—2 h 50' »	18,4	15,4	
2 % O	Von 3 h 20'—4 h 20' Nm.	18,4	15,2	12,9
	» 4 h 20'—5 h 20' »	18,4	10,6	
H	Von 6 h 10'—7 h 10' Abd.	17,6	10,1	9,9
	» 7 h 10'—8 h 10' »	17,5	9,7	

7. Versuch. 29. 8. 89.

42 aufbrechende Blütenknospen von *Anemone japonica*, 29 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7 h 10'—8 h 10' Vm.	18,8	22,8	21,0
	» 8 h 10'—9 h 10' »	18,8	19,2	
8 % O	Von 9 h 25'—10 h 25' Vm.	18,8	18,5	21,0
	» 10 h 25'—11 h 25' »	18,8	23,5	
6 % O	Von 11 h 35'—12 h 35' Nm.	18,2	21,5	19,8
	» 12 h 35'—1 h 35' »	18,7	18,1	
4 % O	Von 2 h 30'—3 h 30' Nm.	18,7	16,9	18,2
	» 3 h 30'—4 h 30' »	18,7	19,5	
2 % O	Von 4 h 50'—5 h 50' Nm.	18,1	20,1	20,1
	» 5 h 50'—6 h 50' »	18,6	20,1	
H	Von 7 h 20'—8 h 20' Abd.	18,3	16,0	14,1
	» 8 h 20'—9 h 20' »	17,9	12,2	

8. Versuch. 30. 8. 89.

26 Blüten von *Stenactis annua*, 23 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7—8 h Vorm.	18,2	19,3	18,2
	» 8—9 h »	18,2	17,1	
8 % O	Von 9 h 20'—10 h 20' Vm.	18,2	17,5	×
	» 10 h 20'—11 h 20' »	18,2	× ¹⁾	
4 % O	Von 11 h 50'—12 h 50' Nm.	18,4	17,8	15,9
	» 12 h 50'—1 h 50' »	17,9	14,0	
6 % O	Von 2 h 15'—3 h 15' Nm.	18,0	19,4	17,4
	» 3 h 15'—4 h 15' »	18,0	15,4	
2 % O	Von 4 h 35'—5 h 35' Nm.	18,3	11,3	10,7
	» 5 h 35'—6 h 35' »	17,8	10,1	
H	Von 7 h 25'—8 h 25' Abd.	17,8	10,5	10,35
	» 8 h 25'—9 h 25' »	17,8	10,2	

1) verunglückt.

9. Versuch. 4. 9. 89.

42 Keimlinge von *Helianthus annuus*, 7 g, Wurzellänge 1—8 mm; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 5 h 30'—6 h 30' Vm.	18,1	13,6	12,3
	» 6 h 30'—7 h 30' »	18,4	11,0	
8 % O	Von 7 h 55'—8 h 55' Vm.	18,4	14,2	15,8
	» 8 h 55'—9 h 55' »	17,9	17,4	
6 % O	Von 10 h 10'—11 h 10' Vm.	17,9	15,7	15,3
	» 11 h 10'—12 h 10' »	18,0	14,9	
4 % O	Von 1 h 5'—2 h 5' Nm.	18,4	13,0	14,0
	» 2 h 5'—3 h 5' »	18,4	15,0	
2 % O	Von 3 h 20'—4 h 20' Nm.	18,4	13,6	12,3
	» 4 h 20'—5 h 20' »	17,8	11,0	
H	Von 5 h 55'—6 h 55' Abd.	17,8	9,1	8,6
	» 6 h 55'—7 h 55' »	17,6	8,1	

10. Versuch. 9. 9. 89.

Keimlinge von *Brassica Napus*, 120 ccm, Wurzellänge 2, 5, 3 cm, 52 g.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 6 h 30'—7 h 30' Vm.	19,2	26,5	25,55
	» 7 h 30'—8 h 30' »	19,2	24,6	
8 % O ₂	Von 9 h 25'—10 h 25' Vm.	19,2	24,1	26,1
	» 10 h 25'—11 h 25' »	19,0	28,1	
6 % O ₂	Von 11 h 40'—12 h 40' Vm.	19,0	26,7	26,0
	» 12 h 40'—1 h 40' Nm.	19,0	25,3	
4 % O ₂	Von 2—3 h Nm.	19,3	25,0	24,9
	» 3—4 h »	19,3	24,8	
2 % O ₂	Von 4 h 15'—5 h 15' Nm.	19,3	21,6	20,1
	» 5 h 15'—6 h 15' »	19,3	18,6	
H	Von 6 h 35'—7 h 35' Abd.	19,1	15,8	13,2
	» 7 h 35'—8 h 35' »	19,1	10,6	

11. Versuch. 10. 9. 89.

50 Keimlinge von *Lupinus albus*, 48,3 g, Wl. 0,5—1,5 cm; Luftstrom 2,5 Liter pro Std.; Versuchsd. 1 Std., im 3. Abschnitt des Versuchs $\frac{1}{2}$ Std.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Std. resp. $\frac{1}{2}$ Std. mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7h 30'—8h 30' Vm.	19,1	18,5	20,4
	» 8h 30'—9h 30' »	19,0	22,3	
8 % O	Von 9h 50'—10h 50' Vm.	18,7	19,9	19,8
	» 10h 50'—11h 50' »	18,7	19,7	
6 % O	Von 12h 15'—12h 45' Nm.	18,7	10,3	18,4
	» 12h 45'—1h 15' »	18,8	8,1	
2 % O	Von 2—3h Nm.	18,8	19,6	19,85
	» 3—4h »	18,8	20,1	
H	Von 4h 25'—5h 25' Nm.	19,0	21,3	20,9
	» 5h 25'—6h 25' »	19,0	20,5	

12. Versuch. 11. 9. 89.

Keimlinge von *Triticum vulgare*, 32 g, Wl. 0,8—1,2 cm; Luftstrom 3 Ltr. pro Std.; Versuchsd. im 1. 2. 4. u. 5. Abschn. 1 Std., im 3. $\frac{1}{2}$ Std.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Std. resp. $\frac{1}{2}$ Std. mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7h 10'—8h 10' Vm.	18,2	13,7	13,1
	» 8h 10'—9h 10' »	18,2	12,5	
8 % O	Von 9h 25'—10h 25' Vm.	18,2	12,7	14,4
	» 10h 25'—11h 25' »	18,2	16,1	
6 % O	Von 12h—12h 30' Nm..	18,0	6,0	12,3
	» 12h 30'—1h »	18,0	6,3	
2 % O	Von 3h 10'—4h 10' Nm.	18,0	12,6	13,0
	» 4h 10'—5h 10' »	18,5	13,4	
H	Von 5h 40'—6h 40' Nm.	18,5	8,5	6,8
	» 6h 40'—7h 40' »	18,5	5,1	

13. Versuch. 12. 9. 89.

50 Keimlinge von *Vicia faba*, 66 g, Wurzell. 5 mm; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; Versuchsdauer 1 Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 6 h 10'—7 h 10' Vm.	20,2	16,4	16,3
	» 7 h 10'—8 h 10' »	20,2	16,2	
H	Von 8 h 30'—9 h 30' Vm.	20,5	17,0	16,5
	» 9 h 30'—10 h 30' »	20,5	16,0	
2 % O	Von 1 h 5'—2 h 5' Nm.	20,5	15,9	15,9
	» 2 h 5'—3 h 5' »	20,1	15,9	
6 % O	Von 3 h 15'—4 h 15' Nm.	20,1	15,5	16,3
	» 4 h 15'—5 h 15' »	20,1	17,1	
8 % O	Von 5 h 45'—6 h 45' Nm.	20,0	14,3	15,25
	» 6 h 45'—7 h 45' »	20,0	16,2	

14. Versuch. 13. 9. 89.

30 Keimlinge von *Lupinus albus*, 26 g, Wurzellänge 1—5 mm; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; Versuchsdauer 1 Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 8 h 10'—9 h 10' Vm.	17,2	12,2	11,55
	» 9 h 10'—10 h 10' »	17,2	10,9	
2 % O	Von 10 h 45'—11 h 45' Vm.	17,2	13,5	13,35
	» 11 h 45'—12 h 45' »	16,9	13,2	
H	Von 2 h 10'—3 h 10' Nm.	16,9	10,5	12,15
	» 3 h 10'—4 h 10' »	16,9	13,8	

15. Versuch. 15. 9. 89.

25 Keimlinge von *Ricinus communis*, 19,6 g, Wurzellänge 3—30 mm; Luftstrom 1,8 Liter pro Stunde; Versuchsdauer 1 Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ pro Stunde mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7 h 30'—8 h 30' Vm.	17,4	10,8	9,5
	» 8 h 30'—9 h 30' »	17,4	8,2	
H	Von 10 h 30'—11 h 30' Vm.	17,4	9,0	10,2
	» 11 h 30'—12 h 30' »	17,9	11,4	
2 % O	Von 2—3 h Nm.	17,9	12,3	11,3
	» 3—4 h »	17,9	10,3	

16. Versuch. 15. 9. 89.

Keimlinge von *Vicia sativa*, 18,2 g, Wurzeln. 5—20 mm; Luftstrom 3 Ltr. pro Std.; Versuchsd. im 1. 2. u. 5. Abschn. 1 Std., im 3. 4. $\frac{1}{2}$ Std.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	Von 7h 5'—8h 5' Vm.	18,0	7,1	9,2
	» 8h 5'—9h 5' »	18,0	11,3	
8 % O	Von 10h 5'—11h 5' Vm.	18,4	6,8	7,2
	» 11h 5'—12h 5' »	18,4	7,6	
4 % O	Von 2h 10'—2h 40' Nm.	18,4	4,3	10,5
	» 2h 40'—3h 10 »	18,7	6,2	
2 % O	Von 4h 30'—5h Nm.	18,7	5,1	10,0
	» 5h—5h 30' »	18,7	4,9	
H	Von 5h 50'—6h 50' Abd.	18,7	3,4	3,6
	» 6h 50'—7h 50' »	18,7	3,8	

17. Versuch. 16. 9. 89.

5 Exemplare von *Cantharellus tubaeformis*, 19 g, Luftstr. 2,5 Ltr. pro Std.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1 h	6h—7h Vorm.	18,2	27,8	26,2
		7h—8h »	18,2	24,6	
H	1 h	8h 35'—9h 35' Vorm.	18,2	19,5	16,0
		9h 35'—10h 35' »	18,2	12,5	
Luft	1 h	11h 50'—12h 50' Nachm.	18,2	24,2	23,1
		12h 50'—1h 50' »	18,2	22,0	

5 Exemplare von *Cantharellus tubaeformis*, 21,2 g, Luftstr. 2,5—3 Ltr. pro Std.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	$\frac{1}{2}$ h	2h—2h 30' Nachm.	18,8	14,0	24,1
		2h 30'—3h »	18,8	10,1	
2 % O	1 h	3h—3h 30' Nachm.	18,8	25,0	27,7
		3h 30'—4h »	19,0	20,3	
Luft	$\frac{1}{2}$ h	5h 25'—5h 55' Nachm.	19,0	10,7	21,6
		5h 55'—6h 25' »	19,0	10,6	

18. Versuch. 17. 9. 89.

5 Exemplare von *Agaricus fascicularis*, 18 g; Luftstr. 2,5 Ltr. pro Stunde.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1/2 h	6h—6h 30' Vorm.	17,4	12,2	25,8
		6h 30'—7h »	17,4	13,6	
H	1 h	8h 10'—9h 10' Vorm.	17,6	16,9	14,4
		9h 10'—10h 10' »	17,6	11,9	
Luft	1/2 h	10h 45'—11h 15' Vorm.	17,6	12,8	24,2
		11h 15'—11h 45' »	17,6	11,4	

5 Exemplare von *Agaricus fascicularis*, 17,2 g; Luftstr. 3 Ltr. pro Stunde.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1/2 h	1h 40'—2h 10' Nachm.	17,5	15,0	28,3
		2h 10'—2h 40' »	17,5	13,3	
2 % O	1 h	3h 20'—4h 20' Nachm.	17,5	24,0	23,3
		4h 20'—5h 20' »	17,7	22,6	
Luft	1/2 h	5h 50'—6h 20' Nachm.	17,7	13,9	29,1
		6h 20'—6h 50' »	17,7	15,2	

19. Versuch. 29. 9. 89.

11 Exemplare von *Flammula sapinea*, 13 g; Versuchsdauer 1 Stunde;
Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1 h	2h—3h Nachm.	20,2	17,2	16,8
		3h—4h »	20,2	16,3	
2 % O	1/2 h	4h 20'—4h 50' Nachm.	20,6	5,2	9,5
		4h 50'—5h 10' »	20,5	4,3	
Luft	1 h	5h 20'—6h 20' Nachm.	19,7	9,0	10,7
		6h 20'—7h 20' »	19,7	12,4	

20. Versuch. 25. 9. 89.

11 Exemplare von *Proteus nanus*, 32 g; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1 h	1 h 10'—2 h 10' Nachm.	18,5	12,2	15,2
		2 h 10'—3 h 10' »	18,1	18,1	
2 % O	½ h	3 h 40'—4 h 10' Nachm.	18,2	7,3	13,7
		4 h 10'—4 h 40' »	18,2	6,4	
Luft	1 h	5 h 20'—6 h 20' Nachm.	18,2	21,2	21,5
		6 h 20'—7 h 20' »	18,2	21,8	

21. Versuch. 26. 9. 89.

42 Keimlinge von *Cucurbita melanospermum*, Wurzellänge 2—20 mm.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
20,8 % O	1 h	6 h 10'—7 h 10' Vorm.	17,0	13,6	15,3
		7 h 10'—8 h 10' »	17,0	17,0	
2 % O	½ h	8 h 40'—9 h 10' Vorm.	17,2	6,2	10,8
		9 h 10'—9 h 40' »	17,0	4,6	
1 % O	½ h	10 h 15'—10 h 45' Vorm.	16,7	6,9	13,7
		10 h 45'—11 h 15' »	16,7	5,8	
H	1 h	2 h—3 h Nachm.	16,7	6,0	6,3
		3 h—4 h »	16,8	6,6	

22. Versuch. 27. 9. 89.

70 gequollene Erbsen, 54 g; Luftstrom 2,5—3 Liter pro Stunde.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1 h	7 h 20'—8 h 20' Vorm.	17,8	14,3	15,0
		8 h 20'—9 h 20' »	17,8	15,7	
2 % O	½ h	10 h—10 h 30' Vorm.	17,8	16,2	14,1
		10 h 30'—11 h »	17,4	12,0	
1 % O	½ h	11 h 25'—11 h 55' Vorm.	17,4	14,4	14,7
		11 h 55'—12 h 25' »	17,4	15,0	
H	1 h	2 h 30'—3 h 30' Nachm.	17,4	9,6	10,5
		3 h 30'—4 h 30' »	17,6	11,4	

23. Versuch. 28. 9. 89.

50 Keimlinge von *Zea Mays*, 68 g; Wurzellänge 5—15 mm; Luftstrom
3 Liter pro Stunde.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1 h	8 h—9 h Vorm.	18,3	21,8	19,8
		9 h—10 h »	18,3	17,8	
2 % O	½ h	10 h 30'—11 h Vorm.	18,3	5,7	10,3
		11 h—11 h 30' »	18,3	4,6	
1 % O	½ h	11 h 50'—12 h 20' Nachm.	18,3	4,6	8,6
		12 h 20'—12 h 50' »	18,3	4,0	
H	1 h	3 h 10'—4 h 10' Nachm.	18,5	8,1	9,3
		4 h 10'—5 h 10' »	18,5	10,5	

24. Versuch. 29. 9. 89.

Keimlinge von *Secale cereale*, 45,3 g; Wurzellänge 1—2 mm; Luftstrom
3 Liter pro Stunde.

Medium	V. D.	Zeit	t °C.	Prod. CO ₂ mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO ₂ mg
Luft	1 h	8 h 10'—9 h 10' Vorm.	18,6	10,4	10,2
		9 h 10'—10 h 10' »	18,6	10,0	
2 % O	½ h	9 h 25'—9 h 55' Vorm.	18,6	5,0	10,2
		9 h 55'—10 h 25' »	18,6	5,2	
1 % O	½ h	11 h—11 h 30' Vorm.	18,6	4,2	9,5
		11 h 30'—12 h »	18,2	5,3	
H	1 h	2 h 50'—3 h 50' Nachm.	18,2	7,1	6,8
		3 h 50'—4 h 50' »	18,0	6,5	

25. Versuch. 30. 9. 89.

10 Stengel von *Hippuris vulgaris*, 18 g; Versuchsdauer im 1. und 4. Abschnitte 1 Stunde, im 2. und 3. $\frac{1}{2}$ Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO_2 mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO_2 mg
20,8 % O	Von 7h -- 8h Vm.	16,0	8,8	9,0
	» 8h -- 9h »	16,0	9,2	
2 % O	Von 9h 15' -- 9h 45' Vm.	16,5	4,1	9,2
	» 9h 45' -- 10h 15' »	16,5	5,1	
1 % O	Von 10h 40' -- 11h 10' Vm.	16,5	3,3	6,4
	» 11h 10' -- 11h 40' »	16,5	3,1	
H	Von 1h 40' -- 2h 40' Nm.	16,7	8,3	7,5
	» 2h 40' -- 3h 40' »	16,7	6,7	

26. Versuch. 1. 10. 89.

Trianea-Pflanzen, 13,5 g; Versuchsdauer im 1. und 4. Abschnitte 1 Stunde, im 2. und 3. $\frac{1}{2}$ Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

Medium	Versuchsdauer	t °C.	Prod. CO_2 mg	Durchschn. pro Stunde prod. CO_2 mg
20,8 % O	Von 7h 5' -- 8h 5' Vm.	17,4	8,6	7,9
	» 8h 5' -- 9h 5' »	17,4	7,2	
2 % O	Von 9h 40' -- 10h 10' Vm.	17,4	3,5	6,6
	» 10h 10' -- 10h 40' »	17,4	3,1	
1 % O	Von 11h 5' -- 11h 35' Vm.	17,4	1,2	2,7
	» 11h 35' -- 12h 5' »	17,6	1,5	
H	Von 4h -- 5h Nm.	17,6	4,3	3,8
	» 5h -- 6h »	17,6	3,3	

C.

Ermittlung des Respirationsquotienten bei verminderter Sauerstoffspannung.

Apparat s. Figur I, Seite 5, Gasanalyse nach Bonnier-Mangin, s. o. Seite 7.

1) *Triticum vulgare*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Capillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ CaH ₂ (OH) ₂						
300 Keimlinge, Wl. 5—7 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,6	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	5,3	5,4	0,98
	18,6	Am Ende	500	473,5	421	5,3	15,4	79,3			
100 Keimlinge, Wl. 1—2 mm, 9,09 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,2	ZuBeginn	286	286	260	0,00	9,09	90,91	1,45	1,55	0,94
	18,3	Am Ende	345	340	314	1,45	7,54	91,01			
300 Keimlinge, Wl. 5—7 mm, 8,84 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,4	ZuBeginn	520	520	474	0,00	8,84	91,16	4,66	4,93	0,95
	18,4	Am Ende	536	511	490	4,66	3,91	92,43			
100 Keimlinge, Wl. 1 mm, 20,2 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,5	ZuBeginn	463	463	368	0,00	20,52	79,48	1,84	2,0	0,90
	17,3	Am Ende	652	640	518	1,84	18,32	79,84			
Dieselben Objecte, 5 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,2	ZuBeginn	328	328	310	0,00	5,5	94,5	1,2	1,3	0,93
	17,2	Am Ende	510	504	482,5	1,2	4,2	94,6			
200 Keimlinge, Wl. 1 mm, 3 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,8	ZuBeginn	354	354	343	0,00	3,10	96,9	4,58	1,37	3,34
	18,0	Am Ende	586	559	541	4,58	1,73	93,79			
Dieselben Objecte, 3,02% O 15h durch- geleitet, Recipient geschlossen, Luft nach 3h bestimmt.	18,6	ZuBeginn	—	—	—	0,00	3,02	96,98	3,62	0,97	3,73
	18,4	Am Ende	680	656	642	3,62	2,05	94,33			

2) *Zea Mays*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
12 Keimlinge, Wl. 2—5 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,6	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 4,9	5,5	0,89
	17,6	Am Ende	530	504	423	4,9	15,3	79,8			
Dieselben Objecte, 9,1 % O, Versuchsdauer 3 h	17,4	ZuBeginn	587	587	533,5	0,00	9,1	90,9	} 4,5	4,4	1,02
	17,4	Am Ende	469	448	426	4,5	4,7	90,8			
10 Keimlinge, Wl. 5—10 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,2	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 2,8	3,0	0,93
	18,0	Am Ende	477	464	383	2,8	17,0	80,2			
Dieselben Objecte, 3,6 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,0	ZuBeginn	495	495	477	0,00	3,6	96,4	} 1,1	0,8	1,37
	18,0	Am Ende	622	615	595,5	1,1	2,8	96,1			
20 Keimlinge, Wl. 5—10 mm, 4,2 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,4	ZuBeginn	522	522	500	0,00	4,2	95,8	} 6,3	2,5	2,5
	18,2	Am Ende	410	384	367	6,3	1,7	92,0			
Dieselben Objecte, 12 h 5 % O durch- geleitet, Recipient geschlossen, Luft nach 3 h bestimmt, Luftstrom 0,6 Liter pro Stunde.	18,6	ZuBeginn	—	—	—	0,00	5,0	95,0	} 5,0	3,7	1,35
	18,6	Am Ende	682	648	639	5,0	1,3	93,7			
Dieselben Objecte, 9,1 % O 24 h durchgeleitet, Recip. geschlossen, Luft nach 3 h best.	18,6	ZuBeginn	—	—	—	0,00	9,1	90,9	} 3,5	3,6	0,97
	18,9	Am Ende	483	466	439,5	3,5	5,5	91,0			

3) *Oryza sativa*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Capillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorl. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
100 Keimlinge, Wl. 2–3 mm, 20,8 % O	17,5	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	3,7	4,3	0,86
Versuchsdauer 3 h.	17,3	Am Ende	652	628	510	3,7	16,5	80,8			
Dieselben Objecte, 4,1 % O,	17,8	ZuBeginn	632	632	606	0,00	4,1	95,9	4,6	2,0	2,3
24 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h bestimmt.	17,7	Am Ende	517	493	482	4,6	2,1	93,3			
50 Keimlinge, Wl. 2–3 mm, 8,0 % O ₂ ,	17,7	ZuBeginn	723	723	665	0,00	8,0	92,0	1,9	2,2	0,86
18 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h bestimmt.	17,3	Am Ende	586	575	541	1,9	5,8	92,3			

4) *Avena sativa*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Capillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorl. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
100 Keimlinge, Wl. 1–2 mm, 5,5 % O	18,4	ZuBeginn	—	—	—	0,00	5,5	94,5	4,3	2,3	1,49
24 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h analysirt.	18,1	Am Ende	597	571,5	556	4,3	2,5	92,2			
Dieselben Objecte, 20,8 % O,	18,1	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	5,4	6,3	0,89
Versuchsdauer 3 h.	18,1	Am Ende	634	600	557	5,4	14,0	80,6			
100 Keimlinge, Wl. 4–8 mm, 10,0 % O,	18,4	ZuBeginn	702	702	632	0,00	10,0	90,0	3,8	4,3	0,95
Versuchsdauer 3 h.	18,5	Am Ende	740	712	670	3,8	6,0	90,2			

5) Pisum sativum.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
30 Keimlinge, Wl. 1 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,8	ZuBeginn	763	763	605	0,00	20,80	79,2	} 2,3	2,8	0,83
	19,0	Am Ende	645	630	514	2,3	18,0	79,7			
Dieselben Objecte, 3,5 % O 12 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h bestimmt.	19,0	ZuBeginn	685	685	661	0,00	3,5	96,5	} 3,0	1,3	2,31
	19,1	Am Ende	692	672	657	3,00	2,2	94,8			
Dieselben Objecte, 9,3 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,4	ZuBeginn	462	462	419	0,00	9,3	90,7	} 2,75	3,2	0,86
	18,8	Am Ende	504	490	459	2,75	6,1	92,15			

6) Ervum Lens.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
60 Keimlinge, Wl. 1 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,5	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 3,9	4,6	0,85
	17,4	Am Ende	454	436	362,5	3,9	16,2	79,9			
Dieselben Objecte, 3,7 % O, Luft nach 3 h best.	17,0	ZuBeginn	572	572	550,5	0,00	3,7	96,3	} 4,0	2,0	2,00
	17,2	Am Ende	428	411	404	4,0	1,7	94,3			
Dieselben Objecte, 11,8 % O 12 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h bestimmt.	17,3	ZuBeginn	—	—	—	0,00	11,8	88,2	} 3,4	4,8	0,70
	17,3	Am Ende	726	701,5	651	3,4	7,00	89,6			

7) *Secale cereale*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) _s						
60 Keimlinge, Wl. 2—8 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,2	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 2,4	2,6	0,90
	18,2	Am Ende	574	561	457	2,4	18,2	79,4			
Dieselben Objecte, 1,7 % O 24 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h bestimmt.	18,2	ZuBeginn	—	—	—	0,0	1,7	98,3	} 1,7	0,15	11,33
	18,5	Am Ende	583	573	564	1,7	1,55	96,75			
Dieselben Objecte, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,4	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 1,6	1,6	1,0
	18,2	Am Ende	573	564	450	1,6	19,2	79,2			

8) *Lupinus albus*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) _s						
15 Keimlinge, Wl. 2—5 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,8	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,80	79,2	} 4,6	5,5	0,80
	18,0	Am Ende	518	494	415	4,6	15,3	80,1			
Dieselben Objecte, 4,6 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,3	ZuBeginn	735	735	698	0,00	5,0	95,0	} 3,5	3,8	0,92
	18,3	Am Ende	658	635	628	3,5	1,2	95,3			
12 Keimlinge, Wl. 5—10 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,0	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 4,3	4,9	0,83
	17,9	Am Ende	630	603	503	4,3	15,9	79,8			

8) *Lupinus albus* (Fortsetzung).

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₂ H ₅ (OH) ₂						
Dieselben Objecte, 0,0 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,3	ZuBeginn	—	—	—	0,00	0,00	100,0	} 4,2	—	—
	18,3	Am Ende	384	368	368	4,2	0,0	95,8			
20 Keimlinge, Wl. 10—12 mm, 3,3 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,2	ZuBeginn	630	630	609	0,00	3,3	96,7	} 3,7	1,8	2,06
	18,2	Am Ende	534	524	516	3,7	1,5	94,8			
Dieselben Objecte, 7,4 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,2	ZuBeginn	720	720	667	0,00	7,4	92,6	} 4,6	4,1	1,12
	18,2	Am Ende	744	711	681,5	4,6	3,3	92,1			

9) *Vicia faba*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₂ H ₅ (OH) ₂						
20 Keimlinge, Wl. 0,7—1 cm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,2	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 7,6	7,2	1,06
	17,6	Am Ende	652	602,5	513	7,6	13,6	78,8			
Dieselben Objecte, 3,6 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,6	ZuBeginn	495	495	477	0,00	3,6	96,4	} 7,7	1,7	4,53
	17,6	Am Ende	412	380	372	7,7	1,9	90,4			
20 Keimlinge, Wl. 8—11 mm, 0,00 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,1	ZuBeginn	—	—	—	—	—	100,0	} 5,1	—	—
	17,9	Am Ende	484	459	459	5,1	—	94,9			

9) *Vicia faba* (Fortsetzung).

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₂ H ₅ (OH) ₂						
Dieselben Objecte, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,9	ZuBeginn	—	—	—	0,00	21,8	79,2	} 4,8	5,4	0,89
	18,0	Am Ende	630	600	503	4,8	15,4	79,8			
Dieselben Objecte, 7,3 % O 24 h durchgeleitet, Recip. geschlossen, Luft nach 3 h be- stimmt.	18,4	ZuBeginn	—	—	—	0,00	7,3	92,7	} 3,85	4,5	0,85
	18,4	Am Ende	528	508	493	3,85	2,8	93,35			
20 Keimlinge, Wurzellänge 1—2 mm, 4,1 % O, Versuchsdauer 23 h.	18,8	ZuBeginn	632	632	606	0,00	4,1	95,9	} 4,6	2,0	2,3
	18,6	Am Ende	517	493	482	4,6	2,1	93,3			
Dieselben Objecte, 11,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,4	ZuBeginn	564	564	597	0,00	11,8	88,2	} 5,2	5,4	0,96
	18,6	Am Ende	624	592	552	5,2	5,4	89,4			
Dieselben Objecte, 5,2 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,6	ZuBeginn	688	688	652	0,00	5,2	94,8	} 4,9	3,2	1,53
	18,6	Am Ende	517	492	482	4,9	2,0	93,1			
Dieselben Objecte, 5,6 % O 24 h durchgeleitet, Recip. geschlossen, Luft nach 3 h be- stimmt.	17,9	ZuBeginn	—	—	—	0,00	5,6	94,4	} 2,9	2,4	1,21
	18,0	Am Ende	748	726	702	2,9	3,2	93,9			

10) *Vicia sativa*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ CaH ₂ (OH) ₂						
50 Keimlinge, Wl. 2—3 mm, 20,8% O, Versuchsd. 2 h 30'.	17,4	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 3,4	4,2	0,81
	17,7	Am Ende	579	559	463	3,4	16,6	80,0			
Dieselben Objecte, 3,8% O, Versuchsd. 2 h 30'.	17,6	ZuBeginn	740	740	712	0,00	3,8	96,2	} 3,1	1,95	1,6
	17,6	Am Ende	512	496	486,5	3,1	1,85	95,05			
Dieselben Objecte, 5% O 24 h durchgeleitet, R.abgeschlossen, Luft nach 3 h bestimmt.	16,9	ZuBeginn	—	—	—	0,00	5,0	95,0	} 2,1	2,4	0,88
	16,9	Am Ende	682	668	650	2,1	2,6	95,3			

11) *Sinapis alba*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ CaH ₂ (OH) ₂						
Gequollene Samen, 4,2 g, 12,0% O 13 h durchgeleitet, Recip. geschlossen, Luft nach 3 h be- stimmt.	18,1	ZuBeginn	491	491	432	0,00	12,0	88,0	} 2,4	2,9	0,83
	18,0	Am Ende	492	480	435	2,4	9,1	88,5			
Dieselben Objecte, 20,8% O, Versuchsdauer 3 h.	17,7	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 2,7	4,3	0,63
	17,9	Am Ende	750	730	718	2,7	16,5	81,8			
Dieselben Objecte, 12,0% O 12 h durchgeleitet, R.geschlossen, Luft nach 3 h analysirt.	17,2	ZuBeginn	—	—	—	0,00	12,0	88,0	} 3,0	3,9	0,77
	17,2	Am Ende	536	520	776	3,00	8,1	88,9			

12) *Cucurbita melanospermum*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Capillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₂ H ₅ (OH) ₃						
40 Keimlinge, 4,2 % O 12h durchgeleitet, Recip. geschlossen, Luft nach 3h analysirt.	17,0	ZuBeginn	—	—	—	0,00	4,2	95,8	} 3,5	1,6	2,2
	17,0	Am Ende	537	518	504	3,5	2,6	93,9			
Dieselben Objecte, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,4	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 2,2	3,0	0,73
	17,3	Am Ende	503	492	402	2,2	17,8	80,0			
Dieselben Objecte, 5,5 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,3	ZuBeginn	420	420	397	0,00	5,5	94,5	} 2,35	2,9	0,81
	17,3	Am Ende	382	373	363	2,35	2,6	95,05			

13) *Raphanus sativus*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Capillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₂ H ₅ (OH) ₃						
15,2 g Keimlinge, Wurzellänge 1—2 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,6	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 2,8	5,6	5,0
	17,6	Am Ende	743	722	711	2,8	15,2	82,0			
Dieselben Objecte, 15,9 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,6	ZuBeginn	564	564	474	0,00	15,9	84,1	} 3,1	4,6	0,67
	17,6	Am Ende	682	661	584	3,1	11,3	85,6			
Dieselben Objecte, 9,3 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,0	ZuBeginn	421	421	382	0,00	9,3	90,7	} 2,5	3,3	0,76
	18,0	Am Ende	730	712	668	2,5	6,0	91,5			

14) *Ricinus communis*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
20 Keimlinge, Wl. 2—3 mm, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	16,3	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 2,8	5,2	0,54
	16,3	Am Ende	608	591	496	2,8	15,6	81,6			
Dieselben Objecte, 2,7 % O .14 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h analysirt.	16,5	ZuBeginn	—	—	—	0,00	2,7	93,3	} 1,8	1,6	1,1
	16,4	Am Ende	553	543	537	1,8	1,1	97,1			
20 Keimlinge, 6,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	16,7	ZuBeginn	362	362	338	0,00	6,8	93,2	} 2,4	3,7	0,65
	16,7	Am Ende	409	399	386	2,4	3,1	94,5			
Dieselben Objecte, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	16,7	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 2,85	5,4	0,53
	16,7	Am Ende	504	490	412	2,8	15,4	81,8			
Dieselben Objecte, 6,45 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,0	ZuBeginn	612	612	573	0,00	6,45	93,55	} 2,9	4,5	0,65
	17,0	Am Ende	506	491	392	2,9	1,95	95,15			

15) *Solanum tuberosum*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
9 Knollen, 98 g, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,5	ZuBeginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	} 3,5	4,0	0,88
	18,5	Am Ende	597	577	479	3,5	16,8	79,7			
Dieselben Objecte, 12,3 % O 12 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h analysirt.	18,2	ZuBeginn	—	—	—	0,00	12,3	87,7	} 4,0	3,7	1,08
	18,2	Am Ende	523	502	457	4,0	8,6	87,4			

15) *Solanum tuberosum* (Fortsetzung).

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Capillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₂						
Dieselben Objecte, 5,7 % O 24 h durchgeleitet, Rec. abgeschlossen, Luft nach 3 h be- stimmt.	18,2	Zu Beginn	360	360	339,5	0,00	5,7	94,3	2,6	2,1	1,24
	18,2	Am Ende	581	566	535	2,6	3,6	93,8			
Dieselben Objecte, 8,3 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,4	Zu Beginn	763	763	699,5	0,00	8,3	91,7	4,2	4,6	0,90
	18,7	Am Ende	740	709	682	4,2	3,7	92,1			

16) *Narcissus poeticus*.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Capillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₂						
8 Zwiebeln, 38 g, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,0	Zu Beginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	4,2	4,4	0,96
	18,4	Am Ende	520	498	413	4,2	16,4	79,4			
Dieselben Objecte, 7,5 % O 10 h durchgeleitet, Recip. geschlossen, Luft nach 3 h be- stimmt.	18,4	Zu Beginn	—	—	—	0,00	7,5	92,5	3,9	1,65	2,36
	18,4	Am Ende	492	473	444	3,9	5,85	90,25			
Dieselben Objecte, 10,2 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,4	Zu Beginn	702	702	630,5	0,00	10,2	89,8	3,7	3,55	1,04
	18,6	Am Ende	788	759	706	3,7	6,65	89,65			

17) *Solanum tuberosum*.

Bei diesen zwei Versuchen wurde der Respirationsquotient für dieselben Objecte einmal wie bisher und dann mittelst des modificirten Godlewski'schen Apparates (vgl. Figur II) mitgetheilt.

	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₆ H ₅ (OH) ₃						
5 Knollen, 46,3 g, Angewandt 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	16,2	Zu Beginn	—	—	—	0,00	20,8	79,2	2,1	2,3	0,91
	16,5	Am Ende	766	750	608,5	2,1	18,5	79,4			

Dieselben Objecte; Athmung im abgesperrten Volumen. 710 ccm Luft mit 148,4 ccm O₂. Der Versuch dauerte 4 Tage.

V. D.	t °C.	Menge des auf- genommenen O in ccm	Menge des zurück- gebliebenen O in %	V. D.	t °C.	Menge des auf- genommenen O in ccm	Menge des zurück- gebliebenen O in %
3 h	16,2	3,8	20,4	6 h	16,5	6,2	7,3
3 h	»	3,5	19,8	6 h	16,3	7,4	6,2
3 h	»	3,1	19,4	6 h	»	5,5	5,5
10 h	»	9,9	18,0	6 h	»	5,2	4,7
3 h	»	3,4	17,4	6 h	»	4,8	4,0
3 h	16,5	3,4	17,1	6 h	»	4,3	3,4
3 h	»	3,8	16,5	6 h	16,1	3,6	2,9
3 h	»	3,85	15,9	6 h	»	2,3	2,6
3 h	»	3,6	15,5	6 h	»	2,3	2,3
15 h	»	52,1	8,2				

Während der ganzen Versuchsdauer

O aufgenommen 132,00 ccm
CO₂ gebildet 147,33 ccm

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0,896.$$

D.

Athmung bei Verletzungen.

Die Apparate in dieser Versuchsreihe sind der Pettenkofer-Pfeffersche Athmungsapparat zur Messung von Kohlensäure, mit welchem hauptsächlich gearbeitet wurde, und, zur Bestimmung des Respirationsquotienten, der Apparat s. Figur I und der Bonniersche für die Gasanalyse (wie in Tabelle C).

1. Versuch. 2. Juli.

Keimlinge von *Zea Mays*; im Volumen 100 ccm; 22 g; Wurzell. 10—15 mm; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 21,8° C.

a) unverletzt:

9—10 h Vorm.	15,9	} 15,5 mg CO ₂ pro Stunde.
10—11 h »	15,0	

b) verletzt, Wurzeln der Länge nach angeritzt, Wundstreifen mit Fliesspapier abgetrocknet:

12 h 10'—1 h 10' Nachm.	16,9	} 17,8 mg CO ₂ pro Stunde.
1 h 10'—2 h 10' »	18,6	

2. Versuch. 3. Juli.

Keimlinge von *Brassica Napus*; 150 ccm; 23 g; Wurzellänge 17—25 mm; Versuchsdauer 1 Stunde; t 20,3—20,8° C.

a) unverletzt:

7 h 45'—8 h 45' Vorm.	29,1	} 25,8 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 45'—9 h 45' »	22,5	

b) verletzt, Wurzeln der Länge nach mehrfach angeritzt:

11 h 10'—12 h 10' Mittags	28,8	} 30,6 mg CO ₂ pro Stunde.
12 h 10'—1 h 10' »	32,4	

3. Versuch. 4. Juli.

Blätter von *Ilex aquifolium*; 23,2 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 20,4—20,8° C.

a) unverletzt:

7 h 20'—8 h 20' Vorm.	6,0	} 5,3 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 20'—9 h 20' »	4,6	

b) verletzt, in 2—3 mm breite Querstreifen zerschnitten:

10 h 25'—11 h 25' Vorm.	9,3	} 9,3 mg CO ₂ pro Stunde.
11 h 25'—12 h 25' »	9,3	

4. Versuch. 5. Juli.

Keimlinge von *Helianthus annuus*; 200 ccm; 32,7 g; Wurzellänge 4—6 cm; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 20,4—20,8° C.

a) unverletzt:

7 h 45'—8 h 45' Vorm.	22,5	} 21,2 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 45'—9 h 45' »	21,3	
9 h 45'—10 h 45' »	19,8	

b) verletzt, Wurzeln der Länge nach mehrfach angeritzt:

12 h 10'—1 h 10' Nachm.	22,8	} 22,6 mg CO ₂ pro Stunde.
1 h 20'—1 h 20' »	22,3	
4—5 h Nachm.	32,6	} 32,7 mg CO ₂ pro Stunde.
5—6 h »	32,7	

5. Versuch. 6. Juli.

Keimlinge von *Vicia faba*; 200 cm; 92,3 g; Wurzellänge 10—15 mm; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 20,4° C.

a) unverletzt:

7 h 15'—8 h 15' Vorm.	18,3	} 17,1 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 15'—9 h 15' »	15,9	
9 h 15'—10 h 15' »	17,2	

b) verletzt, hypocotyle Glieder der Länge nach mehrfach angeritzt:

11 h 5'—12 h 5' Mittags	21,5	} 24,9 mg CO ₂ pro Stunde.
12 h 5'—1 h 5' »	28,2	

6. Versuch. 8. Juli.

12 Keimlinge von *Phaseolus multiflorus*; 38,6 g; Wurzellänge 2—3 mm; Versuchsd. 1 Std. resp. ½ Std.; Luftstr. 3 Ltr. pro Std.; t 20,8—21,5° C.

a) unverletzt:

7 h 30'—8 h 30' Vorm.	19,2	} 18,3 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 30'—9 h 30' »	17,8	
9 h 30'—10 h 30' »	17,8	

b) verletzt, hypocotyle Glieder der Länge nach mehrfach angeritzt:

10 h 55'—11 h 55' Vorm.	24,8	} 24,2 mg CO ₂ pro Stunde.
11 h 55'—12 h 55' »	23,6	
3—4 h Nachm.	34,2	} 33,9 mg CO ₂ pro Stunde.
4—5 h »	33,5	

Versuchsdauer ½ Stunde:

6 h 55'—7 h 25' Abd.	4,1	} 7,6 mg CO ₂ pro Stunde ¹⁾ .
7 h 25'—7 h 55' »	3,5	

7. Versuch. 9. Juli.

6 Früchte von *Datura stramonium*; 150 cm; 20 g; Versuchsd. 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

1) Dieser Rückgang rührt offenbar von einem allmählichen Absterben der Objecte her.

a) unverletzt:

8 h 15'—9 h 15' Vorm.	14,3	} 16,0 mg CO_2 pro Stunde.
9 h 15'—10 h 15' »	17,7	
10 h 15'—11 h 15' »	16,1	

b) verletzt, Früchte durch Längsschnitte geviertheilt:

12 h 50'—1 h 50' Nachm.	21,9	} 20,0 mg CO_2 pro Stunde.
1 h 50'—2 h 50' »	18,1	
3 h 15'—4 h 15' »	13,5	} 12,6 mg CO_2 pro Stunde.
4 h 15'—5 h 15' »	11,7	

Fortsetzung des Versuchs den 10. Juli. Versuchsdauer $\frac{1}{2}$ Stunde.

5 h 30'—6 h Vorm.	2,8	} 5,4 mg CO_2 pro Stunde.
6 h—6 h 30' »	2,6	

8. Versuch. 10. Juli.

Wurzeln von *Pastinaca sativa*; 27,3 g; Wurzellänge 10—12 cm; grösster Durchmesser 5—8 mm; Versuchsd. 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

7 h 45'—8 h 45' Vorm.	17,2	} 16,3 mg CO_2 pro Stunde.
8 h 45'—9 h 45' »	15,9	
9 h 45'—10 h 45' »	15,8	

b) verletzt, Wurzeln in 2—3 cm lange Stücke zerschnitten und diese durch Längsschnitte geviertheilt:

11 h 15'—12 h 15' Mitt.	16,1	} 18,4 mg CO_2 pro Stunde.
12 h 15'—1 h 15' »	20,7	
3 h 45'—4 h 45' Nachm.	20,1	} 19,8 mg CO_2 pro Stunde.
4 h 45'—5 h 45' »	19,7	

Versuchsdauer $\frac{1}{2}$ Stunde:

5 h 5'—5 h 35' Nachm.	7,4	} 14,4 mg CO_2 pro Stunde.
5 h 35'—6 h 5' »	7,4	

9. Versuch. 11. Juli.

4 Rhizome von *Acorus Calamus*; 32,5 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

10—11 h Vorm.	13,8	} 14,2 mg CO_2 pro Stunde.
11—12 h »	14,9	
12—1 h Mittags	14,0	

b) verletzt, Rhizome in 2—3 mm breite Querscheiben zerschnitten:

3 h 35'—4 h 35' Nachm.	20,4	} 23,2 mg CO_2 pro Stunde.
4 h 35'—5 h 35' »	24,6	
5 h 35'—6 h 35' »	24,6	

7 h 10'—8 h 10' Abd.	19,8	} 18,5 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 10'—9 h 10' »	17,1	

10. Versuch. 12. Juli.

3 Rhizome von *Convallaria Polygonatum*; 52 g; Versuchsdauer 1 Stunde;
Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

10—11 h Vorm.	17,1	} 18,9 mg CO ₂ pro Stunde.
11—12 h »	19,5	
12—1 h Mitt.	19,1	

b) verletzt, Rhizome in 2—3 mm breite Querscheiben zerschnitten:

4—5 h Nachm.	19,2	} 20,3 mg CO ₂ pro Stunde.
5—6 h »	21,4	

11. Versuch. 13. Juli.

9 Kartoffeln; 104 g; Versuchsd. 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

7 h 45'—8 h 45' Vorm.	3,75	} 3,5 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 45'—9 h 45' »	3,30	

b) verletzt, Knollen in 2—3 mm breite Scheiben zerschnitten:

10 h 10'—11 h 10' Vorm.	15,6	} 15,9 mg CO ₂ pro Stunde.
11 h 10'—12 h 10' »	16,2	
3 h 45'—4 h 45' Nachm.	38,4	} 37,1 mg CO ₂ pro Stunde.
4 h 45'—5 h 45' »	35,8	
7 h 10'—8 h 10' Abd.	24,2	} 23,7 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 10'—9 h 10' »	23,1	

12. Versuch. 14. Juli.

7 Kartoffeln; 75,5 g; Versuchsd. 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

6 h 50'—7 h 50' Vorm.	5,8	} 6,0 mg CO ₂ pro Stunde.
7 h 50'—8 h 50' »	6,2	

b) verletzt, Knollen in 4 Scheiben zerschnitten:

9 h 45'—10 h 45' Vorm.	15,1	} 15,8 mg CO ₂ pro Stunde.
10 h 45'—11 h 45' »	16,4	
11 h 45'—12 h 45' Nachm.	19,4	} 18,6 mg CO ₂ pro Stunde.
12 h 45'—1 h 45' »	18,0	
1 h 45'—2 h 45' »	18,3	
4—5 h Nachm.	22,8	} 23,4 mg CO ₂ pro Stunde.
5—6 h »	24,0	
9 h 10'—10 h 10' Abd.	16,8	} 17,1 mg CO ₂ pro Stunde.
10 h 10'—11 h 10' »	17,3	

Um zu erfahren, ob der vermehrte Sauerstoffzutritt beteiligt sei an den Umsetzungen, welche in Folge traumatischer Eingriffe eine Steigerung der Kohlensäureproduction resultiren lassen, wurde in den folgenden Versuchen der Sauerstoffzutritt theilweise erschwert durch Wiederzusammenfügen der Objecttheile, theilweise ganz ausgeschlossen, indem die verletzten Pflanzentheile in Wasserstoff gehalten wurden.

13. Versuch. 16. Juli.

7 Kartoffeln; 71,5 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

8h 50'—9h 50' Vorm.	3,6	} 4,8 mg CO_2 pro Stunde.
9h 50'—10h 50' »	4,9	
10h 50'—11h 50' »	6,0	

b) verletzt, Knollen in 4 Scheiben zerschnitten, diese einseitig flach ausgehöhlt; Schnittflächen abgetrocknet, die einzelnen Theile wieder zusammengebunden und mit 10 % $\frac{1}{2}$ mm dicker, neutralisirter Gelatinelösung an den Wundrändern überzogen:

12h 30'—1h 30' Nachm.	8,0	} 10,5 mg CO_2 pro Stunde.
1h 30'—2h 30' »	13,1	

c) die Knollentheile frei in den Recipienten eingelegt:

3h 45'—4h 45' Nachm.	16,8	} 17,6 mg CO_2 pro Stunde.
4h 45'—5h 45' »	18,0	
5h 45'—6h 45' »	18,1	

14. Versuch. 23. Juli.

7 Kartoffeln; 65,3 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde.

a) unverletzt:

1. Stunde	4,8	} 4,3 mg CO_2 pro Stunde.
2. Stunde	3,7	

b) verletzt etc., wie im vorigen Versuch:

1. Stunde	8,9	} 9,5 mg CO_2 pro Stunde.
2. Stunde	10,0	
3. Stunde	9,5	

c) Knollen frei in den Recipienten eingelegt:

1. Stunde	24,9	} 25,7 mg CO_2 pro Stunde.
2. Stunde	26,4	

Die Versuche 13 und 14 lassen erkennen, dass eine 10 procentige Gelatineschicht von 0,5 mm Dicke die Athmung nicht wesentlich zu beeinflussen vermochte, und dass dies auch bei unverletzten, vollständig mit einer derartigen Schicht umgebenen Objecten der Fall ist, lehren nachstehende Beispiele. Für jedes Object wurde die Kohlensäureausscheidung dreimal nach je einer Stunde erst ohne, dann mit Gelatineüberzug bestimmt.

Objecte.	t °C	Ohne Gelatine- überzug mg CO ₂ pro Stunde	Mit neutralis. 10 % Gelatine- lösung überzogen mg CO ₂ pro Std.
9 Kartoffeln, 104 g . .	18,0—18,6	2,5	2,2
Blätter von <i>Quercus lusi-</i> <i>tanica</i> , 8,2 g	19,5—19,7	8,3	7,8
Blätter von <i>Populus tre-</i> <i>mula</i> , 8,2 g	19,0—19,4	6,0	6,4

15. Versuch. 25. Juli.

6 Kartoffelknollen; 55,5 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 20,4° C.

1) unverletzt:

6 h 45'—7 h 45' Vorm. 2,8 }
7 h 45'—8 h 45' » 2,5 } 2,7 mg CO₂ pro Stunde.

2) Knollen in je 4 Scheiben zerschnitten, Schnittflächen abgewaschen und abgetrocknet; t 20,6° C.

9 h 5'—10 h 5' Vorm. 11,2 }
10 h 5'—11 h 5' » 13,1 } 13,7 mg CO₂ pro Stunde.
11 h 5'—12 h 5' » 16,7 }

3) Scheiben einseitig flach ausgehöhlt, zusammengepresst und an den Wundrändern mit 30 % 2 mm dicker Gelatinelösung überzogen; t 20,6° C.

12 h 35'—1 h 35' Nachm. 5,1 }
1 h 35'—2 h 35' » 5,4 } 5,3 mg CO₂ pro Stunde.

4) Scheiben wieder frei in den Recipienten eingelegt; t 21° C.

3 h 55'—4 h 55' Nachm. 15,8 }
4 h 55'—5 h 55' » 19,8 } 17,8 mg CO₂ pro Stunde.

Der 3. Abschnitt des Versuchs zeigt einen bedeutenden Rückgang in der CO₂-Production in Folge verminderten O-Zutritts. Dasselbe lässt der nächste Versuch erkennen.

16. Versuch. 17. Juli.

8 Kartoffeln; 76 g; aus diesen wurden 1—3 mm dicke Cylinder herausgestossen, nach Abwaschen und Abtrocknen der Wundflächen wieder eingesetzt und die Wundränder der Oberfläche mit einer 2 mm dicken 30 % Gelatineschicht überzogen.

1) 7 h 5'—8 h 5' Vorm. 4,8 }
8 h 5'—9 h 5' » 4,0 } 4,3 mg CO₂ pro Stunde.
9 h 5'—10 h 5' » 4,2 }

- 2) Die eingefügten Cylinder frei mit den Knollen in den Recipienten eingetragen; t 19,6° C.

3—4 h Nachm.	10,2	} 12,5 mg CO ₂ pro Stunde.
4—5 h »	14,8	

E.

Vergleichende Versuche über die CO₂-Production unverletzter und verletzter Pflanzentheile in Luft und in Wasserstoff.

8 Kartoffeln; 86 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 20,8° C.

- 1) unverletzt in Luft:

11 h 35'—12 h 35' Mittags	3,3	} 4,0 mg CO ₂ pro Stunde.
12 h 35'—1 h 35' »	4,8	

- 2) verletzt, Knollen in 5 Scheiben zerschnitten; t 21,1° C.

- a) in Luft:

3 h 10'—4 h 10' Nachm.	7,3	} 7,0 mg CO ₂ pro Stunde.
4 h 10'—5 h 10' »	6,8	

- b) in Wasserstoff:

6—7 h Abd.	12,2	} 14 mg CO ₂ pro Stunde.
7—8 h »	14,7	

- c) in Wasserstoff:

8 h 50'—9 h 50' Abd.	6,0	} 5,4 mg CO ₂ pro Stunde.
9 h 50'—10 h 50' »	4,8	

7 Kartoffeln; 65 g; Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 18,2° C.

- 1) unverletzt in Luft:

7 h 10'—8 h 10' Vorm.	6,2	} 6,5 mg CO ₂ pro Stunde.
8 h 10'—9 h 10' »	6,8	

- 2) verletzt, Knollen in 1 ccm grosse Würfel zerschnitten, abgewaschen und getrocknet. Vor Beginn des Versuchs dreimal evacuiert. Versuchsdauer 1 Stunde; Luftstrom 3 Liter pro Stunde; t 18,3° C.

in H { 10 h 15'—11 h 15' Vorm.	7,6	} 7,4 mg CO ₂ pro Stunde.
11 h 15'—12 h 15' »	7,2	

- 3) vor Beginn kräftigen H-Strom durchgeleitet; t 17,8° C.

in H { 1 h 5'—2 h 5' Nachm.	6,4	} 6,2 mg CO ₂ pro Stunde.
2 h 5'—3 h 5' »	6,0	

- 4) vor Beginn kräftigen H-Strom durchgeleitet; t 17,5° C.

in H { 4 h 10'—5 h 10' Nachm.	5,6	} 5,7 mg CO ₂ pro Stunde.
5 h 10'—6 h 10' »	4,8	

F

F.

Versuche zur Ermittlung des Respirationsquotienten verletzter Pflanzentheile.

Apparat s. Figur I, Seite 5, Gasanalyse nach Bonnier-Mangin, s. o. Seite 7.

Solanum tub.	t °C.	Luft- probe	Ablesungen an der Ca- pillare des Apparats. mm			CO ₂ %	O %	N resp. H %	Ge- bild. CO ₂ %	Ab- sorb. O %	CO ₂ O
			Volum der Luftprobe	+ KOH	+ C ₂ H ₅ (OH) ₂						
3 Knollen, 25,3 g, mit jungen Trieben, 20,8 % O, Versuchsdauer 5 h.	18,5 18,8	Zu Beginn Am Ende	— 642	— 636	— 510	0,00 0,95	20,8 19,6	79,2 79,45	} 0,95	1,2	0,79
Dieselben Objecte, in schmale Streifen zerschnitten, 20,8 % O 2 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h analysirt.	18,8 18,6	Zu Beginn Am Ende	— 690	— 679	— 546,5	0,00 1,6	20,8 19,2	79,2 79,2			
2 Knollen, 15 g, 20,8 % O, Versuchsdauer 5 h.	18,9 18,9	Zu Beginn Am Ende	— 768	— 764,5	— 613,0	0,00 0,5	20,8 20,15	79,2 79,35	} 0,5	0,65	0,77
Dieselben Objecte, in schmale Streifen zerschn., 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	18,9 18,9	Zu Beginn Am Ende	— 572	— 566	— 481	0,00 1,1	20,8 14,9	79,2 84,0			
3 Knollen, 21 g, mit jungen Trieben, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,2 19,9	Zu Beginn Am Ende	— 605	— 600	— 481,5	0,00 0,85	20,8 19,6	79,2 80,55	} 0,85	1,2	0,71
Dieselben Objecte, in 1 ccm gr. Kuben zerschn., 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	16,5 16,8	Zu Beginn Am Ende	— 688	— 677,5	— 563,5	0,00 1,55	20,8 16,6	79,2 81,85			
6 Tulpenzwiebeln, 20,8 % O, Versuchsdauer 3 h.	17,0 17,0	Zu Beginn Am Ende	— 593	— 585	— 470	0,00 1,3	20,8 19,4	79,2 79,3	} 1,3	1,4	0,92
Dieselben Objecte, in 1/2 ccm gr. Kuben zerschn., 20,8 % O 10 h durchgeleitet, R. geschlossen, Luft nach 3 h bestimmt.	17,4 17,8	Zu Beginn Am Ende	— 623	— 611,5	— 507	0,00 2,8	20,8 16,4	79,2 80,8			