

**MÉMOIRES**  
DE  
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII<sup>E</sup> SÉRIE.  
**TOME XXVIII, N° 4.**

---

**UNTERSUCHUNGEN**  
ÜBER DIE  
**PFLANZENATHMUNG.**

VON  
**J. Borodin.**

**ERSTE ABHANDLUNG.**

Mit 2 Tafeln.

*(Lu le 11 novembre 1880.)*

**ST.-PÉTERSBOURG, 1881.**

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Petersbourg:  
MM. Eggers et C<sup>ie</sup>  
et J. Glasounof;

à Riga:  
M. N. Kymmel;

à Leipzig:  
Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 55 Kop. = 1 Mk. 80 Pf.

Mars 1881.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

C. Vessélofski, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.  
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Im Jahre 1876 habe ich in den Schriften der St. Petersburger Naturforscher-Gesellschaft eine in russischer Sprache abgefasste Abhandlung unter dem Titel «Physiologische Untersuchungen über die Athmung belaubter Sprosse» publicirt.<sup>1)</sup> Ich suchte darin zu zeigen, dass die Energie der Pflanzenathmung unter gleichen äusseren Bedingungen eine Function des in der Pflanze vorhandenen Kohlehydratvorraths sei. Wird ein belaubter Spross von seiner Mutterpflanze abgetrennt im Dunkeln bei constanter Temperatur kultivirt, so sieht man seine Athmungsenergie, d. h. die von ihm in einer Stunde entwickelte Kohlensäuremenge mehr oder minder rasch fallen. Meiner Ansicht nach wird dieses Sinken durch den Verbrauch des Athmungsmaterials, nämlich der Kohlehydrate, im verdunkelten Zweige verursacht. Denn bringt man einen solchen Spross unter der Assimilation günstige Bedingungen, indem man ihn in einer kohlenstoffreichen Atmosphäre während einiger Stunden dem direkten Sonnenlichte aussetzt und dann wiederum im Dunkeln bei derselben Temperatur athmen lässt, so findet man jetzt seine Athmungsintensität bedeutend erhöht, im Dunkeln sinkt sie aber wieder.

Unerwarteter Weise wurden diese meine Schlüsse (nicht die Thatsachen selbst) von Herrn Rischawi in seiner interessanten Arbeit über die Athmung<sup>2)</sup> stark angefochten. Obgleich ich an der Richtigkeit meiner Ansicht durchaus nicht zweifelte, scheute ich weder Zeit noch Mühe um die Frage endgiltig zu entscheiden und für Jedermann klar zu machen. Die Pflanzenphysiologie wimmelt zur Zeit von solchen Thatsachen und Schlüssen, die nicht sicher genug festgestellt sind und einerseits behauptet, andererseits angezweifelt oder geleugnet werden, und nur zu oft sieht man sich bei Vorlesungen über Pflanzenphysiologie auf einfache Wiedergabe direkt einander widersprechender Angaben angewiesen. Nirgends

1) И. Бородинъ. Физиологическія изслѣдованія надъ дыханіемъ листоносныхъ побѣговъ. Труды СПб. Общ. Ест., Т. VII, 1876. Vergl. Batalin's Referat in Just's Jahresbericht, 1876, p. 919.

2) Л. Ришави. Къ вопросу о дыханіи растений, Записки Новоросс. Общ. Ест., Т. V, 1877. S. das Referat in Just's Jahresbericht, 1877, p. 721.

tritt vielleicht dieser bedauerungswürdige Zustand schärfer hervor als in der mehr als hundert Jahre alten Lehre von der Pflanzenathmung. Die Litteratur dieses Abschnitts der Physiologie hat besonders in den letzten Jahren einen nicht unbedeutenden Zuwachs erhalten, da sich aber die meisten Arbeiten mit vielen Fragen auf einmal beschäftigen, ohne eine einzige durchaus und für alle Zeiten sicher festzustellen, so giebt es hier kaum einen Punkt der nicht als Gegenstand einer Controverse theils schon dient, theils noch dienen könnte. Nun scheint mir aber die Thatsache des raschen Sinkens der Athmungsintensität in einem abgetrennten Zweige bei constanten äusseren Bedingungen eine fundamentale Wichtigkeit nicht nur in theoretischer Hinsicht, da sie, weiter verfolgt, Licht auf das Wesen der Athmung zu werfen verspricht, sondern auch in methodologischer Beziehung zu besitzen. Es werden nicht selten an abgetrennten Zweigen Untersuchungen angestellt die auf der durchaus falschen stillschweigend angenommenen Prämisse basirt sind, es sei die Athmungsenergie solcher Zweige eine unter constanten äusseren Bedingungen constante Grösse. Ich verweise z. B. auf die Arbeit von Schützenberger und Quinquaud<sup>1)</sup>, besonders aber auf diejenige von Déhérain und Moissan<sup>2)</sup>, die die Frage von der Beziehung zwischen Athmung und Temperatur durch Experimente an abgetrennten Sprossen zu lösen sucht. Hat man aber die Athmungsenergie eines solchen Sprosses bei einer gegebenen Temperatur in einem ersten Zeitabschnitte festgestellt und wird in einem zweiten die Temperatur erhöht und die nun entwickelte Kohlensäure abermals bestimmt, so erhält man zwei Zahlenwerthe, die eigentlich ganz unvergleichbar sind, da auch ohne Temperaturänderung die Athmungsgrösse im zweiten Zeitabschnitte nicht auf der früheren Höhe verblieben wäre. Denselben Fehler begeht auch Moissan<sup>3)</sup> in seiner neuen Arbeit, was um so auffallender ist, als in den Annales agronomiques von Déhérain, T. IV, p. 607, ein ausführliches Referat meiner russischen Arbeit sich findet.

Um jedem Missverständnisse vorzubeugen, bemerke ich ausdrücklich, dass die Thatsache des raschen Sinkens der Athmungsintensität in abgetrennten Pflanzentheilen schon früher von Wolkoff und Mayer in ihrer bekannten Arbeit<sup>4)</sup> beobachtet und richtig gedeutet wurde. So sehen wir z. B. in einem ihrer Versuche<sup>5)</sup> die Athmungsintensität abgeschnittener Keimwurzeln von *Vicia Faba* in 12 Stunden von 0,79 auf 0,51 sinken, obgleich die Temperatur nahezu constant blieb. In einem anderen mit Keimpflanzen von *Tropaeolum majus*, die der Wurzeln und Cotyledonen beraubt waren, angestellten Versuche<sup>6)</sup> sank die Intensität der Athmung in 7 Stunden von 0,93 auf 0,45. Bemerkenswerth sind die von

1) Schuetzenberger et Quinquaud. Sur la respiration des végétaux aquatiques. C. rendus, T. 77, 1873, p. 372.

2) P. Déhérain et H. Moissan. Recherches sur l'absorption de l'oxygène etc. Ann. des sc. nat. 5<sup>e</sup> Série, T. XIX, 1874, p. 321.

3) H. Moissan. Sur les volumes d'oxygène absorbé

etc. Ann. agronomiques, T. V, 1879, p. 56.

4) A. Wolkoff und A. Mayer. Beiträge zur Lehre über die Athmung der Pflanzen. Landw. Jahrb. von Nathusius. Bd. III, 1874.

5) l. c., p. 501 und 507, Experiment 4.

6) l. c., p. 512, Experiment 2.

den Verfassern anhangsweise mitgetheilten Experimente<sup>1)</sup>, aus denen man deutlich ersieht, «dass es nicht die Schnittwunde an sich ist, welche die Pflanze in ihrer Athmung schädigt, sondern das Auseinanderreißen zusammengehöriger Theile, von welchen die einen die andern mit den organischen Stoffen versorgen, die der Athmung unterliegen». Während die Abtrennung der Cotyledonen die Athmung stark beeinträchtigt bleibt das Abschneiden der Blätter fast ohne jeden Einfluss. Merkwürdiger Weise stimmen aber einige von Wolkoff und Mayer zu anderen Zwecken angestellte Versuche mit den eben angeführten von ihnen übrigens nur nebenbei gezogenen Schlüssen keineswegs überein. So sieht man z. B. in Experiment 7 (p. 521) die Athmung von ihrer Cotyledonen, Wurzeln und Blättchen beraubten *Tropaeolum*-Keimpflanzen während vier Stunden, und in Experiment 5 (p. 520) sogar volle zwölf Stunden lang nahezu constant bleiben.

Ehe ich nun zu den Einwendungen des Herrn Rischawi und zu meinen neuen zu deren Prüfung angestellten Versuchen übergehe, halte ich es für zweckmässig zuerst die wichtigsten jener früheren Versuche, auf denen meine, von meinem geehrten Gegner angefochtenen Schlüsse basirt waren, hier zu reproduciren, umsomehr als sie bis jetzt nur in russischer Sprache publicirt waren. Was die Methode der Versuchsanstellung betrifft, so will ich mich ganz kurz darüber fassen, da der Leser das Nähere dem eben citirten Referate meiner russischen Schrift entnehmen kann. Einige Abänderungen die ich im Laufe meiner Untersuchung an meinen Apparaten angebracht habe sollen weiter unten behandelt werden. Hier bemerke ich nur, dass in allen nun folgenden im Jahre 1875 angestellten Versuchen frisch unter Wasser abgeschnittene Sprosse mit ihrer Basis in eine kleine Wassermenge gesteckt in einer breiten mit durchbohrten Gummipfropfen verschlossenen Glasröhre im Dunkeln bei constanter Temperatur athmeten und die Röhre ein langsamer Strom von kohlenstoffreicher Luft mit constanter Geschwindigkeit durchstrich. Es wurden meistens zwei parallele Versuche gleichzeitig angestellt.

### Versuch 1.

Am 21. Juni wurden um 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> a. m. zwei heurige unbegrenzte (an ihrem Ende weiter wachsende) Sprosse einer *Crataegus*<sup>2)</sup>-Hecke entnommen und einzeln auf ihre Athmung untersucht. Temperatur anfangs 30°, später 29° C. Die Kohlensäurebestimmung beginnt nachdem der Luftstrom schon während drei Stunden im Gange ist.

1) l. c., p. 523.

2) In meiner russischen Schrift steht fälschlich *Crataegus monogyna* statt *C. Oxyacantha*. Uebrigens ist dieser kleine Fehler ohne jede Bedeutung, da, wie ich schon damals zeigte, systematisch weit von einander stehende Pflanzen sich in dieser Hinsicht ganz gleich verhalten und bei graphischer Darstellung der Versuchs-

resultate identische Curven liefern. Nur sehr selten scheint die Natur der Pflanze als wichtiges Moment beizutreten und einen abweichenden Gang des Phänomens zu verursachen. Eine solche merkwürdige Ausnahme werden wir in einer späteren Abhandlung, wo die Form der Athmungscurve näher discutirt werden soll, an *Larix* kennen lernen.

		Kohlensäure in Grammen.			
		Absolut.		In 1 Stunde.	
		I	II	I	II
Von 1½ p. m. bis 7 p. m.	21. Juni	0,0196	0,0229	0,0035	0,0041
» 7 » » 11½ » »	»	0,0113	0,0112	0,0025	0,0025
» 11½ » » 10 a. m.	22. Juni	0,0187	0,0189	0,0018	0,0018

Nun wird die den Spross I enthaltende Glasröhre in einem grossen Glasgefässe mit Wasser dem Sonnenlichte ausgesetzt (Himmel klar), wo sie bis 6 p. m. verbleibt; im Laufe dieser Stunden werden in die Röhre viermal etwa je 30 C. c. Kohlensäure eingeführt. Die Temperatur des äusseren Wassers überstieg nicht 28° C. Um 6 p. m. wird die Röhre I wieder ins Dunkel versetzt, die kohlensäurereiche Luft durch einen anfangs raschen, dann langsamen Strom reiner Luft verdrängt und von 8 Uhr an die vom isolirt gewesenen Sprosse bei der ursprünglichen Temperatur entwickelte Kohlensäure gesammelt.

Von 8 p. m. bis 12 N.	22. Juni	.....	0,0122	0,0030
» 12 N. » 9 a. m.	23. Juni	.....	0,0189	0,0021
» 9 a. m. » 12 N.	23. Juni	.....	0,0175	0,0012
» 12 N. » 8 a. m.	24. Juni	.....	0,0074	0,0009

Wir sehen somit die auf 0,0018 gr. im Dunkeln gesunkene Athmungsenergie durch Insolation bis auf 0,0030 gr. steigen um im Dunkeln abermals rasch zu sinken. Am Ende des Versuchs hatte der Spross ein vollkommen gesundes Aussehen und war bedeutend gewachsen.

Wenden wir uns zu Spross II, der unterdessen immer im Dunkeln verblieb, so sehen wir seine Athmungsenergie immer weiter sinken.

Von 10 a. m. bis 3 p. m.	22. Juni	.....	0,0070	0,0014
» 3 p. m. » 11 » »	»	.....	0,0097	0,0012
» 11 » » 9 a. m.	23. Juni	.....	0,0096	0,0010

Jetzt wurde dieser Spross, der im Ganzen gesund aussah (nur einige Nebenblätter waren an ihren Rändern etwas schwarz), acht Stunden lang dem Sonnenlichte ausgesetzt und dabei dreimal zu etwa 25 C. c. Kohlensäure in die Röhre eingeführt. Um 5 p. m. wurde letztere wieder verdunkelt und der Luftstrom wie früher eingestellt.

Von 7 p. m. bis 12 N.	23. Juni	.....	0,0114	0,0023
Von 12 N. bis 8 a. m.	24. Juni	.....	0,0134	0,0017

**Versuch 2.**

Am 19. September wird um 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> a. m. ein frisch abgeschnittener, mit 12 Blättern versehener Spross von *Spiraea opulifolia* in die Röhre eingeführt. Temperatur 24° C. (nur um 0,4° schwankend).

	Kohlensäure in Grammen.	
	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 12 M. bis 3 p. m. 19. September . . . . .	0,0202	0,0067
» 3 p. m. bis 6 p. m. 19. September . . . . .	0,0199	0,0066
» 6 p. m. bis 9 p. m. 19. September . . . . .	0,0202	0,0067
» 9 p. m. bis 12 N. 19. September . . . . .	0,0186	0,0062
» 12 N. bis 9 a. m. 20. September . . . . .	0,0480	0,0053
» 9 a. m. bis 11 a. m. 20. September . . . . .	0,0090	0,0045

Nun wird der Spross aus der Röhre entfernt und unter einer geräumigen Glasglocke am Fenster dem Lichte ausgesetzt (Himmel bedeckt). Als die wohlfeilste und einfachste Kohlensäurequelle benutzte ich bei diesem, sowie bei den weiter folgenden Versuchen meinen eigenen Organismus, indem ich unter die Glocke durch einen Kautschukschlauch die von mir bei tiefen Athemzügen gelieferte Expirationsluft einblies und diese Operation während der Beleuchtungsdauer von Zeit zu Zeit wiederholte. Die Kohlensäuremenge in der ausgeathmeten Luft beträgt bei ruhigem Athmen, nach Vierordt, im Mittel über 4%, bei tiefer Expiration ist sie aber bedeutender; ich habe sie in mehreren zu diesem Zwecke angestellten Versuchen zu 5% bis 7% bestimmt. Nach Godlewski's bekannten Untersuchungen<sup>1)</sup> ist das gerade der für die Assimilation günstigste Gehalt der Luft an Kohlensäure.

Um 5 p. m. wird die Beleuchtung unterbrochen und die frühere Versuchsanordnung hergestellt.

Von 7 p. m. bis 11 p. m. 20. September . . . . .	0,0228	0,0057
» 11 p. m. bis 8 a. m. 21. September . . . . .	0,0460	0,0051
» 8 a. m. bis 10 a. m. 21. September . . . . .	0,0090	0,0045

Jetzt wird der Spross abermals dem Lichte, wie früher, ausgesetzt, erhält aber direktes Sonnenlicht, da der Himmel wolkenfrei ist. Die Beleuchtung dauert bis 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> p. m., also nur um eine halbe Stunde länger als das erste Mal. Im Dunkeln lieferte der Spross

Von 6 p. m. bis 9 p. m. 21. September . . . . .	0,0228	0,0076
» 9 p. m. bis 12 N. 21. September . . . . .	0,0226	0,0075

1) Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, Bd. I, 1873, p. 343.

Wir sehen somit in diesem Falle die Athmungsenergie des abgetrennten Sprosses nach zweimaliger Beleuchtung ihre ursprüngliche Grösse sogar übersteigen. Ausserdem tritt hier sehr deutlich der Einfluss der Lichtintensität auf: am zweiten, heiteren Tage tritt die Erhöhung der Athmungsenergie nach der Beleuchtungsperiode viel schärfer als am ersten, trüben auf.

### Versuch 3.

Gleichzeitig mit dem Sprosse des vorigen Versuchs wurden zwei Sprossenenden von *Spiraea opulifolia*, zusammen 16 Blätter tragend, in ein und dieselbe Röhre eingeführt. Temperatur (sehr constant) — 38°.

	Kohlensäure in Grammen.	
	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 12 M. bis 3 p. m. 19. September . . . . .	0,0530	0,0177
» 3 p. m. bis 6 p. m. 19. September . . . . .	0,0524	0,0175
» 6 p. m. bis 9 p. m. 19. September . . . . .	0,0465	0,0155
» 9 p. m. bis 12 N. 19. September . . . . .	0,0456	0,0152
» 12 N. bis 9 a. m. 20. September . . . . .	0,1160	0,0129
» 9 a. m. bis 11 a. m. 20. September . . . . .	?	?
» 11 a. m. bis 5 p. m. 20. September . . . . .	0,0630	0,0105
» 5 p. m. bis 11 p. m. 20. September . . . . .	0,0546	0,0091
» 11 p. m. bis 8 a. m. 21. September . . . . .	0,0694	0,0077
» 8 a. m. bis 10 a. m. 21. September . . . . .	0,0134	0,0067

Als nun die Zweige der Röhre entzogen wurden, erwiesen sich die vier unteren Blätter als im Anfange der Verwesung begriffen, die übrigen hatten dagegen ein durchaus frisches Aussehen. Es wurden daher die unteren Sprosstheile sammt den absterbenden Blättern unter Wasser abgeschnitten, das Uebrige aber unter Glasglocke in kohlensäurereicher Luft dem direkten Sonnenlichte bis 5 p. m. ausgesetzt. Im Dunkeln lieferten die Sprosse bei 38°.

Von 7 p. m. bis 10 p. m. 21. September . . . . . 0,0268 0,0089

Ungeachtet der bedeutenden Verringerung der Blätterzahl, finden wir auch hier also nach der Beleuchtung die Athmungsenergie bedeutend gestiegen. Bemerkenswerth ist die hohe Temperatur dieses Versuchs.

### Versuch 4

wurde parallel mit zwei Zweigen von *Larix europaea* angestellt. № I, aus einem heurigen Langsprosse und einem 9 Kurzzweige tragenden vorjährigen Basalstücke bestehend, blieb

constant im Dunkeln, während № II (Langspross grösser, 6 Kurzzweige) zeitweise beleuchtet wurde. Beide Zweige sind im Freien am 12. Juli um 6 p. m. abgeschnitten. Temperatur — 30°, sie zeigt aber bedeutende Schwankungen (29,5° bis 31,2°).

Wir wollen zunächst die Athmung des Zweiges I verfolgen.

	Kohlensäure in Grammen.	
	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 7 p. m. bis 1 a. m. 13. Juli .....	0,0096	0,0016
» 1 a. m. bis 10 a. m. 13. Juli.....	0,0108	0,0012
» 10 a. m. bis 4 p. m. 13. Juli.....	0,0074	0,0012
» 4 p. m. bis 2 a. m. 14. Juli.....	0,0136	0,0013
» 2 a. m. bis 9 a. m. 14. Juli.....	0,0078	0,0011

Um 9 a. m. wurde das durch Harz ganz gelb gefärbte Wasser, in welchem die Zweigbasis ruhte, mit frischem ersetzt und nun der Luftstrom wieder eingestellt.

Von 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> a. m. bis 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> N. 15. Juli .....	0,0159	0,0011
» 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> N. bis 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> a. m. 15. Juli .....	0,0116	0,0011
» 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> a. m. bis 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p. m. 15. Juli .....	0,0068	0,0011
» 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p. m. bis 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p. m. 15. Juli .....	0,0072	0,0012
» 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p. m. bis 12 N. 16. Juli .....	0,0249	0,0010
» 12 N. bis 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p. m. 17. Juli .....	0,0210	0,0009
» 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p. m. bis 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> a. m. 18. Juli .....	0,0080	0,0008

Der Versuch wird abgebrochen, obgleich der Zweig noch ganz frisch ist. Wir sehen somit die Athmungsenergie von *Larix* im Dunkeln fast constant bleiben, da, die kleine im Anfang des Versuchs auftretende Erniedrigung ausgenommen, alle Schwankungen durch entsprechende Schwankungen der Temperatur hervorgebracht zu werden scheinen. Diese abweichende Form der Athmungskurve soll später ausführlicher discutirt werden.

Wenden wir uns zu Zweig II, der anfangs gleichzeitig mit I und bei derselben Temperatur im Dunkeln athmete.

	Kohlensäure in Grammen.	
	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 7 p. m. bis 1 a. m. 13. Juli .....	0,0140	0,0023
» 1 a. m. bis 10 a. m. 13. Juli.....	0,0170	0,0019
» 10 a. m. bis 4 p. m. 13. Juli.....	0,0100	0,0017
» 4 p. m. bis 9 a. m. 14. Juli .....	0,0289	0,0017

Um 9 a. m. kommt der Zweig, in der Röhre eingeschlossen, an das Licht (Sonnenchein), wo er bis 5 p. m. verbleibt und zeitweise mit Kohlensäure versorgt wird.

Von 6 p. m. bis 12 N. 14. Juli . . . . .	0,0248	0,0041
» 12 N. bis 10 a. m. 15. Juli . . . . .	0,0303	0,0030

Um 10 $\frac{1}{2}$  a. m. wird der Zweig abermals bis 6 $\frac{1}{2}$  p. m. belichtet (Himmel bedeckt).

Von 7 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 11 $\frac{1}{2}$ p. m. 15. Juli . . . . .	0,0140	0,0035
-------------------------------------------------------------------------	--------	--------

Die mehrstündige Beleuchtung in kohlensäurereicher Atmosphäre verursachte also eine auffällende Erhöhung der Athmungsintensität: letztere wurde fast verdoppelt.

Die nun folgenden Experimente suchen die Bedingungen dieser merkwürdigen Erhöhung der Athmungsenergie nach einer Beleuchtungsperiode näher festzustellen.

### Versuch 5.

Ein am 18. Juni um 9 a. m. frisch abgetrennter *Crataegus*-Spross lieferte im Dunkeln bei 28,8° an Kohlensäure

	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 11 a. m. bis 2 p. m. . . . .	0,0124	0,0041

am folgenden Tage aber (unterdessen wurde die Temperatur während einiger Stunden bis auf 37° erhöht) bei 28,5°

Von 9 a. m. bis 12 M. . . . .	0,0030	0,0010.
-------------------------------	--------	---------

Nun wird die Röhre in einem grossen Wasserreservoir dem Lichte ausgesetzt (Sonnenschein) und mittelst des Aspirators ein ziemlich rascher Strom gewöhnlicher, aus dem Freien stammender, also kohlensäurearmer Luft bis 5 $\frac{1}{2}$  p. m. durchgeleitet. Es lieferte dann der Zweig im Dunkeln bei 28,4°

Von 7 p. m. bis 12 N. . . . .	0,0060	0,0012
» 12 N. bis 8 a. m. 20. Juni . . . . .	0,0070	0,0009

Jetzt wird die Röhre abermals auf dieselbe Weise bis 5 p. m. belichtet (bis 12 U. Himmel bedeckt, dann Sonnenschein). Bei 29° erhielt man im Dunkeln

von 7 p. m. bis 12 N. . . . .	0,0075	0,0015.
-------------------------------	--------	---------

Damit wird der Versuch abgebrochen. Vergleicht man die nur angedeutete Erhöhung der Athmungsenergie unter den eigenthümlichen Beleuchtungsbedingungen des vorliegenden Versuches mit der riesigen Steigerung derselben in den vorigen Versuchen, so springt die Bedeutung des Kohlensäurereichthums der umgebenden Luft während der Insolation sogleich in die Augen. Noch schärfer aber ersieht man dieselbe aus den folgenden Experimenten.

**Versuch 6.**

Am 1. Juli werden um 7 p. m. zwei gleiche unbegrenzte *Crataegus*-Sprossen im Freien geschnitten und einzeln in Röhren eingeschlossen im Dunkeln bei der sehr constanten Temperatur von 30° auf ihre Athmung geprüft.

	Kohlensäure in Grammen.			
	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I.	II.	I.	II.
Von 12 N. bis 8 a. m. 2. Juli. . .	0,0341 gr.	0,0319 gr.	0,0043 gr.	0,0040 gr.
» 8 a. m. bis 11 a. m. . . . . .	0,0094	0,0088	0,0031	0,0029

Um 11 a. m. werden beide Röhren in demselben Wasserreservoir dem Lichte ausgesetzt. Röhre I durchstreicht ein Strom kohlenstofffreier Luft, während in II (nur einmal) etwa 30 C. c. Kohlensäure eingeführt werden. Temperatur des Wassers 30°. Himmel bis 4 p. m. bedeckt. Um 7 p. m. werden die Röhren verdunkelt.

	I.	II.	I.	II.
Von 8 p. m. bis 11 p. m. 2. Juli	0,0060 gr.	0,0091 gr.	0,0020 gr.	0,0030 gr.
» 11 » » 10 a. m. 3. »	0,0194	0,0267	0,0018	0,0024
» 10 a. m. » 5 p. m. 3. »	0,0116	0,0143	0,0017	0,0020
» 5 p. m. » 11 » 3. »	0,0093	0,0095	0,0015	0,0015
» 11 » » 9 a. m. 4. »	0,0122	0,0128	0,0012	0,0013
» 9 a. m. » 12 M. 4. »	0,0031	0,0030	0,0010	0,0010

Wir sehen somit dass in dem Zweige, der während der Belichtung keine Kohlensäure erhielt, die Athmungsenergie abgeschwächt war, als ob er diese Zeit im Dunkeln verbracht hätte. Im Sprosse II dagegen ist die Athmungsintensität wenn auch nicht erhöht, doch auf der früheren Stufe geblieben; die dem belichteten Zweige zur Disposition gelieferte begrenzte Kohlensäuremenge genügt nur dazu die Athmung auf ihrer früheren Intensität zu erhalten.

Mittag 4. Juli erwiesen sich beide Zweige als vollkommen gesund, das Experimentiren mit № II musste aber wegen zufälliger Beschädigung des Sprosses abgebrochen werden. Dagegen wurde № 1 abermals dem Lichte ausgesetzt, nun aber in kohlenstoffreicher Luft. Himmel meistens klar. Die Temperatur des äusseren Wassers schwankte zwischen 25° und 33°. Dauer der Beleuchtung 6 Stunden. Im Dunkeln wurden folgende Kohlensäuremengen erhalten:

	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 7 p. m. bis 10 p. m. 4. Juli	0,0090 gr.	0,0030 gr.
» 10 » » 9 a. m. 5. »	0,0233	0,0021

Um 9 a. m. wird der immer normal aussehende Zweig, nach Erfrischung seines Quer-

schnittes, wieder dem direktem Sonnenlichte bis 6 p. m. ausgesetzt und mit Kohlensäure durch Einathmen reichlich versorgt. Temperatur des Wassers 30°. Bei nachheriger Verdunkelung lieferte er:

Von 7 p. m. bis 10 $\frac{1}{2}$ p. m. 5. Juli	0,0159 gr.	0,0045 gr.
» 10 $\frac{1}{2}$ » » 9 $\frac{1}{2}$ a. m. 6. »	0,4000	0,0036

Wir sehen somit nach vollen 4 Tagen, Dank der zweimaligen Beleuchtung in kohlen-säurereicher Luft, die Athmungsintensität die am Anfang des Versuchs beobachtete sogar übersteigen.

### Versuch 7.

Am 25. Juni werden um 10 $\frac{1}{2}$  a. m. zwei unbegrenzte *Crataegus*-Sprossen im Freien geschnitten und einzeln in Glasröhren eingeschlossen. Temperatur 30° (sehr constant).

	Kohlensäure in Grammen.			
	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I.	II.	I.	II.
Von 12 $\frac{1}{2}$ M. bis 3 $\frac{1}{2}$ p. m. 25. Juni	0,0173 gr.	0,0136 gr.	0,0058 gr.	0,0045 gr.
» 3 $\frac{1}{2}$ p. m. » 8 $\frac{1}{2}$ » 25. »	0,0200	0,0180	0,0040	0,0036
» 8 $\frac{1}{2}$ » » 12 $\frac{1}{2}$ N. 25. »	0,0123	0,0109	0,0031	0,0027
» 12 $\frac{1}{2}$ N. » 5 a. m. 26. »	0,0112	0,0098	0,0025	0,0022
» 5 a. m. » 9 $\frac{1}{2}$ » 26. »	0,0089	0,0080	0,0020	0,0017

Jetzt werden beide Röhren in einem grossen Wasserreservoir, dessen Temperatur ungefähr 26° beträgt, dem Sonnenlichte ausgesetzt. In der Röhre I wird ein ziemlich langsamer Strom von kohlen-säurefreier Luft unterhalten, der nach seinem Austritt aus der Röhre den Trockenapparat (zwei Chlorcalciumröhren) und dann den Kaliapparat sammt einer neuen Chlorcalciumröhre (wie früher im Dunkeln) durchstreicht. Nach der Beleuchtungsperiode, die von 10 a. m. bis 6 p. m. dauerte, war das Gewicht des Kaliapparats und des ihm folgenden Chlorcalciumrohrs bloß um 0,0003 gr. gestiegen. Somit lieferte der in kohlen-säurefreier Luft insolarnte Spross gar keine Kohlensäure, oder, mit anderen Worten, es wurde die durch Athmung erzeugte Kohlensäure von ihm wieder zersetzt. Unterdessen erhielt der Spross II das Sonnenlicht in einer an Kohlensäure reichen Atmosphäre. Himmel klar. Um 6 p. m. werden beide Röhren wieder verdunkelt.

Von 7 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 11 p. m. 26. Juni	0,0078 gr.	0,0127 gr.	0,0022 gr.	0,0036 gr.
» 11 » » 9 a. m. 27. »	0,0163	0,0275	0,0016	0,0027

Beide Sprossen sind ganz frisch. Ich wage es nicht zu entscheiden, ob die kleine in

kohlensäurefreier Luft eingetretene Erhöhung der Athmungsenergie nur einem Beobachtungsfehler zuzuschreiben sei. Dass letztere hier keine Senkung, wie im vorigen Versuche erfuhr, darf uns nicht wundern, da die Zweige diesmal viel später insollirt wurden, zu einer Zeit, wo, wie wir später näher erfahren sollen, die anfänglich rasche Senkung allmählich ganz unbedeutend wird. Jedenfalls tritt aber der Einfluss des Kohlensäuregehalts der umgebenden Luft auch in diesem Versuche scharf hervor.

Der nun folgende Versuch soll die Wirkung der verschieden brechbaren Lichtstrahlen illustriren.

**Versuch 8.**

Am 7. Juli werden um 6 p. m. zwei frisch geschnittene *Crataegus*-Sprossen geköpft und die je drei fast ausgewachsene Blätter tragenden Stücke einzeln in die Röhren eingeschlossen. Die Temperatur schwankt zwischen 30° und 31°.

	Kohlensäure in Grammen.			
	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I.	II.	I.	II.
Von 7 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 11 $\frac{1}{2}$ p. m. 7. Juli	0,0106 gr.	0,0106 gr.	0,0026 gr.	0,0026 gr.
» 11 $\frac{1}{2}$ » » 8 a. m. 8. »	0,0178	0,0175	0,0021	0,0021
» 8 a. m. » 12 M. 8. »	0,0072	0,0068	0,0018	0,0017

Um 12 $\frac{1}{2}$  M. kommen beide Röhren unter die allgemein bekannten Becquerel'schen doppelwandigen Glocken, deren erste eine Lösung von Kupferoxydammoniak, die zweite eine Lösung von Kalibichromat enthält. Diese Glocken werden dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt, um aber eine zu starke Erwärmung unter ihnen zu verhüten, werden sie in grössere mit Wasser gefüllte Gefässe eingetaucht und das Wasser während der Besonnung mehrmals mit frischem ersetzt. Beide Röhren erhalten ungefähr gleiche Kohlensäuremengen. Die Beleuchtung dauert bis 6 p. m.

	I.	II.	I.	II.
Von 6 <sup>h</sup> 40' p. m. bis 1 <sup>h</sup> 10' a. m. 9. Juli	0,0090 gr.	0,0143 gr.	0,0014 gr.	0,0022 gr.
» 2 <sup>h</sup> 15' a. m. » 11 <sup>h</sup> 10' » 9. »	0,0090	0,0140	0,0010	0,0015
» 1 p. m. » 11 $\frac{1}{2}$ p. m. 9. »	0,0088	0,0140	0,0008	0,0013
» 12 $\frac{1}{2}$ N. » 5 $\frac{1}{2}$ » 10. »	0,0138	0,0160	0,0008	0,0010
» 7 p. m. » 11 » 10. »	0,0036	0,0036	0,0009	0,0009
» 12 N. » 9 $\frac{1}{2}$ a. m. 11. »	0,0086	0,0088	0,0009	0,0009

Um 9 $\frac{1}{2}$  a. m. werden die Zweige auf dieselbe Weise wieder mit Kohlensäure versorgt und besonnt (Himmel wolkenfrei), jetzt bekommt aber № I rothes, № II blaues Licht. Obgleich die Lufttemperatur unter den Glocken bis auf 40° C. stieg blieben die Sprosse ganz frisch. Um 6 $\frac{1}{2}$  p. m. wird mit der Belichtung abgebrochen.

	I.	II.	I.	II.
Von 7 <sup>h</sup> 50' p. m. bis 12 <sup>h</sup> 50' N.	0,0088 gr.	0,0060 gr.	0,0018 gr.	0,0012 gr.
» 2 a. m. » 10 a. m. 12. Juli	0,0102	0,0064	0,0013	0,0008

Das Resultat aller eben angeführten Versuche lässt sich folgendermaassen kurz zusammenfassen. Im Dunkeln sinkt die Athmungsintensität, wird aber durch eine zeitweise Beleuchtung des Zweiges wieder erhöht; diese Erhöhung wird durch die schwächer brechbaren Strahlen (roth etc.) des Sonnenlichts hervorgerufen und tritt nur bei Gegenwart einer genügenden Kohlensäuremenge hervor. Daraus zog ich den Schluss, es müsse diese Erhöhung auf Assimilation des Zweiges beruhen. Dieser Schluss ist es nun den Herr Rischawi stark angreift. Er meint es könnte die nach der Beleuchtungsperiode eintretende Erhöhung der Athmungsintensität auf eine andere Weise erklärt werden. Im Dunkeln befindet sich der Spross in einer wenn auch nicht durchaus kohlenstofffreien, da er selbst Kohlensäure producirt, doch wenigstens an diesem Gase ziemlich armer<sup>1)</sup> Luft. Wird er nun nach einigen Stunden dem Sonnenlichte ausgesetzt und dabei reichlich mit Kohlensäure versorgt<sup>2)</sup>, so muss auch ohne etwaige Assimilation das saftige Gewebe die Kohlensäure der Umgebung auf rein physikalische Weise absorbiren und, wenn der Zweig abermals in kohlenstoffärmerer Luft verdunkelt wird, diese absorbirte Kohlensäure wieder aushauchen, wodurch die Intensität der Athmung scheinbar vergrössert wird. Wenn dieses Raisonement richtig ist, so wird die scheinbare Erhöhung der Athmungsintensität auch ohne Beleuchtung eintreten, nachdem der Zweig im Dunkeln einige Stunden in kohlenstoffreicher Luft verbracht haben

1) Wenn wir auf Grund der stündlich entwickelten Kohlensäuremengen und der Geschwindigkeit des Luftstroms den Kohlensäuregehalt der in der Röhre den Zweig umgebenden Luft bestimmen, so stellt sich dieser Gehalt nie mehr als auf 1<sup>o</sup>/<sub>10</sub>, gewöhnlich beträgt er weniger als 1/2<sup>o</sup>/<sub>10</sub>, es ist aber beachtenswerth dass dieser an sich schwache Kohlensäuregehalt denjenigen der freien Luft jedenfalls bedeutend übersteigt; es wird somit der zum Versuch dienende, im Freien abgeschnittene Zweig eigentlich in eine an Kohlensäure reichere Atmosphäre übertragen.

2) Ich kann nicht umhin ohne einen kleinen Fehler, den Herr Rischawi, jedenfalls unwillkürlich, begeht, indem er meinen oben angeführten ersten Versuch wiedergibt, namhaft zu machen Um den Leser besser von dem Kohlensäurereichthum der Luft während der Beleuchtungsperiode zu überzeugen führt er an, ich hätte in diesem Versuche 120 Cc. Kohlensäure in eine etwa 400 Cc. fassende Röhre eingeführt, woraus sich eine mehr als 40% oder sogar 50% Kohlensäure enthaltende

Athmosphäre ergeben würde, wenn man bedenkt, dass einen nicht unbeträchtlichen Theil des inneren Raumes der Versuchszweig etc. ausfüllt. Als ich diese Angabe las, wurde ich selbst über das unzweckmässige, der Assimilation jedenfalls ungünstige Reichthum an Kohlensäure der von mir bereiteten Atmosphäre unangenehm überrascht. Beim Nachschlagen der betreffenden Stelle meiner Abhandlung erwies sich aber, dass, wie oben angeführt ist, ich während der acht Stunden dauernden Beleuchtung viermal etwa 30 Cc. Kohlensäure in die Röhre einführte. Wenn nun auch viermal dreissig mathematisch wirklich 120 gleich sind, so kann es physiologisch keineswegs gleichgültig sein ob wir 120 Cc. auf einmal oder in kleineren Dosen vertheilt der Pflanze verabreichen; nur wenn der Zweig absolut assimilationsunfähig wäre, würde das der Fall sein. Da in den meisten Versuchen die Kohlensäure, wie oben erwähnt, durch Einathmen geschafft wurde, so war dadurch eine übermässige Kohlensäureanhäufung ganz ausgeschlossen.

wird. Herr Rischawi behauptet diese Vermuthung experimentell und zwar mit positivem Erfolge geprüft zu haben. Es wurden zwei abgeschnittene Zweige in gleiche Röhren einzeln gebracht und im Dunkeln ihre Athmungsintensität festgestellt. Nachdem in beide Röhren gleiche beträchtliche Mengen von Kohlensäure eingeführt waren, wurde die eine der Wirkung des Lichtes ausgesetzt, die andere im Dunkeln stehen gelassen. Als nach einigen Stunden die früheren Versuchsbedingungen wieder hergestellt wurden verhielten sich beide Zweige ganz gleich: in beiden war die Athmungsenergie erhöht. Soweit Rischawi.

Es soll somit die von mir beobachtete Erhöhung der Athmungsintensität nach einer Beleuchtungsperiode nicht auf Assimilation, d. h. Verarbeitung der Kohlensäure und Bildung neuer Kohlehydratmengen, sondern auf einer physikalischen Absorption der Kohlensäure beruhen, wodurch die ganze Erscheinung jedenfalls viel von ihrem Interesse verlieren muss. Assimilation oder Absorption, das ist eben die zwischen uns bestehende Controverse, die ich in dieser Abhandlung einer näheren Prüfung unterwerfen will.

Es ist zu bedauern dass Herr Rischawi sich mit der kurzen Erwähnung seiner Resultate begnügt ohne nähere Angaben über die Versuchsbedingungen des oben erwähnten entscheidenden Experimentes sowie die dabei erhaltenen Zahlenwerthe mitzutheilen. Wir erfahren weder den Namen der Versuchspflanze, noch die Menge der verabreichten Kohlensäure oder die Dauer der Beleuchtung etc., was um so auffallender ist, als mein eigener (erster) Versuch in derselben Schrift ausführlich mit Zahlenwerthen mitgetheilt wird. Herr Rischawi sagt, er halte es für der Mühe nicht werth seine Zahlen anzuführen, da, wie er aus einem politischen Blatte erfuhr, ich selber nach dem Erscheinen meiner russischen Arbeit in einer Sitzung der Petersburger Naturforscher-Gesellschaft meine Schlüsse zurückgezogen hätte. Es handelt sich hier um eine nachträgliche, am 16. December 1876 in der botanischen Section gemachte Mittheilung<sup>1)</sup>, wo ich über einige neu angestellte Versuche berichtete. Wie wenig man politischen Blättern in solchen Dingen vertrauen kann, ergiebt sich schon daraus, dass gerade in dieser Sitzung ich einen mit *Pinus sylvestris* angestellten Versuch mittheilte, der als eine wichtige Stütze meiner Ansicht betrachtet werden muss und durchaus gegen Rischawi's Deutung spricht; an seinem Orte soll dieser Versuch ausführlich beschrieben werden (S. Versuch 9). Die von mir damals geäußerten Zweifel betrugten einen ganz anderen Punkt, der mir auch jetzt nach vielen neuen Versuchen immer noch nicht ganz klar erscheint. Doch darüber kann erst in einer späteren Abhandlung die Rede sein.

Ehe ich zu einer experimentellen Prüfung der in Rede stehenden Controverse übergehe, will ich zunächst die Unwahrscheinlichkeit der Rischawi'schen Deutung meiner Resultate etwas näher auseinandersetzen und die Gründe anführen, warum mir damals ein im Dunkeln in kohlenäurereicher Luft angestellter Gegenversuch überflüssig zu sein schien.

---

1) Vergl. das Protokoll dieser Sitzung in den Arb. der Petersburger Naturf.-Ges., Bd. VIII, p. 21 (russisch).

Ich gestehe ausdrücklich diesen Umstand jetzt nicht genug bedauern zu können, da mit einer kleinen Mehraufwendung von Zeit jede künftige Controverse ein für alle mal ausgeschlossen sein würde und ich sowohl Herrn Rischawi als mir selbst dadurch viel Zeit und Mühe erspart hätte. Wäre die Assimilation eine blosser Hypothese, zu der ich Zuflucht nahm, um die nach einer Beleuchtungsperiode eintretende Erhöhung der Athmungsintensität zu erklären, so hätte mein Gegner gewiss Recht an der Richtigkeit dieser Erklärung zu zweifeln und eine andere einfachere vorzuschlagen. Nun ist aber die Assimilation eine seit mehr als Hundert Jahren für alle Zeiten sicher festgestellte Thatsache; wir wissen bestimmt dass ein gesundes grünes Blatt in einer kohlenstoffreichen Luft am Lichte nicht verweilen kann, ohne Kohlensäure zu zerlegen und zu verarbeiten. Aus den Untersuchungen von Boussingault<sup>1)</sup> wissen wir weiter, dass diese Assimilationsfähigkeit nicht nur in abgetrennten Zweigen, sondern sogar in einzeln abgeschnittenen Blättern lange Zeit erhalten bleibt, möge man sie auch im Dunkeln aufbewahren, wenn nur Wasser und Sauerstoff denselben zu Gebote stehen. Es kann somit durchaus keinem Zweifel unterliegen, dass die Zweige in meinen Experimenten während der Beleuchtungsperiode die ihnen verabreichte Kohlensäure wirklich assimilirten. Wird nun aber die Kohlensäure im grünen Gewebe energisch zerlegt, so kann eine bedeutende Anhäufung derselben auch bei beträchtlichem Kohlensäuregehalt der umgebenden Luft im Inneren der Pflanze selbst keineswegs erwartet werden. Sogar das bei seinem Versuche von Rischawi erhaltene Resultat, so wie er dasselbe mittheilt, würde bestimmt für die Beeinflussung der Athmungsintensität durch assimilatorisch neu gebildete Kohlehydratmengen sprechen. Wenn wir zwei gleichen Sprossen, wie im Rischawi'schen Versuche gleiche Kohlensäuremengen verabreichen und nun den einen ans Licht stellen, während der andere im Dunkeln verbleibt, so wird ja nur der erste assimiliren, also das ihm dargebotene Kohlensäurequantum verringern. Wäre also die nachträglich auftretende mehrmals erwähnte Erhöhung der Athmungsintensität wirklich nur ein Resultat von vom Gewebe physikalisch absorbirter Kohlensäure, so müsste der verdunkelte Zweig nicht dieselbe, sondern eine viel stärkere Erhöhung als der belichtete ergeben, da ersterer factisch in einer kohlenstoffreicheren Atmosphäre verweilte. Es kann somit nur die Frage sein ob nicht ausser der von mir näher untersuchten Erscheinung noch eine andere scheinbar ähnliche existirt, die unter anderen Bedingungen durch eine andere Ursache hervorgerufen wird; dann wäre Rischawi's Deutung nicht an die Stelle sondern neben der von mir gegebenen als ein anderes rein physikalisches Phänomen betreffend zu setzen. Dass dem wirklich so ist werden wir weiter erfahren. Wollten wir Rischawi's Erklärung auch auf die von mir erhaltenen Resultate ausstrecken, so wäre es ganz unbegreiflich warum nach Beleuchtung mit

---

1) C. rendus, T. 61, 1865, p. 493. So sehen wir z. B. in Versuch XIV ein Blatt von *Nerium Oleander* die Kohlensäure energisch zersetzen, nachdem es vier volle Tage im Dunkeln verbracht hatte. Pfeffer (Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, Bd. I, p. 34) fand, dass *Sambucus*-Blätter sogar nach 24-stündigem Verweilen in Wasserstoff ihre Assimilationsfähigkeit nicht verlieren.

rothem Lichte eine viel stärkere Erhöhung der Athmungsenergie eintrat als nach Verweilung im blauen (s. oben, Versuch 8); gerade das Gegentheil wäre zu erwarten, da in den blauen Lichtstrahlen der Gehalt der Luft an Kohlensäure keine Schwächung durch Zerlegung derselben erfahren wird. Wenn wir aber auf diesen Versuch, da er einzeln da steht<sup>1)</sup>, kein grosses Gewicht legen, so bleibt doch die unzweifelhafte Beeinflussung der Athmungsenergie durch die Intensität des während der Beleuchtungsperiode wirkenden Lichtes ebenso unverständlich. Auch hier müsste man nach Rischawi gerade das Gegentheil erwarten: bei trübem Wetter ist, ganz abgesehen von der schwächeren Assimilation, schon die niedrigere Temperatur der umgebenden Luft und des Gewebes der physikalischen Absorption von Kohlensäure jedenfalls günstiger als bei klarem Sonnenschein, in Wirklichkeit tritt aber bei letzterem die Athmungssteigerung, wie wir sahen, viel schärfer hervor. Schliesslich will ich noch auf einen Umstand aufmerksam machen, der ebenfalls gegen Rischawi's Erklärung sprechen würde. Die nach der Beleuchtungsperiode erhöhte Athmungsenergie bleibt, wie aus dem Versuch 1 z. B. ersichtlich ist, im Dunkeln nicht auf dieser Höhe stehen, sondern fällt abermals. Betrachtet man nun diese Fällung genauer, so ergibt sich, dass sie der ersten, am Anfange des Versuchs, als der frisch abgeschnittene Zweig eben verdunkelt wird, auftretenden durchaus analog ist. Durch Einschaltung einer Beleuchtungsperiode werden offenbar die zu Anfang des Versuchs in dem Zweige herrschenden Athmungsverhältnisse mehr oder minder vollständig wieder hergestellt. Beide Kurvenabschnitte, die man bei graphischer Darstellung des Athmungsganges erhält, sehen einander ganz gleich aus, und es wäre daher ganz unnatürlich diese zwei gleichen Senkungen zwei durchaus verschiedenen Ursachen zuzuschreiben. Wenn wir also die nach der Beleuchtung stattfindende Senkung mit Rischawi als durch Aushauchen physikalisch absorbirter Kohlensäure verursacht betrachten, so müssen wir dasselbe consequenter Weise auch für die anfängliche Senkung behaupten. Damit wird nun aber schwerlich Jemand einverstanden sein, denn es wäre nicht einzusehen, wie im grünen Gewebe eines in freier Luft an der Sonne wachsenden Sprosses eine irgend bedeutende Kohlensäureanhäufung vorhanden sein könnte. Rischawi selbst scheint der sowohl von Wolkoff und Mayer, als von mir gegebenen Deutung der im Dunkeln an abgetrennten Pflanzentheilen eintretenden Schwächung der Athmungsintensität zu huldigen. Ist man aber damit einverstanden, dass eine Verringerung des Kohlehydratvorraths eine Abschwächung der Athmung verursacht, so liegt es ja auf der Hand, dass eine Vergrösserung des disponiblen Athmungsmaterials, wie sie z. B. durch Neubildung von Kohlehydraten auf dem Wege der Assimilation eintreten wird, das entgegengesetzte Resultat, also eine Steigerung der Athmungsintensität hervorbringen muss.

Bei meinen neuen Experimenten befolgte ich wesentlich dieselben zwei verschiedenen

1) In meiner russischen Schrift findet sich noch ein anderer mit *Spiraea opulifolia* angestellter Versuch, in welchem aber wegen ungünstiger Beleuchtungsverhältnisse die Athmungssteigerung überhaupt nur schwach aber in demselben Sinne wie in Versuch 8 angedeutet ist: das rothe Licht lieferte etwas mehr als das blaue.

Methoden, die in meiner mehrfach erwähnten russischen Schrift näher auseinandergesetzt sind. Theils wurde durch das Recipient ein Strom entkohlensäuerter Luft mit constanter Geschwindigkeit durchgeführt und die entwickelte Kohlensäure ihrem Gewichte nach bestimmt, theils wurde nach Wolkoff und Mayer's Vorgang der verzehrte Sauerstoff volumetrisch gemessen. In beiden Fällen wurden aber einige Abänderungen angetroffen.

Was die erste Methode betrifft, so habe ich früher als Absorptionsmittel für Wasserdampf Chlorcalcium angewandt. Bekanntlich trocknet aber diese Substanz die Luft nur unvollständig und zwar, wie von chemischer Seite berichtet wird<sup>1)</sup>, bis zu einem verschiedenen Grade. Die unvollständige Trocknung an sich würde ohne jede Bedeutung sein; wenn aber die vor dem Kaliapparate und nach demselben eingeschalteten Chlorcalciumröhren eine ungleichmässige Trocknung der sie durchströmenden Luft verursachen würden, so könnte dadurch freilich ein kleiner Fehler entstehen. Ich wende jetzt anstatt des Chlorcalciums concentrirte Schwefelsäure an. Bringt man aber mit Schwefelsäure getränkte Bimsteinstückchen in U-förmig gebogene Röhren ein, so werden die Korkpfropfen von innen aus auch bei grösster Vorsicht in der Handhabung von der Säure nicht selten angegriffen, da letztere beim Durchströmen der Luft leicht spritzt. Um diesem Uebelstande vorzubeugen hat C. Voit<sup>2)</sup> für seinen Respirationsapparat dünnwandige, etwa 120 C. c. fassende Glaskölbchen angewandt, in deren Halse sich ein sorgfältig eingeschliffener, mit dem Abgangsrohr verbundener Glasstopfen befand; das Zugangsrohr reichte bis an den Boden des Gefässes und war in dessen Wandungen eingeschmolzen. Sie wurden durch den Hals mit kleinen Bimsteinstückchen gefüllt, welche gegläht und noch heiss in die reine concentrirte Schwefelsäure geworfen worden waren. Die Kölbchen hatten gefüllt ein Gewicht von etwa 70 Grm. und nahmen das Wasser aus einem Luftstrom ganz vortrefflich auf, so dass ein zweites Kölbchen nur eingeschaltet wurde, um sich von der vollkommenen Absorption zu überzeugen. Ein solches Kölbchen ist von Voit auf Taf. XV (l. c. Fig. 3) abgebildet. So zweckmässig nun auch diese Construction ist, indem damit die Anwendung von Kork vermieden wird, schien sie mir doch etwas unpraktisch zu sein, da die Operation des Füllens langwierig ist. Ich wende daher anstatt mit Schwefelsäure getränkten Bimsteinstückchen einfach concentrirte Schwefelsäure an und vereinfache die Construction durch Weglassung des Glasstöpsels; in meinen Kölbchen ist der Hals direkt zu einem unter rechtem Winkel gebogenen Rohre ausgezogen, der als Abgangsrohr dient. Sie werden bis zu  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{1}{3}$  mit Schwefelsäure angefüllt; das Wechseln der Säure nimmt nur einige Minuten in Anspruch. Durch direkte Versuche überzeugte ich mich, dass in frisch gefüllten Kölbchen, wenigstens bei der unbedeutenden Geschwindigkeit des Luftstroms, die bei meinen Versuchen angewandt wurde,

1) Laspeyres. Ueber die quantitative Bestimmung des Wassers. Journ. f. prakt. Chemie, 1875, Bd. 11, p. 26.

2) C. u. E. Voit und J. Forster. Ueber die Bestim-

mung des Wassers mittelst des Pettenkofer'schen Respirationsapparates. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XI, 1875, p. 157.

schon das erste Kölbchen das Wasser vollständig absorbirte; erst wenn dasselbe circa 1 Gr. davon abgehalten hatte, fing auch das zweite an an Gewicht unbedeutend zuzunehmen. Als Trockenapparat benutzte ich immer zwei Schwefelsäure-Kölbchen, die zwischen der Versuchsröhre und dem Kaliapparate eingeschaltet wurden; sie konnten getrost 1—2 Wochen lang functioniren ohne einer Erneuerung der Säure zu bedürfen. Das dem Kaliapparate ent-rissene Wasser wurde dagegen, um die Wägungen nicht unnützerweise zu vervielfältigen, nur durch ein Schwefelsäure-Kölbchen aufgefangen, letzteres aber alle 3—4 Tage gewechselt, ehe es 1 Gr. Wasser condensirt hatte. — Die Kohlensäure wurde meistens, wie in den früheren Versuchen, durch Kalilauge in einem Geissler'schen Kaliapparate absorbirt; zuweilen bediente ich mich aber zu diesem Zwecke Natronkalks in U-förmigen Röhren, so z. B. in denjenigen Versuchen (s. weiter), wo mit Absicht ein rascherer Luftstrom angewandt wurde. Die Kohlensäure der äusseren Luft wurde ehe letztere in die Versuchsröhre eintrat durch zwei Natronkalkröhren abgehalten. Was die Geschwindigkeit des Luftstroms betrifft, so war sie meistens  $\frac{1}{2}$  bis 1 Liter in der Stunde gleich; wir werden aber weiter erfahren dass dieselbe, möge sie nur constant bleiben, auf den Gang der Athmung keinen merklichen Einfluss übt.

Ich gehe nun zu der zweiten Methode über. Bei meinen früheren Versuchen adoptirte ich den bekannten  $\Omega$ -förmigen Apparat von Wolkoff und Mayer. In demselben befindet sich die Pflanze in einer ziemlich breiten Röhre, während die Ablesung des Quecksilberstandes in einer anderen engeren, mit ihr zusammenhängenden ausgeführt wird. Hat man aber ein gutes Cathetometer zu seiner Disposition, so ist die grössere Genauigkeit dieser Einrichtung nur scheinbar, da cathetometrisch auch in breiteren Röhren der Stand des Quecksilbers sehr genau bestimmt werden kann. Nicht hierin, sondern in der Unsicherheit der Barometerablesungen liegt eine Schranke für die Genauigkeit der Volumenmessung. Andererseits hat die von Wolkoff und Mayer adoptirte Einrichtung ihre schwache Seite, die nicht zu vernachlässigen ist, nämlich ist man dabei nicht im Stande Absorptionsmittel in den Apparat nachträglich einzuführen; die Natronlauge muss nothwendigerweise schon vor der Beschickung des Apparats in denselben eingeschlossen werden. Eine spätere Einführung wäre nur durch das engere Rohr möglich, dabei würde aber die Absorption der geringen Absorptionsfläche wegen nur höchst langsam erfolgen. Daher kehrte ich zu den ursprünglich von mir benutzten, einfachen, circa  $2\frac{1}{2}$  Cm. breiten Absorptionsröhren, die nur in halbe Cub. Cent. getheilt aber nachträglich sorgfältig calibrirt waren, zurück. Es wurde zu diesem Zwecke die Röhre in umgekehrter Stellung genau vertikal fixirt, Quecksilber eingegossen, die an den Glaswänden haftenden Luftbläschen entfernt und dann das Gewicht des zwischen jeden zwei Theilungen eingeschlossenen Quecksilbers bestimmt; das letztere wurde mittelst eines als Pipette dienenden Glasröhrchens herausgenommen und der Stand des Meniscus durch das Cathetometerrohr beobachtet. Da die matte Fläche des Theilungsstriches eine scharfe Einstellung des Quecksilbermeniscus auf den oberen oder unteren Rand des ersteren beeinträchtigt, so habe ich es vorgezogen das Fadenkreuz des Fernrohrs jedesmal zunächst auf

den oberen Rand des Theilungsstriches einzustellen, dann aber mittelst der Mikrometerschraube auf eine beliebige kleine, aber stets dieselbe Distanz zu erheben und nun die Coincidenz des höchsten Punktes des Quecksilbermeniscus mit dem Fadenkreuzpunkte zu bewerkstelligen, was sehr scharf ausgeführt werden kann, wenn man das Quecksilber mit einem feineren Glasröhrchen zum Ende in kleinen Portionen herausnimmt. Auf diese Weise erhält man bei einer zweiten Calibrirung, die stets zur Controlle vorgenommen wurde, mit der ersten gut übereinstimmende Zahlen; ist das hie und da nicht der Fall, so wird die Bestimmung an den betreffenden Orten mehrmals wiederholt. Selbstverständlich genügt es diese ganze etwas langwierige Operation auf einer verhältnissmässig kleinen Strecke des Rohrs (etwa von 100 C. c. bis 70 C. c. auszuführen, da ja die Theilungen des oberen, das Versuchsobjekt einschliessenden Röhrentheiles bei dem Experimentiren nicht in Betracht kommen. Ausserdem kann auch das Gesamtvolum durch Wägung der ganzen Quecksilbermenge bestimmt werden, aber ein Fehler in dieser Richtung ist, wie Wolkoff und Mayer richtig bemerken, fast ohne Bedeutung wenn, wie es in allen meinen Versuchen der Fall war, die Temperatur- und Druckschwankungen keine bedeutende Höhe erreichen. Misst man endlich noch am Cathetometer den Abstand der Theilungsstriche von einander, so ist man im Besitz aller Daten um für jede Versuchsröhre ein für allemal eine Calibrirungstabelle zu verfertigen, in der das jeder Theilung entsprechende Volumen, so wie das Volumen eines Millimeters oder Millimetertheiles an verschiedenen Stellen der Theilung verzeichnet werden. Notirt man bei jeder Volumablesung den Abstand des höchsten (resp. tiefsten) Punktes des Quecksilber- resp. Natronlaugemeniscus von der nächsten Theilung, so ist man im Stande die beobachteten Gasvolumina sehr präcis festzustellen. — Während des Versuchs wird die Verdunkelung des Pflanzentheils durch Umwickeln des ganzen oberen Röhrentheiles mit Stanniol erzielt. Um eine gleichmässige Temperatur zu erhalten wurde der ganze zum Versuche beschickte Apparat in Wasser eingetaucht. Letzteres befand sich in einem grossen Kasten, dessen Boden und Seitenwände aus Zink, die vordere und hintere Wand aber aus dickem Spiegelglase bestanden. In einem solchen Reservoir konnten zwei oder mehr Apparate nebeneinander untergetaucht werden. — Ich erlaube mir noch einige Worte die Concentration der zur Absorption von Kohlensäure in die Versuchsröhre einzuführenden Alkalilauge betreffend. Bekannterweise wird die bei Berechnung der Normalvolumina der eingesperrten Luft in Betracht kommende Tension des Wasserdampfes durch die Gegenwart von Alkalilauge merklich beeinflusst, was nicht immer<sup>1)</sup> berücksichtigt wird. Zwar besitzen wir, ausser einer allgemeinen Angabe von Boussingault<sup>2)</sup> noch eine Reihe genauer von Wüllner<sup>3)</sup> in dieser Richtung an fünf verschiedenen Concentrationen der Kali- und Natronlauge

1) So z. B. nicht in Pfeffer's und Godlewski's bekannten Arbeiten. S. Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, Bd. I, Heft 1 u. 3.

2) Boussingault. Agronomie, Chimie agricole et

Physiologie. T. III, Paris, 1864, p. 286.

3) Wüllner. Versuche über die Spannkraft des Wasserdampfes aus Lösungen wasserhaltiger Salze. Pogendorff's Annalen, Bd. CX, 1860, p. 564.

bei verschiedenen Temperaturen angestellten Beobachtungen, die ich in meiner russischen Arbeit benutzte. Es ist aber zu bedenken, dass alle diese Angaben nur für die Tension des von der Alkalilauge selbst entwickelten Wasserdampfes gelten, während bei unserer Versuchsanstellung neben der Lauge in demselben Raume noch reines Wasser und ein auf eine ebenfalls abweichende Weise durch Transpiration Wasserdampf liefernder Pflanzentheil sich befindet. Unter so complicirten Verhältnissen wäre es schwer die wahre Tension des Wasserdampfes im abgesperrten Raume zu ermitteln. Vielleicht ist sie von der des reinen Wassers nicht verschieden; wenigstens giebt neuerdings Bunsen<sup>1)</sup> an, «dass in Gasen, wenn dieselben in mit Wasser befeuchteten Eudiometern über einer selbst sehr concentrirten Alkalilösung sich befinden, anfangs nicht die Dampftension der Alkalilösung, sondern die des reinen Wassers herrscht.» «Da eine siebenprocentige Natronhydratlösung selbst nach zehn- und mehrtägiger Einwirkung noch keine merkliche Austrocknung zu bewirken vermag, so wendet man am besten, wo es die Umstände gestatten, eine solche in mit Wasser befeuchteten Eudiometern zur Absorption der Kohlensäure an, indem man bei den Reductionen statt der Dampftension der Natronlösung die des reinen Wassers in Rechnung bringt.» Ich bin neuerdings diesem Rathe gefolgt und habe bei vielen Versuchen eine siebenprocentige Natronlösung angewendet. In anderen Fällen, dagegen, arbeitete ich mit stärkerer, etwa 50% Kalilauge, wobei die Tension des Dampfes derjenigen von reinem Wasser gleich angenommen wurde, was nach der eben citirten Angabe von Bunsen jedenfalls richtiger ist.

Schliesslich noch einige Worte über die graphische Darstellung der Beobachtungsergebnisse. In meiner russischen Schrift habe ich die für eine Stunde erhaltenen Zahlenwerthe direct, ohne jede Umrechnung für die graphische Darstellung benutzt, indem ich eine Stunde einem Millimeter der Abscissenaxe, und 0,0001 Gramm Kohlensäure resp. 0,01 C. c. Sauerstoff einem Millimeter der Ordinatenaxe gleich setzte. Dieses Verfahren erschwert aber die Vergleichung verschiedener Kurven unter einander, da ihre Anfangspunkte verschieden hoch liegen. Daher ziehe ich es jetzt vor sämtliche Kurven auf ein und denselben Maassstab zurückzuführen, indem ich die am Anfang des Versuchs erhaltene Zahl gleich 100 setze und dann alle übrigen auf dieselbe beziehe, also in Procenten der Anfangsgrösse berechne. Aus praktischen Gründen, nämlich um Raum zu sparen, setze ich ein Procent nur einem halben Millimeter gleich, so dass der Anfangspunkt der Kurve stets um 5 Centimeter von der Abscissenaxe entfernt gedacht werden muss. Diese Reduction ist übrigens nur in den Figuren (1, 5 u. 6) ausgeführt, während im Texte die Zahlen so wie sie erhalten wurden angeführt werden. Auch ist die in Rede stehende Reduction nicht bei allen Figuren angewendet; einige sind nach der früheren Methode construirt, wie aus der Lage des Anfangspunktes sogleich ersichtlich ist. Es waren dabei praktische Rücksichten entscheidend.

Nun gehe ich zu den Experimenten selbst über. Es soll zunächst gezeigt werden, dass

---

1) Bunsen. Gasometrische Methoden. Zweite Auflage, 1877, p. 109.

die Erhöhung der Athmungsintensität nach einer Beleuchtungsperiode auch in kohlenensäure-  
armer Luft stattfindet, aber unter Umständen die eine Aufspeicherung von Kohlensäure auf  
dem Wege physikalischer Absorption ausschliessen.

### Versuch 9.

Am 20. Juni 1876 wurde um 1 p. m. in die Röhre I ein frisch abgeschnittenes System  
junger Sprosse von *Pinus sylvestris* eingeführt, aus einem 19 Cm. langen Gipfel- und vier  
10—14 Cm. langen Seitensprossen bestehend. Die jungen Nadeln messen etwa 2 Cm. und  
sind noch, ihre Spitzen ausgenommen, in der von Niederblättern gebildeten Scheide verbor-  
gen. Gleichzeitig wurde in eine andere Röhre II ein älteres mit drei Zweigen versehenes  
und lauter ausgebildete, vorjährige Nadeln tragendes (alle heurigen Sprosse abgeschnitten)  
Stück derselben Pflanze eingesperrt. Temperatur während der drei ersten Tage constant  
17,4°—17,5° C., später allmählich bis auf 18,0° steigend.

		Kohlensäure in Grammen.				
		Absolut.		In 1 Stunde.		
		I	II	I	II	
Von	3 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 7 $\frac{1}{2}$ p. m.	20. Juni	0,0354 Gr.	0,0181 Gr.	0,0088 Gr.	0,0045 Gr.
»	7 $\frac{1}{2}$ » » 12 $\frac{1}{2}$ » »	»	0,0420 »	0,0245 »	0,0084 »	0,0049 »
»	12 $\frac{1}{2}$ » » 8 $\frac{1}{2}$ a. m.	21. Juni	0,0567 »	0,0354 »	0,0071 »	0,0044 »
»	8 $\frac{1}{2}$ a. m. » 3 $\frac{1}{2}$ p. m.	»	0,0383 »	0,0306 »	0,0055 »	0,0044 »
»	3 $\frac{1}{2}$ p. m. » 1 $\frac{1}{2}$ a. m.	22. Juni	0,0475 »	0,0440 »	0,0047 »	0,0044 »
»	1 $\frac{1}{2}$ a. m. » 10 $\frac{1}{2}$ » »	»	0,0384 »	0,0390 »	0,0043 »	0,0043 »
»	10 $\frac{1}{2}$ » » 11 $\frac{1}{2}$ » »	23. Juni	0,0901 »	0,1015 »	0,0036 »	0,0041 »
»	11 $\frac{1}{2}$ » » 8 $\frac{1}{2}$ » »	24. Juni	0,0664 »	0,0820 »	0,0031 »	0,0039 »

Wir sehen somit die Athmungsintensität der jungen in Entwicklung begriffenen Sprossen  
stark und rasch sinken, während diejenige der ausgewachsenen unter denselben Versuchs-  
bedingungen fast constant bleibt. Diese eigenthümliche, schon in meiner russischen Schrift  
berührte Verschiedenheit zwischen wachsenden und ausgewachsenen Pflanzentheilen soll  
in einer späteren Abhandlung näher discutirt werden.

Am 24. Juni um 8 $\frac{1}{2}$  a. m. wurden beide Röhren dem Lichte bei einer Temperatur von  
19°—22° ausgesetzt und mehrmals kohlenensäurereiche Luft eingeblasen. Himmel bedeckt  
und nur zwischen 5—8 p. m. öfters unterbrochener Sonnenschein. Um 12 U. Nachts nahm  
ich die Zweige aus den Röhren heraus und liess sie die ganze Nacht im Freien stehen,  
wobei die Temperatur bis auf 11° sank. Am künftigen Tage wurden sie von 10 a. m. bis  
9 p. m.; an einem offenen Fenster, also ebenfalls in freier kohlenensäurearmer Luft stehend,  
den direkten Sonnenstrahlen (Himmel ganz klar) preisgegeben. Unter solchen Umständen  
war an eine physikalische Kohlensäureanhäufung im Gewebe nicht zu denken. Als nun um

9 p. m. beide Zweige wieder in die Röhren eingesperrt wurden und im Dunkeln bei einer Temperatur von 18,8°—19,0° athmen mussten, entwickelten sie folgende Kohlensäuremengen:

	I	II	I	II
Von 1 a. m. bis 10 a. m. 26. Juni	0,0314 Gr.	0,0740 Gr.	0,0035 Gr.	0,0082 Gr.

Während also nach einer Beleuchtungsperiode in freier Luft die jungen mit unentwickelten Nadeln besetzten Sprosse eine nur ganz unbedeutende (vielleicht nur scheinbare, durch die etwas höhere Versuchstemperatur hervorgerufene) Steigerung ihrer Athmungsintensität erfahren, finden wir letztere in den entwickelten Nadeln tragenden Zweigen zu einer doppelten Grösse gestiegen. Die Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens liegt auf der Hand. Offenbar konnten nur die entwickelten, nicht aber die in ihrer Scheide eingeschlossenen jungen Nadeln die Kohlensäure der freien Luft benutzen und zu neuem Athmungsma-terial verarbeiten.

Am 26. Juni um 10 a. m. wurden beide Versuchszweige abermals aus den Röhren entfernt und wie früher am offenen Fenster bis 9½ p. m. frei ausgestellt (ziemlich ununterbrochener Sonnenschein). Dann wieder verdunkelt. Temperatur diesmal langsam von 19° bis 21,5° steigend, später auf 20,5° sinkend.

	I	II	I	II
Von 12 N. bis 10 a. m. 27. Juni	0,0292 Gr.	0,0770 Gr.	0,0029 Gr.	0,0077 Gr.
» 10 a. m. » 3 p. m. »	0,0132 »	0,0354 »	0,0026 »	0,0071 »
» 3 p. m. » 2 a. m. 28. Juni	0,0316 »	0,0722 »	0,0029 »	0,0066 »
» 2 a. m. » 12 M. »	0,0288 »	0,0590 »	0,0029 »	0,0059 »
» 12 M. » 12 N. »	— »	0,0640 »	— »	0,0053 »
» 12 N. » 10 a. m. 29. Juni	— »	0,0485 »	— »	0,0048 »
» 10 a. m. » 12 N. »	— »	0,0621 »	— »	0,0044 »
» 12 N. » 12 M. 30. Juni	— »	0,0494 »	— »	0,0041 »
» 12 M. » 12 N. »	— »	0,0462 »	— »	0,0038 »
» 12 N. » 12 M. 1. Juli	— »	0,0418 »	— »	0,0035 »
» 12 M. » 12 N. »	— »	0,0383 »	— »	0,0032 »
» 12 N. » 9 a. m. 2. Juli	— »	0,0274 »	— »	0,0030 »

Als am 28. Juni mit dem Versuche I abgebrochen wurde, zeigte sich dass die Nadel-paare während desselben deutlich gewachsen waren, denn ihre Länge betrug jetzt circa 2½ Cm.

Ich kann nicht umhin, ohne auf einen unserer Grundfrage ferner liegenden aber auch höchst interessanten Punkt den Leser aufmerksam zu machen. Während die erste Beleuch-tungsperiode in dem vorliegenden Versuche die Athmungsintensität des ausgewachsenen Zweiges II stark erhöhte, erwies sich eine zweite unmittelbar darauf folgende als wirkungslos;

sie vermochte nur die Athmung ungefähr auf ihrer während der ersten Belichtung errungenen Höhe zu erhalten, nicht aber einen neuen Aufschwung derselben hervorzurufen. Es scheint somit, dass die Intensität der Athmung eines Pflanzentheiles durch Assimilation nur bis zu einer gewissen Grenze gesteigert werden kann. Wodurch diese Grenze bestimmt wird, bleibt zu untersuchen. Man könnte sich z. B. vorstellen, dass in einem mit Assimilationsprodukten überladenen Blatte die Assimilation auch unter den günstigsten Bedingungen ganz unterbleibt, so lange nicht ein Theil dieses Ueberschusses fortgeschafft oder durch Athmung verbraucht ist und dadurch so zu sagen Raum geschaffen wird. Andererseits wäre es auch wohl möglich dass die weitere Anhäufung von Kohlehydraten, wenn auch immer fortdauernd, von einem gewissen Grade an keine weitere Steigerung der Athmungsintensität verursacht, was auf eine nur mittelbare Betheiligung der Kohlehydrate im Athmungsprocesse hinweisen würde. Ich hoffe nächstens im Stande zu sein diese theoretisch wichtige Frage experimentell näher zu prüfen.

### Versuch 10.

Am 29. Mai (1879) werden um 12 U. M. drei frisch abgeschnittene und geköpfte, d. h. ihres oberen jüngeren Theiles beraubte, Langsprosse von *Crataegus oxyacantha*, im Ganzen 14 Blätter tragend, in eine Röhre eingeschlossen und im Dunkeln ein Luftstrom durchgeleitet. Temperatur 25,1°—25,8°.

	Kohlensäure in Grammen.	
	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 1½ p. m. bis 8 p. m. 29. Mai.....	0,1188 Gr.	0,0182 Gr.
» 8 » » 11 » » .....	0,0480 »	0,0160 »
» 11 » » 12 M. 30. Mai.....	0,1500 »	0,0116 »
» 12 M. » 4 p. m. » .....	0,0328 »	0,0082 »
» 4 p. m. » 11 p. m. » .....	0,0492 »	0,0070 »
» 11 p. m. » 8½ a. m. 31. Mai.....	0,0592 »	0,0062 »
» 8½ a. m. » 8½ p. m. » .....	0,0600 »	0,0050 »
» 8½ p. m. » 11½ a. m. 1. Juni .....	0,0640 »	0,0042 »

Nun werden die ganz frisch ausschenden Zweige aus der Röhre gezogen und am offenen Fenster in freier Luft sich selbst überlassen bis zum 5. Juni 11 a. m., wo die früheren Versuchsbedingungen wieder hergestellt werden. Während dieser Tage war das Wetter meistens trübe.

Von 1½ p. m. bis 5½ p. m. 5. Juni .....	0,0594 Gr.	0,0149 Gr.
» 5½ » » 10½ » » .....	0,0654 »	0,0131 »
» 10½ » » 10½ a. m. 6. Juni .....	0,1212 »	0,0101 »
» 10½ a. m. » 11½ p. m. » .....	0,0918 »	0,0071 »

Die Zweige sind noch immer frisch, und nur hie und da bemerkt man an den Blättern braune Fleckchen.

Ein längeres Verweilen in freier Luft steigert somit die im Dunkeln vorher stark abgeschwächte Athmung auffallend.

**Versuch 11 (Fig. 1).**

Am 9. Juli (1880) wurden um 5 $\frac{1}{2}$  p. m. in die Röhre I und II je zwei frisch geschnittene begrenzte, d. h. an ihrem Ende nicht weiter wachsende, Sprosse von *Crataegus* eingeschlossen. Jede Röhre enthält 14 Blätter. Temperatur 25,0°—25,4° und nur am letzten Tage (15. Juli) traten bedeutendere Schwankungen ein (24,6°—26,0°). Es wurde in diesem Versuche mit Absicht die Luft durch die beiden Apparate mit verschiedener Geschwindigkeit durchgeleitet; die Röhre I erhielt  $\frac{1}{2}$  Liter, Röhre II — 6 Liter in der Stunde. Die Kohlensäure wurde in beiden Fällen durch Natronkalk absorbiert.

		Kohlensäure in Grammen.				
		Absolut.		In 1 Stunde.		
		I	II	I	II	
Von 6 $\frac{1}{2}$ p. m. bis	7 $\frac{1}{2}$ p. m.	9. Juli	0,0102 Gr.	0,0122 Gr.	0,0102 Gr.	0,0122 Gr.
» 7 $\frac{1}{2}$ » »	8 $\frac{1}{2}$ » »	»	0,0104 »	0,0126 »	0,0104 »	0,0126 »
» 8 $\frac{1}{2}$ » »	11 $\frac{1}{4}$ » »	»	0,0238 »	0,0300 »	0,0086 »	0,0109 »
» 11 $\frac{1}{4}$ » »	9 $\frac{1}{4}$ a. m.	10. Juli	0,0764 »	0,0936 »	0,0076 »	0,0094 »

Wie aus der (auf 100 reducirten, s. oben) Figur ersichtlich ist, bleibt die verschiedene Geschwindigkeit des Luftstroms ohne merklichen Einfluss auf den Gang der Athmung. Würde es sich um mechanisch absorbierte Kohlensäure handeln, so müsste das Resultat ein anderes sein und der raschere Strom jedenfalls einen rascheren Abfall und eine steilere Senkung der Athmungs-Kurve hervorrufen.

Am 10. Juli wurden um 9 $\frac{1}{4}$  a. m. die Zweige den Röhren entzogen und I offen im Zimmer stehend dem Lichte ausgesetzt, (die ganze Zeit trübe) während II mit einem geräumigen undurchsichtigen Recipienten überdeckt wurde.

Da unter letzterem sich kein kohlensäureabsorbirendes Mittel befand, verweilte der verdunkelte Zweig II in einer an Kohlensäure reicheren Atmosphäre als I. Am 11. Juli wurden um 4 p. m. die Zweige wieder in ihre Röhren eingeführt und die früheren Versuchsbedingungen hergestellt.

		I	II	
Von 5 p. m. bis	6 p. m.	11. Juli	0,0082 Gr.	0,0060 Gr.
» 6 » »	7 » »	»	0,0076 »	0,0058 »

Es kamen nun wieder I offen ans Licht (ebenfalls trübe), II unter den Recipienten bis zum 12. Juli zu stehen, wo um 6 p. m. die frühere Versuchsanordnung abermals hergestellt wurde.

	I.	II.	I.	II.
Von 7 p. m. bis 8 p. m. 12. Juli	0,0078 gr.	0,0038 gr.	0,0078 gr.	0,0038 gr.
» 8 » » 10 » 12. »	0,0156	0,0070	0,0078	0,0035

Nochmals wie früher ausgestellt und erst am 14. Juli 7 $\frac{1}{2}$  p. m. (fast die ganze Zeit trübe) wieder in die Röhren eingesperrt.

Von 9 p. m. bis 11 $\frac{1}{2}$ p. m. 14. Juli	0,0222 gr.	0,0082 gr.	0,0089 gr.	0,0033 gr.
-------------------------------------------------	------------	------------	------------	------------

Da die Grösse meines Aspirators es nicht gestattete in II einen Strom von 6 Liter die ganze Nacht durch zu unterhalten, so wurde derselbe verlangsamt und erst von 9 a. m. an die normale Geschwindigkeit hergestellt.

	I	II	I	II
Von 9 $\frac{3}{4}$ a. m. bis 2 $\frac{3}{4}$ p. m. 15. Juli	0,0312 gr.	0,0120 gr.	0,0062 gr.	0,0024 gr.
» 2 $\frac{3}{4}$ p. m. » 6 $\frac{1}{2}$ » 15. »	0,0182	0,0086	0,0048	0,0023

Wir sehen somit, dass ein zweites Verweilen am Lichte, sogar unter der Assimilation wenig günstigen Bedingungen (schwache Beleuchtung, wenig Kohlensäure) dennoch im Stande war die Athmungsintensität volle sechs Tage lang wenigstens auf ihrer Anfangshöhe nahezu zu erhalten; während im Dunkeln ein stetiger Abfall beobachtet wird.

Es folgen nun zwei Versuche, die uns zeigen sollen, dass nach einer Beleuchtungsperiode nicht nur die Kohlensäureausscheidung, sondern auch die nach Wolkoff u. Mayer's Methode gemessene Sauerstoffabsorption gesteigert wird.

### Versuch 12. (Fig. 2.)

Am 24. Mai (1879) wird um 3 p. m. in zwei calibrierte 100 Ccm. fassende Absorptionsröhren je ein unbegrenzt wachsendes Sprossende von *Crataegus* eingeführt; dieselben sind grösseren Zweigen entnommen, die vor drei Tagen im Freien geschnitten, seitdem in einem dunklen Zimmer offen stehend verweilten. Beide Röhren verdunkelt und mit Kalilösung beschickt.

	Normalvolumina der Luft.	Volumenabnahme.				
		I	II	In 1 Stunde.		
		I	II	I	II	
24. Mai 3 $\frac{1}{2}$ p. m. 18,9°	83,31 C.c. 82,65 C.c.	}	1,51 C.c.	1,30 C.c.	0,43 C.c.	0,37 C.c.
24. » 7 » 18,9	81,80 81,35		1,83	1,77	0,33	0,32
24. » 12 $\frac{1}{2}$ N. 18,5	79,97 79,58		2,40	2,44	0,25	0,25
25. » 10 a. m. 18,1	77,57 77,14		1,05	1,06	0,21	0,21
25. » 3 p. m. 18,1	76,52 76,08		3,21	3,27	0,20	0,20
26. » 7 $\frac{1}{4}$ a. m. 17,4	73,31 72,81					

Nun wird I aus der Röhre extrahirt und unter einer Glasglocke in kohlensäurereicher Luft, wo er bis 5½ p. m. verweilt, belichtet (Himmel klar). In die Röhre II wird unterdessen eine neue Sauerstoffmenge eingeführt.

				I	II	I	II
26. Mai	8 a. m.	17,4°	— C.c. 83,30 C.c.	}	— C.c. 1,25 C.c.	— C.c. 0,18 Cc.	
26. »	3 p. m.	18,0	— 82,05		— 0,75	— 0,21	
26. »	6½ »	18,2	82,24 81,30		3,12	1,28	0,48 0,20
27. »	1 a. m.	18,0	79,12 80,02		4,27	1,87	0,45 0,19
27. »	10½ »	17,9	74,85 78,15				

**Versuch 13.**

Am 28. Mai (1879) werden um 11 a. m. in eine calibrirte Absorptionsröhre zwei frisch abgeschnittene Zweigstücke von *Crataegus*, jedes zwei ziemlich weit entwickelte Blätter tragend, wie im Versuch 12 eingeschlossen.

				Volumenabnahme.		
Normalvolumina.				Absolut.	In 1 Stunde.	
28. Mai	11½ a. m.	18,2°	82,71 C. c.	}	0,91 C. c.	
28. »	12½ »	18,3	81,80		9,56	1,00
28. »	10 p. m.	18,5	72,24			

Sauerstoff eingeführt.

28. Mai	12 N.	18,5°	85,29 C. c.	}	6,48 C. c.	0,68 C. c.
29. »	9½ a. m.	18,1	78,81		1,71	0,45
29. »	1½ p. m.	18,2	77,10		2,22	0,32
29. »	8½ »	18,4	74,88			

Abermals Sauerstoff eingeführt.

29. Mai	9¼ p. m.	18,4°	86,04 C. c.	}	3,97 C. c.	0,32 C. c.
30. »	9¾ a. m.	17,7	82,07			

Von 10 a. m. bis 4½ p. m. verweilen die Zweigstücke wie im vorigen Versuche am Lichte (klar) in kolensäurereicher Luft.

30. Mai	5	p. m.	19,0°	82,64 C. c.	} 2,62 C. c.	} 0,75 C. c.		
30. »	8 $\frac{1}{2}$	»	19,0	80,02				
30. »	11 $\frac{1}{2}$	»	18,9	77,73			} 2,29	} 0,76
31. »	9	a. m.	18,6	71,96			} 5,77	} 0,61

Jetzt wollen wir den Versuch so anstellen, wie es Rischawi that und wollen prüfen ob wirklich ein Verweilen in kohlendäurereicher Luft auch bei Abschluss des Lichtes dasselbe liefert wie bei Einwirkung desselben.

#### Versuch 14. (Fig. 3.)

Am 20. Mai (1879) werden um 3 p. m. in die Röhren I und II je vier frisch im Freien geschnittene unbegrenzte Sprosse von *Crataegus* eingeführt. Temperatur 24,8° — 25,5°.

				Kohlensäure in Grammen.			
				Absolut.		In 1 Stunde.	
				I	II	I	II
Von 6	p. m.	bis 9	p. m. 20. Mai	0,0352	?	0,0117	?
» 9	»	» 12 $\frac{1}{2}$	N. 20. »	0,0438	0,0506	0,0125	0,0144
» 12 $\frac{1}{2}$	N.	» 10	a. m. 21. »	0,0866	0,1020	0,0091	0,0107
» 10	a. m.	» 2	p. m. 21. »	0,0264	0,0322	0,0066	0,0080
» 2	p. m.	» 7 $\frac{1}{2}$	» 21. »	0,0304	0,0386	0,0055	0,0070
» 7 $\frac{1}{2}$	»	» 11 $\frac{1}{2}$	» 21. »	0,0190	0,0228	0,0048	0,0057
» 11 $\frac{1}{2}$	»	» 9	a. m. 22. »	0,0400	0,0494	0,0042	0,0052

Sämmtliche Sprosse sehen frisch aus und sind bedeutend gewachsen. Nun werden die Sprossen II aus der Röhre entfernt und unter einer Glasglocke ans Licht gestellt (Himmel bedeckt). Röhre I dagegen bleibt an ihrem Platze stehen, aber der Luftstrom wird unterbrochen. Sowohl unter die Glocke, als in die Röhre I wird mehrmals kohlendäurereiche Luft eingeblasen. Um 6 p. m. kommt II wieder in die Röhre, aus I wird die kohlendäurereiche Luft durch frische vertrieben und nun die von beiden Versuchsobjecten gelieferten Kohlendäuremengen wie früher bestimmt.

				I	II	I	II
Von 8	p. m.	bis 11 $\frac{1}{2}$	p. m. 22. Mai	0,0122	0,0218	0,0035	0,0062
» 11 $\frac{1}{2}$	»	» 8	a. m. 23. »	0,0262	0,0438	0,0032	0,0052

Alle Sprosse durchaus frisch. Abermals verweilt I in kohlendäurereicher Luft im Dunkeln, II — am Lichte (trübe) bis 5 p. m.

Von 6 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 11 $\frac{1}{2}$ p. m. 23. Mai	0,0132	0,0298	0,0026	0,0060
» 11 $\frac{1}{2}$ » » 8 $\frac{1}{2}$ a. m. 24. »	0,0216	0,0470	0,0024	0,0052

In I lassen sich auf den jüngeren Blättern stellenweise braune Fleckchen bemerken, II dagegen hat ein durchaus gesundes Aussehen. Nun wird, umgekehrt, I ans Licht gestellt, während II eine kohlenstoffreiche Luft im Dunkeln genießt. Himmel anfangs bedeckt, aber zwischen 12 und 3 Uhr fast ununterbrochener Sonnenschein. Um 6 $\frac{1}{2}$  p. m. werden die früheren Versuchsbedingungen hergestellt.

Von 8 p. m. bis 11 $\frac{1}{2}$ p. m. 24. Mai	0,0156	0,0132	0,0044	0,0038
» 11 $\frac{1}{2}$ » » 9 $\frac{1}{2}$ a. m. 25. »	0,0316	0,0302	0,0032	0,0030

**Versuch 15.** (Fig. 4.)

Am 6. Juni (1879) wird um 2 $\frac{1}{2}$  p. m. in zwei calibrierte Absorptionsröhren je ein frisch im Freien geschnittenes begrenztes Sprossstück von *Crataegus* eingeführt, das in I — drei, in II — vier Blätter besitzt von denen das oberste noch jung und nicht ausgewachsen ist.

	Normalvolumina.	Volumenverringern.					
		Absolut.		In 1 Stunde.			
		I	II	I	II		
6. Juni 3 p. m. 17,9°	87,42 C.c.	88,26 C.c.	} 5,0 C.c.	5,19 C.c.	0,60 C.c.	0,63 C.c.	
6. » 11 $\frac{1}{4}$ » 18,1	82,42	83,07		4,75	4,84	0,45	0,46
7. » 9 $\frac{3}{4}$ a. m. 18,0	77,67	78,23					

Um 10 $\frac{1}{2}$  a. m. werden beide Versuchsobjecte aus den Absorptionsröhren entfernt und in viel geräumigere Glasrecipienten übertragen, wobei der eine (II enthaltend) durch Umwicklung mit Stanniol undurchsichtig gemacht wird. Beide Recipienten tauchen in ein gemeinsames, mit Wasser angefülltes am Fenster stehendes Glasgefäß. Es wird in beide von Zeit zu Zeit kohlenstoffreiche Luft eingeblasen. Himmel klar. Die Temperatur des Wassers steigt an der Sonne um 1 p. m. auf 29°, dann wird aber das Wasser erneuert und erwärmt sich bis 5 p. m. bloss auf 23°. Um 5 $\frac{1}{2}$  p. m. kommen die Zweige wieder in die Absorptionsröhren.

	Normalvolumina.	Volumenverringern.					
		I	II	I	II		
7. Juni 5 $\frac{3}{4}$ p. m. 19,5°	86,85 C.c.	86,26 C.c.	} 1,44 C.c.	0,85 C.c.	0,48 C.c.	0,28 C.c.	
7. » 8 $\frac{3}{4}$ » 19,5	85,41	85,41		1,41	0,81	0,56	0,32 <sup>1)</sup>
7. » 11 $\frac{1}{4}$ » 19,6	84,00	84,61		5,00	2,52	0,48	0,24
8. » 9 $\frac{3}{4}$ a. m. 19,4	79,00	82,09					

1) Ueber die Natur dieses Zackens (vergl. die Figur) weiss ich nichts anzugeben.

Von 10 a. m. bis 5 $\frac{1}{4}$  p. m. werden die Versuchszweige wie das erste Mal behandelt, also I im Lichte, II im Dunkeln mit kohlen säurereicher Luft versehen. Himmel ziemlich klar. Die Temperatur des Wassers steigt bis auf 30°.

				I	II	I	II	
8. Juni	5 $\frac{3}{4}$ p. m.	20,4°	86,08 C.c.	86,91 C.c.	} 2,38 C.c.	} 0,52 C.c.	} 0,48 C.c.	} 0,21 C.c.
8. »	8 $\frac{1}{4}$ »	20,5	84,89	86,39				
8. »	11 $\frac{1}{4}$ »	20,5	83,34	85,74				
9. »	7 $\frac{3}{4}$ a. m.	20,1	79,63	84,29				

Nun wird der Versuchszweig II, der bisher im Dunkeln verweilte, ans Licht gestellt und mit Kohlensäure versehen, während I im Absorptionsrohre im Dunkeln stehen bleibt. Am 11. Juni wird um 10 $\frac{1}{2}$  a. m. II wieder in das Absorptionsrohr versetzt und in I frische Luft eingeführt.

					I	II	I	II
11. Juni	10 <sup>h</sup> 35' a.m.	19,5°	88,09 C.c.	86,61 C.c.	} 1,00 C.c.	} 2,91 C.c.	} 0,13 C.c.	} 0,38 C.c.
11. »	6 $\frac{1}{4}$ p. m.	19,5	87,09	83,70				
11. »	11 »	19,5	86,51	81,96				
12. »	12 $\frac{1}{2}$ »	19,1	84,91	77,39				

Es werden jetzt beide Zweige am offenen Fenster frei ausgestellt und erst am 19. Juni 6 $\frac{1}{2}$  p. m. wieder in die Absorptionsröhren eingeschlossen.

19. Juni	8 p. m.	19,0°	86,89 C.c.	87,38 C.c.	} 4,84 C.c.	} 5,58 C.c.	} 0,26 C.c.	} 0,30 C.c.
20. »	2 $\frac{1}{2}$ »	18,4	82,05	81,80				

Die Blätter scheinen ganz frisch zu sein.

### Versuch 16.

Am 14. Juni (1880) werden um 9 a. m. in die Röhren I und II je drei frisch abgeschnittene 1—3-jährige Zweigstücke von *Larix europaea*, lauter Kurzzweige tragend, eingeführt. Temperatur während des ersten Versuchstages sehr constant 24,2°, am Morgen des 15. Juni 24,7°, dann allmählich auf 23,8° fallend.

					Kohlensäure in Grammen.			
					I	II	I	II
Von 11	a. m. bis	2 p. m.	14. Juni	0,0162	0,0240	0,0054	0,0080	
»	2 p. m.	» 7	» 14. »	0,0286	0,0414	0,0057	0,0083	
»	7	»	11 $\frac{1}{2}$ » 14. »	0,0268	0,0390	0,0059	0,0087	

	I	II	I	II
Von 11 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 8 $\frac{1}{2}$ a. m. 15. Juni	0,0562	0,0872	0,0062	0,0097
» 8 $\frac{1}{2}$ a. m. » 9 $\frac{1}{2}$ p. m. 15. »	0,0636	0,1020	0,0049	0,0078
» 9 $\frac{1}{2}$ p. m. » 1 » 16. »	0,0604	0,0932	0,0039	0,0060
» 1 » » 6 $\frac{1}{2}$ » 16. »	0,0196	0,0288	0,0036	0,0052

Nun werden die Zweige II aus der Röhre entfernt und unter einer Glasglocke ans Licht gestellt, wo sie den ganzen folgenden Tag und die Morgenstunden des 18. Juni mit kohlenstoffreicher Luft durch Einblasen mehrmals gespeist verbringen. Unterdessen bleibt I wie früher in der Röhre im Dunkeln eingeschlossen, der Luftstrom wird aber unterbrochen und kohlenstoffreiche Luft öfters eingeblasen. Erst um 12 $\frac{3}{4}$  M. am 18. Juli wird beiderseits die frühere Versuchsanordnung hergestellt. Temperatur constant 24,2°.

	I	II	I	II
Von 2 p. m. bis 5 p. m. 18. Juni	0,0106	0,0200	0,0035	0,0067
» 5 » » 9 $\frac{1}{2}$ » 18. »	—	0,0266	—	0,0059
» 5 » » 12 N. 18. »	0,0224	—	0,0032	—
» 9 $\frac{1}{2}$ » » 10 $\frac{1}{2}$ a. m. 19. »	—	0,0646	—	0,0050
» 12 N. » 10 $\frac{1}{2}$ » 19. »	0,0328	—	0,0031	—

**Versuch 17.** (Fig. 5).

Am 29. Juli (1880) werden um 10 $\frac{1}{2}$  a. m. in die Röhren I und II je drei frisch geschnittene 1—2-jährige Zweigstücke von *Larix europaea*, nur Kurzweige tragend, eingesperret. Temperatur 28,6°—29,2°.

	Kohlensäure in Grammen.			
	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I	II	I	II
Von 11 $\frac{1}{2}$ a. m. bis 2 $\frac{1}{2}$ p. m. 29. Juli	0,0200	0,0210	0,0067	0,0070
» 2 $\frac{1}{2}$ p. m. » 6 $\frac{1}{2}$ » 29. »	0,0258	0,0268	0,0065	0,0067
» 6 $\frac{1}{2}$ » » 12 $\frac{1}{2}$ N. 29. »	0,0358	0,0372	0,0060	0,0062
» 12 $\frac{1}{2}$ N. » 10 a. m. 30. »	0,0528	0,0552	0,0056	0,0058

Nun kommt Röhre I in ein grosses Wasserreservoir eingetaucht ans Licht. Nur zwischen 12 und 2 Uhr wird der Sonnenschein durch Wolken unterbrochen. Die Temperatur des Wassers steigt bis auf 35°. Die Röhre II bleibt im Dunkeln bei der Versuchstemperatur. Beide Röhren werden durch Einathmen mehrmals mit Kohlensäure gespeist. Um 6. p. m. wird der Aspirator wieder in Gang gesetzt.

	I	II	I	II
Von 7 p. m. bis 9 p. m. 30. Juli	0,0192	0,0124	0,0096	0,0062
» 9 » » 11 $\frac{1}{2}$ » 30. »	0,0232	0,0144	0,0093	0,0057
» 11 $\frac{1}{2}$ » » 9 a. m. 31. »	0,0741	0,0474	0,0078	0,0050

Jetzt kommt I abermals wie früher ans Licht, während II im Dunkeln verbleibt, beide in kohlenstoffreicher Luft. Meistens ununterbrochener Sonnenschein und die Temperatur des äusseren Wassers erhebt sich bei I bis auf 40°. Um 6 $\frac{3}{4}$  p. m. werden die früheren Versuchsbedingungen hergestellt.

	I	II	I	II
Von 8 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 1 a. m. 1. Aug.	0,0466	0,0220	0,0104	0,0049
» 1 a. m. » 11 $\frac{1}{4}$ » 1. »	0,0856	0,0468	0,0076	0,0042

Nun wird umgekehrt I im Dunkeln gelassen, während II ans Licht kommt, wobei die Röhren wie früher behandelt werden. Himmel bis 4 p. m. klar, dann wolkig. Das Wasser in II erwärmt sich bis auf 35°. Um 6 $\frac{1}{2}$  p. m. beginnt die Aspiration wieder.

	I	II	I	II
Von 7 $\frac{1}{2}$ p. m. bis 12 $\frac{1}{2}$ N. 1. Aug.	0,0316	0,0338	0,0063	0,0068
» 12 $\frac{1}{2}$ N. » 11 a. m. 2. »	0,0574	0,0618	0,0055	0,0060

### Versuch 18 (Fig. 6.)

Am 4. Juli (1880) werden um 9 a. m. in die Röhren I und II je zwei frisch abgeschnittene und geköpfte Sprosse von *Crataegus*, jeder 5 entwickelte Blätter tragend, eingeführt. Wie oben in Versuch 11 wird auch hier mit Absicht in I ein langsamer ( $\frac{1}{2}$  Liter in einer Stunde), in II ein rascherer (6 Liter) Luftstrom unterhalten. Temperatur am ersten Versuchstage 26,6°—27,0°, später dagegen 25,0°—25,2°. Die Kohlensäure wird durch Natronkalk absorbiert.

	Kohlensäure in Grammen.			
	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I	II	I	II
Von 10 a. m. bis 12 $\frac{1}{2}$ M. 4. Juli	0,0270	0,0312	0,0108	0,0125
» 12 $\frac{1}{2}$ M. » 3 p. m. 4. »	0,0220	0,0254	0,0088	0,0102
» 3 p. m. » 5 $\frac{1}{2}$ » 4. »	0,0192	0,0234	0,0077	0,0093
» 5 $\frac{1}{2}$ » » 7 $\frac{1}{2}$ » 4. »	0,0140	0,0166	0,0070	0,0083
» 7 $\frac{1}{2}$ » » 1 a. m. 5. »	0,0362	0,0412	0,0066	0,0075

Die Nacht verbringen die Versuchszweige in ihren Röhren ohne Luftstrom und erst am folgenden Morgen wird derselbe in beiden Apparaten und zwar mit gleicher (unbedeutender) Geschwindigkeit hergestellt. Am 7. Juli kommt um 9 $\frac{1}{2}$  a. m. die frühere verschie-

dene Geschwindigkeit des Luftstromes wieder zu Stande und es wird an die Bestimmung der nun ausgehauchten Kohlensäure geschritten.

	I	II	I	II
Von 11 a. m. bis 2 p. m. 7. Juli	0,0070	0,0078	0,0023	0,0026
» 2 p. m. » 5 » 7. »	0,0068	0,0074	0,0023	0,0025

Nun wird das Spiel der Aspiratoren wieder unterbrochen und in beide Röhren mehrmals kohlenäurereiche Luft eingeathmet. Volle 24 Stunden verbringen die Versuchszweige in dieser Atmosphäre im Dunkeln. Um 5 p. m. des 8. Juli wird während 5 Minuten in beiden Röhren ein sehr rascher Luftstrom unterhalten um die kohlenäurereiche Luft mit reiner zu ersetzen, dann die frühere verschiedene Geschwindigkeit wieder hergestellt und nach weiteren 5 Minuten an die Bestimmung der entwickelten Kohlensäure geschritten.

	I	II	I	II
Von 5 <sup>h</sup> 20' p. m. bis 6 <sup>h</sup> 20' p. m. 8. Juli	—	—	0,0020	0,0036
» 6 20 » » 8 20 » 8. »	0,0048	0,0046	0,0024	0,0023
» 8 20 » » 11 40 » 8. »	0,0068	0,0078	0,0020	0,0023
» 11 40 » » 9 10 a. m. 9. »	0,0164	0,0200	0,0117	0,0020

Jetzt werden die Sprosse I offen im Zimmer ans Licht gestellt, während II unter einem undurchsichtigen Recipienten in Gegenwart von Kalilösung verweilen. Als am 14. Juli um 2 p. m. die Versuchszweige wieder in die Röhren eingeführt wurden lieferten sie an Kohlensäure

Von 3 p. m. bis 6 p. m. 14. Juli	0,0172	0,0060	0,0057	0,0020
----------------------------------	--------	--------	--------	--------

Noch schöner als in Versuch 11 (s. oben) tritt hier die Unabhängigkeit der Athmungscurve von der Geschwindigkeit des Luftstroms auf. Wie aus der Figur ersichtlich ist, fallen beide Curven, sobald sie auf denselben Maassstab zurückgeführt werden, durchaus mit einander zusammen.

Die fünf eben angeführten Versuche, welche für zwei so verschieden organisirte Pflanzen wie *Crataegus* und *Larix* durchaus übereinstimmende Resultate liefern, zeigen zur Genüge, dass ein Verweilen in kohlenäurereicher Luft (wenigstens wenn der Gehalt derselben an Kohlensäure nicht circa 7% übersteigt, wie es für die Expirationsluft der Fall ist) im Dunkeln keineswegs, wie Rischawi will, eine Steigerung der Athmungsintensität zur Folge hat, wie sie bei Einwirkung des Lichtes sogar in einer viel reineren Luft regelmässig eintritt. Offenbar kommt es nicht auf die Kohlensäure als solche an, sondern nur auf ihre Zerlegung im Lichte. Es kommt zwar vor, dass die belichtete und die verdunkelte Pflanze sich wirklich gleich verhalten, aber nur wenn aus irgend welchen Gründen auch das Licht keine Erhöhung der Athmungsintensität verursacht. Als Beispiel diene

## Versuch 19.

Am 27. Mai (1879) wird um 3 p. m. in die Absorptionsröhren I und II je ein Zweiglein von *Crataegus* eingeführt, das noch am 21. Mai von der Pflanze abgetrennt und seitdem im Dunkeln aufbewahrt wurde. Die Blätter fangen schon an an ihren Rändern braun zu werden.

		Normalvolumina.		Volumenabnahme.				
		I	II	Absolut.		In 1 Stunde.		
		I	II	I	II	I	II	
27. Mai	5 p. m.	18,4°	82,95 C.c.	84,35 C.c.	} 2,25 C.c.	} 2,76 C.c.	} 0,32 C.c.	} 0,39 C.c.
27. »	12 N.	18,3	80,70	81,59				
28. »	9 a. m.	18,0	78,38	78,95				

Um 10 a. m. werden die Versuchszweige in breiteren Glasröhren eingeschlossen und mit Kohlensäure mehrmals durch Einathmen gespeist in einer grossen Wasserschüssel ans Fenster gestellt, wobei I das Licht geniesst, II dagegen verdunkelt bleibt. Himmel bedeckt. Temperatur des Wassers nicht über 25°. Um 11 $\frac{1}{2}$  p. m. kommt die frühere Versuchsanordnung zu Stande.

		I		II		I		II	
		I	II	I	II	I	II	I	II
28. Mai	12 $\frac{1}{4}$ N.	18,5°	85,00 C.c.	83,52 C.c.	} 2,03 C.c.	} 1,83 C.c.	} 0,22 C.c.	} 0,20 C.c.	
29. »	9 $\frac{1}{4}$ a. m.	18,1	82,97	81,69					

Wahrscheinlich war nach wochenlangem Verbleiben im Dunkeln die Assimilationsfähigkeit der Blätter ausserordentlich geschwächt. Auf einen Ueberrest derselben scheint die kleinere Verringerung der Athmungsintensität im belichteten Zweige hinzudeuten.

Es bleibt jetzt nur übrig die Ursache des auffallenden Widerspruchs zwischen den von mir einerseits und Rischawi bei scheinbar gleicher Versuchsanordnung andererseits erhaltenen Resultaten wenn möglich aufzuklären. So lange dies nicht gelungen ist, bleibt an der Sache doch etwas Dunkles und, wenn auch unbegründete, Zweifel erregendes haften. Es ist ja keineswegs anzunehmen, dass Herr Rischawi sich einfach getäuscht hätte. Das wäre das Letzte, zu dem man Zuflucht nehmen müsste, wenn im schlimmsten Falle alle anderen Erklärungsweisen durchaus fehlten. Solche Täuschungen kommen wohl hin und wieder vor, aber meistens beruhen irriige Angaben nicht auf ihnen. Ich zweifle daher keinen Augenblick daran, dass Herr Rischawi wirklich im Dunkeln dieselbe Athmungssteigerung wie im Lichte beobachtet hat. Woher diese Differenz? Da, wie oben bemerkt, alle näheren Angaben über die Versuchsbedingungen bei Rischawi fehlen, so bin ich freilich auf blosser Vermuthungen verwiesen, dieselben werden aber, wie ich hoffe, für den Leser durch die weiter angeführten Experimente einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erhalten.

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass neben der nunmehr, wie ich glaube,

zur Genüge festgestellten Steigerung der Athmungsintensität durch Assimilation, auch eine einfach physikalische Absorption von Kohlensäure seitens eines in kohlensäurereicher Luft verweilenden Pflanzentheils jedenfalls anzunehmen ist. Dass mir dieselbe schon zur Zeit meiner ersten Versuche nicht unbekannt sein konnte, erhellt zur Genüge daraus, dass ich selbst in einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> eine solche Kohlensäureaufspeicherung an keimenden Samen durch direkte Versuche festgestellt habe. Ich stellte zwei graduirte Absorptionsröhren, von denen jede einen keimenden Samen (*Phaseolus multiflorus*) enthielt, nebeneinander, sperrte die Luft mit Quecksilber ab, und führte in die eine der Absorptionsröhren gleich bei Beginn des Versuchs Kalilösung ein. Dann blieben die Röhren während mehrerer Stunden im Dunkeln stehen. Bei dieser Versuchsanordnung verweilte also der eine Keimling in einer kohlensäurefreien Atmosphäre, der andere dagegen in einer Luft die durch seine Athmung an Kohlensäure immer reicher wurde. Als ich nun die Luft in beiden Röhren rasch erneuerte und wieder mit Quecksilber abspernte, so trat in der ersten Röhre eine Volumverminderung, in der zweiten eine Volumvergrößerung ein. Es diffundirte offenbar die vorher im Samengewebe festgehaltene Kohlensäure jetzt in die umgebende Luft. Solche Versuche zeigten mir aber auch, wie rasch die physikalisch absorbirte Kohlensäure in reiner Luft wieder ausgeschieden wird. Die eben erwähnte Volumvergrößerung ist nur während der ersten Stunde, meistens sogar der ersten Halbstunde nach der Erfrischung der abgesperrten Luft zu beobachten. Eben desshalb liess ich sowohl bei meinen früheren, als auch bei den späteren Versuchen, wie aus ihrer Beschreibung sich ergibt, nach dem Verweilen der Versuchszweige in kohlensäurereicher Luft und der Wiederherstellung der primitiven Versuchsanordnung zunächst 1—2 Stunden verstreichen, ehe ich an die neuen Bestimmungen der entwickelten Kohlensäure schritt; während dieser Zeit musste, nach Analogie mit den früher an keimenden Samen angestellten Versuchen zu schliessen, die physikalisch aus kohlensäurereicher Luft absorbirte Kohlensäure wieder ausgehaucht werden. Es ist daher zu beachten dass die oben angeführten Versuche, in denen ein mehrstündiges Verweilen in kohlensäurereicher Luft im Dunkeln ohne jede Wirkung auf die später in reiner Luft entwickelten Kohlensäuremengen zu sein scheint, keineswegs die Möglichkeit einer physikalischen Absorption von Kohlensäure überhaupt ausschliessen; nur gegen eine dauernde Einwirkung derselben sprechen sie ganz entschieden. Schon im Versuch 18 ist eine rasch vorübergehende Steigerung der ausgehauchten Kohlensäuremenge nach einer Dunkelperiode zu beobachten. Ganz unzweideutig tritt aber dieselbe erst in den folgenden Versuchen auf, in denen mit Absicht eine an Kohlensäure procentisch viel reichere Luft angewandt wurde.

#### Versuch 20.

Am 30. Mai (1879) wurde um 5 p. m. in zwei graduirte Absorptionsröhren je ein frisch abgeschnittenes Sprossende von *Crataegus* eingeschlossen, die Luft mit Quecksilber

1) J. Borodin. Sur la respiration des plantes pendant leur germination. Actes du Congrès Bot. Internat. de Florence 1875.

abgesperrt und dann Kohlensäure eingeführt. Das Volumen der Luft war vor der Beschickung mit Kohlensäure in I — 70,2 C. c., in II — 71,6 C. c., nach derselben in I — 83,5 C. c., in II — 88,3 C. c. Die Luft enthielt daher in I — 16%, in II — fast 19% Kohlensäure. Jetzt wurde I ins Dunkel gestellt, II kam dagegen ans Licht, wo sie bis zum folgenden Abend verblieben. Um 8 p. m. wurde die Luft in beiden Röhren rasch erneuert, mit Quecksilber abgesperrt, beide Apparate in dasselbe Gefäß mit Wasser versenkt und nun die Veränderungen der Luftvolumina cathetometrisch beobachtet.

	Normalvolumina.		Volumenänderung.			
	I	II	Partiell.		Total.	
			I	II	I	II
31. Mai 8 <sup>h</sup> 10' p. m. 19,2°	78,30 C.c.	77,78 C.c.	+0,10	0,00	+0,10	0,00
31. » 8 20 » 19,2	78,40	77,78	+0,10	—0,05	+0,20	—0,05
31. » 9 5 » 19,2	78,50	77,73	—0,11	—0,18	+0,09	—0,23
31. » 11 45 » 19,1	78,39	77,55	—0,58	—0,34	—0,49	—0,57
1. Juni 10 a. m. 18,6	77,81	77,21				

### Versuch 21.

Am 2. Juni (1879) wird um 9<sup>3</sup>/<sub>4</sub> a. m. in zwei Absorptionsröhren je ein frisches Sprossende von *Crataegus* eingeschlossen und die Luft mit Quecksilber abgesperrt, ohne weder Alkali, noch Wasser einzuführen.

	Normalvolumina.		Volumenänderung.	
	I	II	I	II
2. Juni 10 a. m. 17,2°	82,60 C.c.	83,76 C.c.	+0,03 C. c.	+0,03 C. c.
2. » 11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » 17,1	82,63	83,79	—0,10	—0,11
2. » 7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> p. m. 16,8	82,53	83,68		

Natronlauge eingeführt.

	Normalvolumina.		Volumenänderung.			
	I	II	Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II
2. Juni 10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> p. m. 16,7°	73,37 C.c.	75,70 C.c.	5,47 C.c.	5,24 C.c.	0,45 C.c.	0,44 C.c.
3. » 10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> a. m. 16,3	67,90	70,46				

Um 11 a. m. wird in die Röhre I eine an Kohlensäure sehr reiche (circa 35% davon enthaltende) Luft eingeführt. In dieser Atmosphäre verbleibt der Versuchszweig im Dunkeln bis 1 p. m. des 4. Juni, wo die Luft rasch mit frischer ersetzt wird. Unterdessen verweilte der Spross II offen am Fenster und kam erst gegen 1 p. m. des 4. Juni wieder in die graduirte Röhre.

	I	II	Volumenänderung.			
			Partiell.		Total.	
	I	II	I	II	I	II
4. Juni 12 <sup>h</sup> 52' M. 16,7°	83,60 C.c.	85,88 C.c.	+0,21	0,00	+0,21	0,00
4. » 1 p. m. 16,7	83,81	85,88	+0,21	-0,02	+0,42	-0,02
4. » 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> » 16,7	84,02	85,86	+0,06	+0,01	+0,48	-0,01
4. » 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » 16,8	84,08	85,87	-0,21	-0,14	+0,27	-0,15
4. » 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> » 16,8	83,87	85,73				

Diese zwei Versuche zeigen deutlich, dass sich *Crataegus*-Sprosse gegenüber der Kohlensäure ganz ebenso verhalten, wie es die Phaseolus-Keimlinge in meinen oben erwähnten früheren Experimenten thaten. Haben sie einige Zeit in kohlensäurereicher Luft im Dunkeln verbracht und wird dann die Luft rasch mit frischer ersetzt, so sieht man sogleich die physikalisch absorbirte Kohlensäure aus dem Gewebe in die reine Luft diffundiren, wodurch das Luftvolumen einen kleinen unter anderen Umständen nicht auftretenden und rasch vorübergehenden Zuwachs erhält.

**Versuch 22. (Fig. 7.)**

Am 20. September (1879) wurde um 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> p. m. in zwei graduirte Röhren je ein frisch abgeschnittenes Blattstück von *Iris. sp.?* eingeschlossen und nach der Absperrung mit Quecksilber Natronlauge eingeführt.

	Normalvolumina.		Volumenabnahme.			
	I	II	Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II
20. Sept. 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> p. m. 15,2°	88,24 C.c.	88,05 C.c.	0,47 C.c.	0,30 C.c.	0,23 C.c.	0,15 C.c.
20. » 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> » 15,5	87,77	87,75	0,29	0,31	0,10	0,10
20. » 7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> » 15,4	87,48	87,44	0,95	0,99	0,08	0,08
21. » 7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> a. m. 14,6	86,53	86,45				

Jetzt wird in beide Röhren frische Luft, eine dünne Wasserschicht und dann Kohlensäure eingeführt. Die Luftvolumina betragen vor Einführung der Kohlensäure 69,80 resp. 72,14 C. c., nach derselben 87,00 resp. 89,05 C. c., woraus sich für die Luft der Röhre I ein Gehalt von 20%, für II von 19% Kohlensäure ergibt. Nun kommt I ins Dunkel, II dagegen ans Licht. Am folgenden Tage war um 5 p. m. in II das dem Blattstück zu Gebote stehende Wasser im Probirröhrchen verbraucht; es wurde daher in die Röhre Natronlauge eingeführt, wobei sich zeigte, dass keine Kohlensäure mehr im Apparate vorhanden war; die Assimilation war somit unzweifelhaft constatirt. Dann wurde das Blattstück herausge-

zogen, sein unterer Querschnitt erfrischt und das Wasser erneuert, abermals eingeschoben, ans Licht gestellt und nun mehrmals durch Einathmen mit Kohlensäure versorgt. Erst am 25. September wurde um 3<sup>h</sup>20' p. m. die Luft in beiden Apparaten mit reiner ersetzt, ohne die Blätter aus den Röhren zu entfernen, und Natronlauge eingeführt.

	I	II	Volumenabnahme.			
			Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II
25. Sept. 3 <sup>h</sup> 40' p. m. 15,0°	85,00 C.c.	85,80 C.c.	} 0,97 C.c.	} 0,22 C.c.	} 0,97 C.c.	} 0,22 C.c.
25. » 4 40 » 15,0	84,03	85,58				
26. » 9 a. m. 13,9	82,62	82,20				
26. » 10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » 13,9	82,57	81,99				

Nun wird in die Röhre I frische Luft, etwas Wasser und dann Kohlensäure eingeführt und der Apparat ans Licht gestellt. Das Gasvolumen war vor der Einführung von Kohlensäure 69,14 C. c., nach derselben 86,79 C. c. gleich. Die Röhre enthielt somit 17,65 C. c. oder 20% Kohlensäure. Am folgenden Tage wurde um 11 a. m. das Normalvolum der Luft abermals bestimmt und 87,04 C. c. gleich gefunden; nach Einführung von Kalilauge zeigte es sich um 2 p. m. bis auf 77,88 C. c. verringert. Es waren also nur 9,16 C. c. Kohlensäure vorhanden, die übrigen 8,49 C. c. waren durch das Blatt am Lichte zerlegt. Offenbar hatte das fünftägige Verweilen in einer mehr als 20% Kohlensäure enthaltenden Luft im Dunkeln die Assimilationsfähigkeit des Blattes nicht unterdrückt.

Dieser in hohem Grade instruktive Versuch zeigt uns klar wie verschieden die Wirkung des Kohlensäurereichthums der die Pflanze umgebenden Luft im Dunkeln und im Lichte ist. Im Dunkeln sehen wir zwar eine enorme aber rasch vorübergehende und daher in allen Versuchen, wo man die ersten 1—2 Stunden nach der Erfrischung der Luft verstreichen lässt, ganz übersehbare Steigerung der ausgehauchten Kohlensäuremengen auftreten; im Lichte dagegen ist eine weniger bedeutende, aber viel dauerhaftere, auch nach längerer Zeit leicht zu constatirende Steigerung der Athmungsintensität zu beobachten. Es unterliegt keinem Zweifel, dass wenn die dritte Ablesung (26. Sept. 9 a. m.) viel früher vorgenommen wäre, die Kurve einen noch viel steileren Abfall zeigen würde.

### Versuch 23. (Fig. 8.)

Am 9. September (1879) wurde um 10<sup>h</sup>50' a. m. in die graduirten Röhren I und II je ein junger unter Wasser frisch abgeschnittener aus einigen Blättern verschiedenen Alters bestehender Tazetten-Spross eingesperret und Natronlauge eingeführt.

	Normalvolumina.		Volumenabnahme.			
	I	II	Absolut.		In 1 Stunde.	
			I	II	I	II
9. Sept. 11 <sup>h</sup> 10' a. m. 15,6°	84,96 C.c.	84,63 C.c.	0,26 C.c.	0,33 C.c.	0,13 C.c.	0,17 C.c.
9. » 1 10 p. m. 15,6	84,70	84,30	0,71	0,93	0,16	0,21
9. » 5 40 » 15,5	83,99	83,37	0,47	0,66	0,16	0,22
9. » 8 40 » 15,5	83,52	82,71				

Gegen 9 p. m. wird in die Röhre I eine grosse, aber nicht näher bestimmte Kohlensäuremenge eingeführt, während in II kohlensäurehaltige Luft einfach eingeathmet wird. Beide werden mit Quecksilber abgesperrt und mit einer dünnen Wasserschicht versehen im Dunkeln bei derselben Temperatur sich selbst überlassen. Am folgenden Tage überzeugte ich mich durch Einführung von Natronlauge (um 12<sup>3</sup>/<sub>4</sub> M.), dass in I der Kohlensäuregehalt wirklich viel grösser als in II war. Um 2 p. m. wurde in beiden Röhren die Luft erfrischt und Natronlauge eingeführt.

	I		II		I	II	I	II
	I	II	I	II				
10. Sept. 2 <sup>h</sup> 40' p. m. 15,6°	86,27 C.c.	86,30 C.c.	0,54 C.c.	0,60 C.c.	0,18 C.c.	0,20 C.c.		
10. » 5 40 » 15,6	85,73	85,70	0,77	0,90	0,12	0,14		
10. » 12 10 N. 15,6	84,96	84,80	0,97	1,13	0,10	0,12		
11. » 9 40 a. m. 15,4	83,99	83,67						

Um 12 M. wird abermals in I viel, in II wenig Kohlensäure eingeführt und wie oben behandelt. Am 12. Sept. findet um 11 a. m. eine Erfrischung der Luft und Einführung von Natronlauge statt.

12. Sept. 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> a. m. 15,1°	82,87 C.c.	85,00 C.c.	0,53 C.c.	0,65 C.c.	0,35 C.c.	0,43 C.c.
12. » 1 p. m. 15,3	82,34	84,35	0,42	0,27	0,21	0,14
12. » 3 » 15,6	81,92	84,08	0,47	0,32	0,16	0,11
12. » 6 » 15,8	81,45	83,76	0,41	0,33	0,14	0,11
12. » 9 » 15,8	81,04	83,43	0,36	0,30	0,12	0,10
12. » 12 N. 15,8	80,68	83,13	0,93	0,88	0,10	0,09
13. » 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> a. m. 15,3	79,75	82,25	0,22	0,18	0,07	0,06
13. » 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> M. 15,6	79,53	82,07				

Es werden jetzt die Sprosse zum Zwecke der Volumbestimmung rasch in Wasser untertaucht, dann sogleich abgetrocknet und wieder in die Röhren eingeschoben. Um 1 p. m. wird die Luft mit Quecksilber abgesperrt und Natronlauge eingeführt.

13. Sept.	2 <sup>h</sup> 10' p. m.	15,8°	85,46 C.c.	84,33 C.c.	}	0,50 C.c.	0,49 C.c.	0,10 C.c.	0,10 C.c.
13. »	7 10 »	15,9	84,96	83,84		0,40	0,42	0,09	0,09
13. »	12 10 N.	15,8	84,56	83,42		0,65	0,70	0,07	0,07
14. »	9 40 a. m.	15,5	83,91	82,72					

Am 14. Sept. wird um 1 p. m. in die Röhre I kohlenstoffhaltige Luft eingeathmet und abgesperrt, während in II fast reine Kohlensäure eingeführt und ebenfalls abgesperrt wird. Beide Apparate verbleiben wie früher im Dunkeln und erst am folgenden Tage findet um 10<sup>h</sup>50' a. m. eine Erfrischung ihrer Luft und Einführung von Natronlauge statt.

15. Sept.	11 <sup>h</sup> 20' a. m.	15,6°	84,87 C.c.	85,40 C.c.	}	0,48 C.c.	1,17 C.c.	0,48 C.c.	1,17 C.c.
15. »	12 20 M.	15,7	84,39	84,23		0,25	0,97	0,10	0,39
15. »	2 50 p. m.	16,0	84,14	83,26		0,14	0,46	0,07	0,23
15. »	4 50 »	16,2	84,00	82,80		0,12	0,32	0,07	0,13
15. »	6 30 »	16,2	83,88	82,48					

Da ich den Versuch zu schliessen gedachte, wurden die Apparate aus dem Wasserreservoir entfernt und in II schon sogar etwas Luft eingehäucht, als ich mich entschloss die Ablesungen noch weiter fortzusetzen. Die Nacht verbrachten beide Röhren im Zimmer, wie früher verdunkelt, und am folgenden Morgen kam um 11 a. m. ihr Untertauchen ins Wasser zu Stande.

16. Sept.	11 <sup>h</sup> 30' a. m.	15,3°	82,98 C.c.	82,09 C.c.	}	0,30 C.c.	0,60 C.c.	0,05 C.c.	0,10 C.c.
16. »	5 30 p. m.	15,6	82,68	81,49					

Bis zum 18. Sept. fand keine Ablesung statt und erst an diesem Tage wurde um 12<sup>h</sup><sup>1</sup>/<sub>2</sub> M. in beide Apparate frische Luft sammt Natronlauge eingeführt.

18. Sept.	1 p. m.	15,2°	84,10 C.c.	84,59 C.c.	}	0,38 C.c.	0,49 C.c.	0,05 C.c.	0,06 C.c.
18. »	9 »	15,1	83,72	84,10		0,52	0,65	0,05	0,06
19. »	7 <sup>h</sup> <sup>1</sup> / <sub>2</sub> a. m.	14,7	83,20	83,45					

Obgleich der Versuch schon volle zehn Tage dauert sehen die Blätter immer noch ganz frisch aus.

Am 19. Sept. wird um 11 a. m. in I eine begrenzte Kohlensäuremenge, in II dagegen, um 2 p. m. reine Kohlensäure eingeführt und in beiden Fällen mit Quecksilber ohne Wasserschicht abgesperrt. Auf diese Weise konnte die physikalische Absorption von Kohlensäure durch den in der Röhre eingeschlossenen Pflanzentheil an der nun eintretenden Ver- ringerung des Gasvolumens direkt beobachtet werden. Das Volum der Luft in I war vor der Einführung von Kohlensäure 68,10 C. c., nach derselben 81,30 C. c. gleich, was einen Gehalt von 16% Kohlensäure ergibt.

	Normalvolumina.		Volumänderung.			
	I	II	Absolut.		Auf 1 Stunde berechnet.	
	I	II	I	II	I	II
19. Sept. 11 <sup>h</sup> 20' a. m. 14,6°	81,30 C. c.	— C. c.	—0,68	—	—0,34	—
19. » 1 20 p. m. 14,7	80,62	—				
19. » 2 5 » 14,7	—	82,25	—0,11	—1,21	—0,11	—4,84
19. » 2 20 » 14,7	80,51	81,04				
19. » 4 20 » 14,7	80,43	79,28	—0,08	—1,76	—0,04	—0,88
19. » 8 20 » 14,7	80,35	79,17	—0,08	—0,11	—0,02	—0,03
19. » 11 20 » 14,7	80,31	79,36	—0,04	+0,19	—0,01	+0,06
20. » 8 20 a. m. 14,4	80,23	80,03	—0,08	+0,67	—0,01	+0,08

Die Absorption von Kohlensäure springt in die Augen. In reiner Kohlensäure werden volle drei C. c. davon verschluckt, ja eigentlich noch mehr, wenn man bedenkt, dass so rasch auch die erste Ablesung vorgenommen wird, doch einige Minuten gleich nach der Kohlensäurebeschickung verstreichen ohne in Betracht zu kommen; die Absorption ist aber eben in den ersten Minuten besonders ausgiebig. Andererseits sehen wir aber auch wie rasch diese Absorption zu Stande kommt; schon nach zwei Stunden ist die Sättigung des Gewebes mit Kohlensäure so gut wie vollendet, und wenn wir auf Grund der auf eine Stunde berechneten Data die Absorptionscurve construiren wollten, so würde dieselbe einen überaus steilen Abfall zeigen. In reiner Kohlensäure tritt nach wenigen Stunden anstatt einer Volumverminderung eine langsame Volumvergrößerung auf, was leicht verständlich ist, da bei Abwesenheit von Sauerstoff Kohlensäure durch intramoleculare Athmung gebildet wird; so lange die viel mächtigere physikalische Absorption von Kohlensäure dauert, kann dieses kleine Plus nicht beobachtet werden, da es von dem grossen Minus verdeckt wird.

Ein Blick auf die betreffende Figur zeigt sogleich wie überaus steil die Aushauchungscurve absorbirter Kohlensäure fällt. Dabei tritt aber ein bemerkenswerther Unterschied

zwischen der Wirkung mässiger und viel grösserer, schädlich wirkender Kohlensäuremengen auf. Während in ersterem Falle alle Folgen des Verweilens in kohlensäurehaltiger Luft nach wenigen Stunden spurlos verschwunden sind und die Athmung ihren früheren Gang ungestört beibehält, verhält es sich bei grösserem Kohlensäurereichthum nicht mehr so. Zwar sehen wir auch hier die Kurve rasch fallen, sie sinkt aber nicht mehr bis zur ursprünglichen Tiefe herab; die Blätter II liefern, nachdem sie in fast reiner Kohlensäure verweilten, am 15. und 16. September beträchtlich mehr Kohlensäure als früher. Die Hartnäckigkeit mit der diese Steigerung dauert lässt vermuthen, dass es sich hier nicht mehr um absorbirte Kohlensäure<sup>1)</sup>, sondern um eine wirkliche Steigerung der Athmungsintensität handelt, die durch Verweilen in schädlicher Luft verursacht ist. Wollte man dagegen einwenden, es bringe ja der Tod keine Steigerung sondern im Gegentheil eine starke Verminderung des Sauerstoffverbrauchs und Kohlensäurebildung mit sich, wie aus den übereinstimmenden Angaben von Garreau und Wolkoff und Mayer ersichtlich ist, so möchte ich bemerken, dass dieser Punkt, wie so viele andere, noch bei Weitem nicht genügend aufgeklärt erscheint. Es wäre möglich dass die Art der Lebensvernichtung dabei nicht gleichgiltig sei. Wenigstens habe ich an einem durch Kohlensäure getödteten (gebräunten) *Crataegus*-Sprosse eine enorme Steigerung des Sauerstoffverbrauchs beobachtet.

Wie dem nun auch sei, Rischawi's Angabe ist nach den eben angeführten Experimenten leicht erklärlich. Wahrscheinlich hat er grössere Kohlensäuremengen angewendet und seine Beobachtung auf die ersten Stunden (die ich mit Absicht verstreichen liess) nach der Lufterfrischung beschränkt. Hätte er den Versuch fortgesetzt, so würde ihm schon die erste folgende Zahl den grossen Unterschied zwischen der ephemeren durch Absorption von Kohlensäure im Dunkeln verursachten und der dauernden Steigerung der Athmungsintensität bei Einwirkung des Lichtes klar machen.

Ogleich es der uns hier beschäftigenden und nunmehr, wie ich hoffe, erledigten Frage etwas fern liegt, erlaube ich mir anhangsweise noch einige Experimente die physikalische Absorption der Kohlensäure seitens des Pflanzengewebes betreffend anzuführen. Diese Erscheinung verdient wohl näher untersucht zu werden. Gewöhnlich stellt man sich vor, es werde die Kohlensäure, da sie im Wasser verhältnissmässig so leicht löslich ist, vom Pflanzensaft absorbirt. An saftigen Pflanzentheilen ist sie, bekanntlich, schon von Saussure festgestellt worden. Nun habe ich aber gefunden, dass sogar lufttrockene Pflanzentheile, z. B. Samen, im Stande sind beträchtliche Kohlensäuremengen zu absorbiren und dann in kohlensäurearmer Luft wieder auszuhauchen. Zum Belege führe ich folgende Experimente an.

1) Vergl. übrigens die weiter anhangsweise angeführten mit trockenen Samen in reiner Kohlensäure ange- | stellten Versuche.

**Versuch 24.** (Fig. 9.)

Am 2. Januar (1880) werden in eine graduirte Röhre 15 lufttrockene Samen von *Vicia Faba*, die zusammen ein Volumen von 17 C. c. repräsentiren und durch ein 1 C. c. messendes Korkstückchen im oberen Röhrentheile festgehalten werden, eingeführt, dann die Luft durch einen raschen 8 Minuten dauernden Strom von Kohlensäure verdrängt und die reine Kohlensäureatmosphäre rasch mit Quecksilber ohne Wasserschicht eingesperrt.

				Normalvolum.	Volumenabnahme.	
					Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
2. Januar	12 <sup>3/4</sup>	M.	9,0°	70,44 C. c.	}	0,54 C. c. 1,08 C. c.
2. »	1 <sup>1/4</sup>	p. m.	—	69,90		
2. »	1 <sup>3/4</sup>	»	9,1	69,60		
2. »	2 <sup>1/4</sup>	»	9,1	69,40		
2. »	2 <sup>3/4</sup>	»	9,1	69,25		
2. »	9	»	—	68,60		
3. »	9 <sup>1/2</sup>	a. m.	9,0	68,12		
4. »	10	»	—	67,38		

Es haben somit die Samen mehr als 3 C. c. Kohlensäure verschluckt, eigentlich bedeutend mehr, wenn man bedenkt, dass bei solcher Versuchsanstellung vor der ersten Volumenmessung einige Zeit, in der die Absorption besonders energisch stattfindet, verstreicht ohne in Betracht zu kommen.

**Versuch 25** (Fig. 10 und 11).

Am 6. Januar (1880) werden um 12 U. M. in eine Absorptionsröhre 15 lufttrockene Samen von *Phaseolus multiflorus* wie früher in reiner Kohlensäure eingesperrt. Das Volum der Samen beträgt 17,5 C. c. Um 12<sup>h</sup>8' ergab eine ungefähre Bestimmung des Gasvolumens — 69,5 C. c.; genau konnte letzteres nicht festgestellt werden, da das Quecksilber in raschem Steigen begriffen war.

				Normalvolum.	Volumenabnahme.	
					Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
6. Januar	12 <sup>h</sup> 8'	M.	7,8°	69,50 C. c.	2,23 C. c.	2,55 C. c.
6. »	1	p. m.	7,8	67,27	1,42	1,42
6. »	2	»	7,8	65,85	1,72	0,86
6. »	4	»	7,8	64,13	1,45	0,38
6. »	8	»	7,8	62,68	0,92	0,06
7. »	12	M.	7,7	61,76	0,28	0,01
8. »	12 <sup>1/2</sup>	M.	7,2	61,48	0,32	0,01
9. »	10	a. m.	6,2	61,16		

Die Samen verweilen in der Kohlensäureatmosphäre bis zum 13. Januar, wo um 12<sup>1/2</sup> U. M. letztere rasch durch frische Luft ersetzt und die nun eintretende auf der Aushauchung der verschluckten Kohlensäure beruhende Volumenzunahme beobachtet wird.

				Normalvolum.	Volumenzunahme.	
					Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
13. Januar	12 <sup>h</sup> 36'	M.	6,6°	61,40 C. c.	1,48 C. c.	1,64 C. c.
13. »	1 <sup>1/2</sup>	p. m.	6,6	62,88	0,52	1,04
13. »	2	»	6,7	63,40	1,75	0,58
13. »	5	»	6,8	65,15	0,75	0,25
13. »	8	»	6,8	65,90	0,38	0,12
13. »	11 <sup>1/4</sup>	»	6,6	66,28	0,33	0,03
14. »	9	a. m.	5,9	66,61	0,18	0,02
14. »	6 <sup>1/2</sup>	p. m.	6,5	66,79	0,11	0,01
15. »	1 <sup>1/2</sup>	»	7,0	66,90		

Wir sehen somit die lufttrockenen *Phaseolus*-Samen nicht weniger als 8,5 C. c., also fast die Hälfte ihres eigenen Volumens, Kohlensäure verschlucken und dann circa 5,5 C. c. davon wieder aushauchen. Wenn auch die Unsicherheit dieser Zahlen eine direkte Vergleichung derselben erschwert, so ist es leicht einzusehen, warum die zweite bedeutend klei-

ner als die erste erscheint. Die Kohlensäureaufspeicherung findet in einer Atmosphäre statt, die ihre Zusammensetzung (reine Kohlensäure) während des Versuchs nicht ändert, nur der Druck wird allmählig geringer wegen des Ansteigens von Quecksilber in der Absorptionsröhre. Die Kohlensäureaushauchung dagegen erfolgt bei unserer Versuchsanstellung in einer Luft die an Kohlensäure immer reicher und reicher wird, was die weitere Aushauchung mehr und mehr hemmen und endlich zum Stillstande bringen muss, da sich das Gleichgewicht zwischen äusserer und innerer Kohlensäure einstellt. Die Richtigkeit dieser Deutung erhellt zur Genüge aus den weiter folgenden Versuchen. Es zeigt sich, wie zu erwarten war, dass sobald die Kohlensäureaushauchung sich sehr verlangsamt hat, eine nochmalige Erfrischung der Luft dieselbe wieder steigert. Ein Blick auf die betreffenden Figuren lehrt uns, dass die Prozesse des Einsaugens (Fig. 10) und der Aushauchung (Fig. 11) der Kohlensäure auf eine durchaus identische Weise verlaufen: beide Kurven zeigen denselben raschen Abfall.

Der nun folgende Versuch soll noch zeigen, dass die rasche Volumenverringering resp. Volumenzunahme die in Kohlensäure resp. in frischer Luft beobachtet wird, keineswegs etwa einer Temperatúrausgleichung bei Versenkung des Apparates in das Wasserreservoir zugeschrieben werden kann.

**Versuch 26.**

Am 15. Januar (1880) werden um 6<sup>h</sup>15' p. m. in zwei Absorptionsröhren je 15 lufttrockene Samen von *Phaseolus multiflorus*, 20,16 Gr. resp. 19,67 Gr. wiegend, eingeführt. Das Volumen erwies sich später als etwa 19 C. c. gleich. In der Röhre I wird Luft, in II dagegen reine Kohlensäure eingesperrt und beide Apparate gleichzeitig unter Wasser gebracht. Nach 5 Minuten ergab eine ungefähre Schätzung des Gasvolumens in der Röhre II etwa 66,5 C. c.

		Normalvolumina.		Volumenabnahme.	
		I	II	Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.
		I	II	II	II
15. Januar	6 <sup>h</sup> 30' p. m.	7,4°	68,91 C. c.	64,90 C. c.	} 3,23 C. c. 2,18 C. c.
15. »	7 55 »	7,6	68,74	61,67	
15. »	9 55 »	7,9	68,78	59,62	
15. »	10 55 »	7,9	68,80	59,00	
16. »	8 55 a. m.	8,2	68,83	57,06	
16. »	1 20 p. m.	8,5	68,80	56,96	
					1,94 0,16
					0,10 0,02

Es wird nun in die Röhre II noch Kohlensäure eingeführt.

16. Januar	2	p. m.	8,5°	—	C. c. 72,42	C. c. }	0,75 C. c.	0,09 C. c.
16. »	10 $\frac{1}{2}$	»	8,7	68,75	71,67	}	0,07	0,00 <sub>3</sub>
17. »	12 $\frac{1}{2}$	M.	9,2	68,75	71,60			

Somit bleibt das Luftvolumen in der Röhre I constant (die kleine durch Temperatursausgleichung hervorgerufene anfänglich auftretende Verringerung ausgenommen) während dasjenige der Kohlensäure in II, wie früher, stark abnimmt. Am 17. Januar wird um 1<sup>h</sup>7' p. m. in № II die Kohlensäure rasch durch frische Luft ersetzt. In den ersten Minuten kommt durch Temperatursausgleichung ein rasch vorübergehendes Ansteigen des Quecksilbers in der Röhre zu Stande.

						Volumenzunahme.		
						Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.	
						II	II	
				Normalvolumina.				
				I	II			
17. Januar	1 <sup>h</sup> 10'	p. m.	9,4°	—	C. c. 63,45	C. c. }	1,32 C. c.	2,64 C. c.
17. »	1 40	»	9,5	—	64,77	}	0,88	1,76
17. »	2 10	»	9,6	—	65,65			
17. »	2 40	»	9,7	—	66,30	}	0,65	1,30
17. »	3 40	»	9,8	—	67,23			
17. »	3 40	»	9,8	—	67,23	}	0,93	0,93
18. »	10	a. m.	9,5	68,74	69,59			
19. »	2	p. m.	10,4	68,75	69,78	}	2,36	0,13
20. »	1 $\frac{1}{4}$	»	11,3	68,81	69,96			
						}	0,19	0,01
						}	0,18	0,01

Um 1 $\frac{1}{2}$  p. m. wird in beiden Röhren die Luft erfrischt und zunächst nur der Stand des Quecksilbers am Kathetometer beobachtet. Von 1<sup>h</sup>40' bis 1<sup>h</sup>50' p. m. fällt er in I um 0,14 Mm., steigt dagegen in II um 0,3 Mm.

20. Januar	2	p. m.	11,4°	65,45 C. c.	65,11 C. c. }	0,37 C. c.	0,44 C. c.	
20. »	2 <sup>h</sup> 50'	»	11,4	65,44	65,48	}	0,96	0,05
21. »	10	a. m.	11,5	65,48	66,44			

Wir sehen in diesem Versuche 19 C. c. lufttrockener *Phaseolus*-Samen nicht weniger als 10,4 C. c., somit mehr als die Hälfte ihres eigenen Volumens, reiner Kohlensäure absorbieren und dann nach Erfrischung der Atmosphäre 6,5 C. c., später, nach abermaliger Erneuerung der Luft, noch weitere 1,5 C. c., im Ganzen somit nicht weniger als 8 C. c., wieder aushauchen.

Zum Vergleiche will ich noch einen Versuch anführen, der gleichzeitig mit Versuch 25 aber an mit Wasser imbibirten Samen angestellt wurde.

**Versuch 27.**

Am 6. Januar (1880) werden um 12 M. in eine graduirte Absorptionsöhre 15 eingequollene Samen von *Phaseolus multiflorus*, deren Volumen 29 C. c. gleich ist, eingeführt und mit reiner Kohlensäure versorgt. Um 12<sup>h</sup>7' war das Gasvolumen ungefähr 62,6 C. c. gleich. Die erste Zeit wurde nur der Stand des Quecksilbers in der Röhre am Kathetometer gemessen.

		Höhe des Quecksilber-Niveaus.	Ansteigen des Quecksilbers.	
			Absolut.	In 1 Minute.
6. Januar	12 <sup>h</sup> 7'	462,66 Mm.	2,06 Mm.	0,69 Mm.
6. »	12 10	464,72	1,10	0,55
6. »	12 12	465,82	2,04	0,68
6. »	12 15	467,86	1,34	0,67
6. »	12 17	469,20	1,20	0,60
6. »	12 19	470,40	1,20	0,60
6. »	12 21	471,60	1,14	0,57
6. »	12 23	472,74	1,04	0,52
6. »	12 25	473,78	0,96	0,48
6. »	12 27	474,74	1,78	0,44
6. »	12 31	476,52	0,82	0,41
6. »	12 33	477,34	0,72	0,36
6. »	12 35	478,06	1,58	0,32
6. »	12 40	479,64	1,36	0,27
6. »	12 45	481,00	1,10	0,22
6. »	12 50	482,10	0,90	0,18
6. »	12 55	483,00		

Nun wird an die Volumenbestimmung geschritten.

				Normalvolum.	Volumenänderung.				
					Absolut.	Auf 1 Stunde umgerechnet.			
6. Januar	1	p. m.	7,8°	53,22 C. c.	}	-1,56 C. c.	-1,56 C. c.		
6. »	2	»	7,8	51,66					
6. »	4	»	7,8	51,03					
6. »	8	»	7,8	50,60					
7. »	12	M.	7,7	52,28					
8. »	12 <sup>1/2</sup>	»	7,2	57,80					
9. »	10	a. m.	6,2	62,89					
								+1,68	+0,10
								+5,52	+0,23
					+5,09	+0,23			

Am 11. Januar wird um 12<sup>h</sup>50' M. die Kohlensäure rasch mit frischer Luft ersetzt und die Lage des Quecksilbermeniscus am Katethometer beobachtet.

		Höhe des Quecksilber-Niveaus.	Absteigen des Quecksilbers.				
			Absolut.	In 1 Minute.			
11. Januar	12 <sup>h</sup> 55'	441,36 Mm.	}	1,56 Mm.	0,78		
11. »	12 57	439,80					
11. »	12 58	438,90					
11. »	12 59	438,00					
11. »	1 —	437,20					
11. »	1 2	435,76					
11. »	1 4	434,46					
11. »	1 6	433,36					
11. »	1 8	432,40					
11. »	1 10	431,60					
11. »	1 12	430,88					
11. »	1 14	430,20					
						0,90	0,90
						0,90	0,90
			0,80	0,80			
			1,44	0,72			
			1,30	0,65			
			1,10	0,55			
			0,96	0,48			
			0,80	0,40			
			0,72	0,36			
			0,68	0,34			

		Höhe des Quecksilber-Niveaus.	Absteigen des Quecksilbers.		
			Absolut.	In einer Minute.	
11. Januar	1 <sup>h</sup> 17'	429,62 Mm.	} 0,70 Mm.	0,23 Mm.	
11. »	1 20	428,92		0,40	0,20
11. »	1 22	428,52		0,36	0,18
11. »	1 24	428,16		0,44	0,15
11. »	1 27	427,72		0,42	0,14
11. »	1 30	427,30		0,56	0,11
11. »	1 35	426,74		0,62	0,09
11. »	1 42	426,12			

Im Ganzen beträgt diese Zunahme des Gasvolumens etwa 7 C. c. Um 1<sup>h</sup>50' wird die Luft rasch mit frischer ersetzt.

11. Januar	1 <sup>h</sup> 53'	463,84 Mm.	} 0,44 Mm.	0,44 Mm.	
11. »	1 54	463,40		0,76	0,38
11. »	1 56	462,64		0,68	0,34
11. »	1 58	461,96		0,62	0,31
11. »	2 —	461,34		1,18	0,23
11. »	2 5	460,16		0,88	0,18
11. »	2 10	459,28		0,86	0,12
11. »	2 17	458,42			

Von nun an werden Volumenbestimmungen ausgeführt.

			Normalvolum.	Volumenänderung.		
				Absolut.	In 1 Stunde.	
11. Januar	2 <sup>h</sup> 20' p. m.	5,9°	60,87 C. c.	} +0,67 C. c.	1,34 C. c.	
11. »	2 50 »	5,9	61,54		+0,49	0,32
11. »	4 30 »	6,0	62,03		—0,60	—
12. »	1 15 a. m.	6,0	61,43			

Es ist nicht so leicht die in diesem Versuche von den gequollenen Samen absorbierte Kohlensäuremenge genau anzugeben, auch wenn man die vor der ersten Beobachtung verstrichene Zeit unberücksichtigt lässt. Denn während trockene Samen nicht athmen (s. den folgenden Versuch) und die Zusammensetzung der umgebenden Luft nur durch physikalische Diffusionsprocesse, von denen jetzt die Rede ist, verändern, zeigen gequollene Samen ein verwickeltes Verhältniss. In reiner Kohlensäure werden sie nicht nur dieselbe physikalisch einsaugen, und somit das Gasvolumen verringern, sondern noch durch intramoleculare Athmung selbst Kohlensäure liefern, was ein entgegengesetztes Effect hervorbringen muss. Daher sehen wir das Gasvolumen, sobald die Samen mit Kohlensäure nahezu gesättigt sind, eine merkliche, am Ende nahezu constante Zunahme erfahren. Legen wir diese letztere zu Grunde unserer Berechnung, indem wir annehmen, es hätten unsere Samen von Anfang an circa 0,23 C. c. Kohlensäure in der Stunde durch intramoleculare Athmung gebildet, so ergibt sich, dass vom Mittag 6. Januar bis Mittag 7. Jan., wo die Absorption beendigt zu sein scheint, ungefähr 15,8 C. c. Kohlensäure verschluckt worden sind. Nach Erfrischung der Luft werden wenigstens 11 C. c. davon wieder ausgehaucht. Es fällt in hohem Grade auf, dass das mit Wasser durchtränkte Pflanzengewebe, wenigstens auf die Volumeneinheit bezogen, nicht merklich mehr Kohlensäure absorbiert, als das trockene. Es muss übrigens späteren genaueren Untersuchungen überlassen werden diese Thatsache näher zu begründen, so wie z. B. die etwaige Abhängigkeit der fraglichen Absorptionerscheinungen von Temperatureinflüssen festzustellen. Bei den hier angeführten Experimenten wurden mit Absicht niedrige Temperaturen angewandt.

In allen bisher dargelegten Versuchen ist die Einsaugung resp. Aushauchung von Kohlensäure volumetrisch gemessen worden. In dem nun folgenden Versuche soll die absorbierte Kohlensäure ihrem Gewichte nach bestimmt werden.

### Versuch 28.

Am 1. Februar (1880) wurden um 6 p. m. in eine Glasröhre 120, in eine andere 150 lufttrockene Samen von *Phaseolus multiflorus* eingeführt und bei einer zwischen 12,8° und 13,4° schwankenden Temperatur Luft, wie gewöhnlich, durchgeleitet. Das Gewicht des Kaliapparats hatte im ersten Falle nach 15 Stunden eine Zunahme von 0,0010 Gr., im zweiten nach 42 Stunden eine solche von 0,0018 Gr. erfahren. Aber auch diese an sich ganz unbedeutenden Grössen können nicht einer schwachen Kohlensäureentwicklung zugeschrieben werden, sondern stellen die sogenannte Diffusionsgrösse<sup>1)</sup> des Apparats dar, denn auch bei leeren Versuchen, wo die Versuchsröhre Nichts enthält, wird dieselbe kleine Gewichtszunahme, von einer Diffusion der Kohlensäure und des Wasserdampfes der äusseren

1) Vergl. Laspeyres, l. c.

Luft in die gewogenen Apparate herrührend, beobachtet. Vom 2. bis zum 8. Februar verweilen die Samen in reiner Kohlensäure, am 8. werden sie um 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> p. m. ausgeschüttelt, dann in eine andere mit frischen Gummipfropfen versehene Glasröhre eingeführt und ein Luftstrom von 3 Liter in der Stunde bei einer Temperatur von 8,4°—8,6° eingestellt.

	Kohlensäure in Grammen.	
	Absolut.	In 1 Stunde.
Von 3 <sup>h</sup> 40' p. m. bis 4 <sup>h</sup> 10' p. m. 8. Februar	0,0906	0,1812
» 4 10 » » 4 40 » 8. »	0,0276	0,0552
» 4 40 » » 5 10 » 8. »	0,0190	0,0380
» 5 10 » » 6 10 » 8. »	0,0244	0,0244
» 6 10 » » 7 10 » 8. »	0,0162	0,0162
» 7 10 » » 8 40 » 8. »	0,0170	0,0114
» 8 40 » » 11 10 » 8. »	0,0180	0,0070
» 11 10 » » 9 40 a. m. 9. »	0,0256	0,0024
» 9 40 a. m. » 8 40 p. m. 9. »	0,0082	0,0007
» 8 40 p. m. » 8 40 » 10. »	0,0052	0,0002

Prüfen wir jetzt ob nicht auch andere fremde Gasarten von den trockenen Samen absorbiert werden.

**Versuch 29.**

Es wurden zu diesem Versuche dieselben Samen von *Phaseolus multiflorus* angewandt, mit denen Versuch 26 ausgeführt war. Sie hatten seitdem unter einer Glasglocke über Schwefelsäure verweilt und dabei noch je 0,5 Gramm an Gewicht verloren, so dass jetzt die 15 Samen der Portion I — 19,66 Gr., diejenigen der Portion II — 19,17 Gr. wiegen. Am 9. Februar werden sie um 1<sup>h</sup>40' p. m. wie früher in die Absorptionsröhren eingeschoben und nun in I Wasserstoff, in II Kohlensäure eingeführt. Während der ersten 13 Minuten steigt das Quecksilber in I nur um 0,74 Mm., in II dagegen um 3,34 Mm. Eine ungefähre Schätzung des Gasvolumens in II ergab um 1<sup>h</sup>47' — circa 67,3 C. c.

	Normalvolumina.		Volumenabnahme.			
	I	II	Absolut.		In 1 Stunde.	
	I	II	I	II	II	
3. Febr. 2 p. m. 12,5°	68,03 C.c.	65,72 C.c.	}	0,12 C. c.	2,89 C. c.	2,89 C. c.
3. » 3 » 12,5	67,91	62,83		0,08	2,78	1,39
3. » 5 » 12,6	67,83	60,05		0,06	2,32	0,77
3. » 8 » 12,6	67,77	57,73				

3. Febr. 8	p. m. 12,6	67,77 C.c.	57,73 C.c.	}	0,14	3,94	0,28
4. » 10	a. m. 11,5	67,63	53,79				
5. » 1½	p. m. 10,5	67,54	51,22				

Um 2 p. m. wird in beiden Röhren die fremde Gasart mit Luft ersetzt. Während der ersten 5 Minuten sieht man das Quecksilber in I (durch Temperaturlausgleichung) zunächst um 0,44 Mm. ansteigen, in II dagegen um 0,50 Mm. sinken.

	Normalvolumina.		Volumenzunahme Absolut.		
	I	II	I	II	
5. Febr. 2¼ p. m. 10,9°	65,52 C.c.	63,93 C.c.	}	0,14 C. c.	4,98 C. c.
5. » 8¾ » 10,9	65,66	68,91			
10. » 12½ M. 8,8	65,88	71,10			

In Wasserstoff tritt somit nur eine ganz unbedeutende Verringerung des Volumens durch trockene Samen ein. Andere Gasarten habe ich bis jetzt nicht geprüft. Vergleicht man diesen Versuch mit Versuch 26, der ja mit denselben Samen angestellt wurde, so sieht man dass eine weitere Verringerung des in luftgetrockneten Samen enthaltenen Wassers ihre Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure keineswegs schwächt; eher tritt das Gegentheil auf. Denn in unserem letzt angeführten Versuche verschlucken 19 C. c. Samen nicht weniger als 16 C. c. Kohlensäure, also nahezu ihr eigenes Volumen, mehr als in irgend welchem anderen Versuche. Wenn man dieses Resultat mit demjenigen des Versuchs 27 zusammenstellt, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass es nicht das Wasser, nicht der Saft, sondern die feste Substanz des Samens ist, die die energische Kohlensäureabsorption hervorruft. Dieses Resultat stimmt vollkommen mit Böhm's Angabe überein. «Die Absorption von Kohlensäure durch frische Pflanzentheile», sagt Böhm<sup>1)</sup>, «ist nicht ausschliesslich durch den Zellsaft bedingt; es erfolgt dieselbe nämlich auch ähnlich wie bei der Kohle, von Zweigen, welche früher bei 100° C. getrocknet wurden».

Es wurden noch einige andere Samenarten auf ihr Verhalten der Kohlensäure gegenüber untersucht.

### Versuch 30.

Am 10. Februar wurden um 1½ p. m. in die Absorptionsröhre I dieselben 15 Samen von *Phaseolus multiflorus* eingeführt, die in dem vorigen Versuche in Wasserstoff verweilt

1) J. Böhm. Ueber die Entwicklung von Sauerstoff aus grünen Zweigen etc. Liebig's Ann. d. Chemie, 1875, Bd. 185, p. 257.

hatten, in die Röhre II dagegen 100 lufttrockene Samen von *Lupinus albus*, welche ein Gewicht von 20,05 Gramm und ein Volumen von 17 C. c. besaßen. Beide Röhren wurden mit reiner, trockener Kohlensäure gefüllt. Eine gleich nach der Versenkung der Apparate ins Wasser ausgeführte approximative Schätzung des Gasvolumens ergab für I — 70,5 C. c., für II — 70,7 C. c.

			Normalvolumina.		Volumenabnahme.			
			I	II	Absolut.		In 1 Stunde.	
					I	II	I	II
10. Febr. 2	p. m.	9,1°	69,17 C.c.	70,10 C.c.	1,29 C.c.	0,33 C.c.	2,58 C.c.	0,66 C.c.
10. »	2½ »	9,3	67,88	69,73	5,69	2,66	0,95	0,44
10. »	8½ »	10,1	62,19	67,07	3,73	3,07	0,27	0,23
11. »	10 a. m.	8,8	58,46	64,00	1,62	2,12	0,06	0,08
12. »	2 p. m.	9,5	56,84	61,88	0,26	0,64	0,01	0,03
13. »	12½ »	9,6	56,58	61,24				

Gegen 1 p. m. wurde in beiden Röhren die Kohlensäure rasch mit Luft ersetzt.

			Normalvolumina.		Volumenzunahme.			
			I	II	Absolut.		In 1 Stunde.	
					I	II	I	II
13. Febr. 1	p. m.	9,8°	65,47 C.c.	66,24 C.c.	1,02 C.c.	0,36 C.c.	2,04 C.c.	0,72 C.c.
13. »	1½ »	9,8	66,49	66,60	0,64	0,23	1,28	0,46
13. »	2 »	9,8	67,13	66,83	1,25	0,56	0,92	0,37
13. »	3½ »	9,8	68,38	67,39	2,40	1,57	0,44	0,28
13. »	9 »	9,8	70,78	68,96	1,92	2,01	0,14	0,14
14. »	11 a. m.	10,1	72,70	70,97				

Es haben sonach 19 C. c. *Phaseolus*-Samen nicht weniger als 14 C. c., 17 C. c. *Lupinus*-Samen etwa 9,5 C. c. Kohlensäure verschluckt.

### Versuch 31.

Am 14. Februar wurden um 1½ p. m. in die Röhre I 20 Gramm lufttrockener Samen von *Brassica Rapa*, in II ebenfalls 20 Gramm lufttrockener Samen von *Secale cereale* eingeführt. Die Samen ruhen auf einem Messingdrahtstücke, der seinerseits durch ein Kork-

stück unterstützt ist, und füllen den oberen Theil der Absorptionsröhre dicht aus. Beide Apparate werden mit reiner Kohlensäure beschickt.

	Normalvolumina.		Volumenabnahme.				
	I	II	Absolut.		In 1 Stunde.		
			I	II	I	II	
14. Febr. 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> p. m. 10,4°	65,98 C.c.	69,23 C.c.	}	0,41 C.c.	0,20 C.c.	0,82 C.c.	0,40 C.c.
14. » 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » 10,4	65,57	69,03		0,92	0,93	0,23	0,23
14. » 6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> » 10,6	64,65	68,10		1,05	1,55	0,06	0,10
15. » 10 a. m. 10,3	63,60	66,55		7,36	1,52	0,02 <sub>5</sub>	0,00 <sub>5</sub>
27. » 11 » 12,5	56,24	65,03		0,81	0,23	0,02	0,00 <sub>5</sub>
29. » 10 » 11,6	55,43	64,80					

Um 1<sup>h</sup>25' p. m. wurde die Kohlensäure rasch mit Luft ersetzt.

	Normalvolumina.		Volumenzunahme.				
	I	II	Absolut.		In 1 Stunde.		
			I	II	I	II	
29. Febr. 1 <sup>h</sup> 40' p. m. 12,7°	68,05 C.c.	70,07 C.c.	}	2,05 C.c.	2,87 C.c.	0,08 C.c.	0,12 C.c.
1. März 2 40 » 13,0	70,10	72,94		2,16	0,98	0,02	0,01
6. » 1 40 » 12,4	72,26	73,92					

Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, dass nicht nur stärkemehlhaltige, sondern auch ölhaltige Samen im lufttrockenen Zustande die Kohlensäure energisch zu absorbiren vermögen. Die Natur der diese Absorption hervorrufenden Substanz näher festzustellen muss künftigen Versuchen überlassen werden. Ich will aber nicht unerwähnt lassen, dass nach einem mit Korkpfropfen angestellten Versuche die (cuticularisirten) Membranen der luftgefüllten Korkzellen unzweifelhaft dazu fähig sind.

### Versuch 32.

Es wurden am 27. Januar um 1 p. m. in zwei Absorptionsröhren mehrere Bouteillenkörke eingeführt. Ihr Volumen erwies sich später (durch Versenkung in Wasser bestimmt) als 28 resp. 32 C. c. gleich. In I wurde Luft, in II reine Kohlensäure abgesperrt. Bis 2 p. m. steigt das Quecksilber in I (durch Temperatenausgleichung) nur um 0,18 Mm., in II dagegen um 1,64 Mm.

				Normalvolumina.	
				I	II
27. Januar	2	p. m.	12,4°	58,46 C. c.	51,00 C. c.
29. »	9½	a. m.	12,2	58,50	47,44
30. »	10	»	12,7	58,52	46,98

Um 1 p. m. wurde in beide Röhren rasch frische Luft eingeführt.

30. Januar	1 <sup>h</sup> 10'	p. m.	13,7°	61,32 C. c.	55,26 C. c.
30. »	2 10	»	13,9	61,37	55,79
30. »	6 40	»	14,1	61,39	56,52
31. »	2 40	»	13,6	61,33	57,37

Es hatten also die 32 C. c. Korkpfropfen etwa 5 C. c. Kohlensäure verschluckt. Gegenüber der Absorption lufttrockener Samen erscheint diese Grösse als sehr gering; es ist aber nicht zu vergessen, dass in dem Korke die feste Substanz, die ja hier ausschliesslich in Betracht kommt, nur einen geringen Theil des Gesamtvolumens einnimmt.

Ueber die verschiedenen hier aufgeworfenen Fragen hoffe ich nächstens im Stande zu sein nähere Auskunft zu geben.

Schliesslich erlaube ich mir die wichtigsten Resultate der vorliegenden Abhandlung kurz zusammenzufassen.

1) Die Athmungsintensität eines von der Pflanze abgetrennten Sprosses bleibt unter constanten Bedingungen keineswegs constant; im Dunkeln sinkt sie auffallend.

2) Dieses Sinken wird durch den allmäligen Verbrauch des Kohlehydratvorraths hervorgerufen, denn

3) eine Neubildung von Kohlehydraten auf dem Wege der Assimilation hat einen neuen Aufschwung der Athmungsintensität zur Folge.

4) Dass dieser Aufschwung durch Assimilation und nicht durch einfache Absorption von Kohlensäure hervorgerufen wird, erhellt aus folgenden Thatsachen:

a) Es muss dem Sprosse, um seine im Dunkeln abgeschwächte Athmung zu erhöhen, sowohl Kohlensäure als Licht zu Gebote gestellt werden.

b) In kohlenstoffreicher Luft bleibt die Insolation wirkungslos.

c) Ein Verweilen in an Kohlensäure noch so reicher Luft im Dunkeln bleibt ohne (dauernden) Einfluss.

d) Dagegen tritt der Aufschwung auch bei Insolation in freier Luft, also bei einem minimalen Procentgehalt von Kohlensäure, auf.

e) Nach einer Insulationsperiode steigt nicht nur die Kohlensäurebildung, sondern auch die Sauerstoffabsorption.

f) Die Intensität des Lichtes übt einen grossen Einfluss aus: Sonnenschein stärkt die Athmung mehr als diffuses Licht eines trüben Tages.

g) Es sind dabei die schwächer brechbaren Strahlen beteiligt.

5) Neben dem dauernden durch Assimilation hervorgerufenen Aufschwung der Athmungsintensität kann aber noch eine Steigerung der Kohlensäureausscheidung durch physikalisch absorbierte Kohlensäure statt finden.

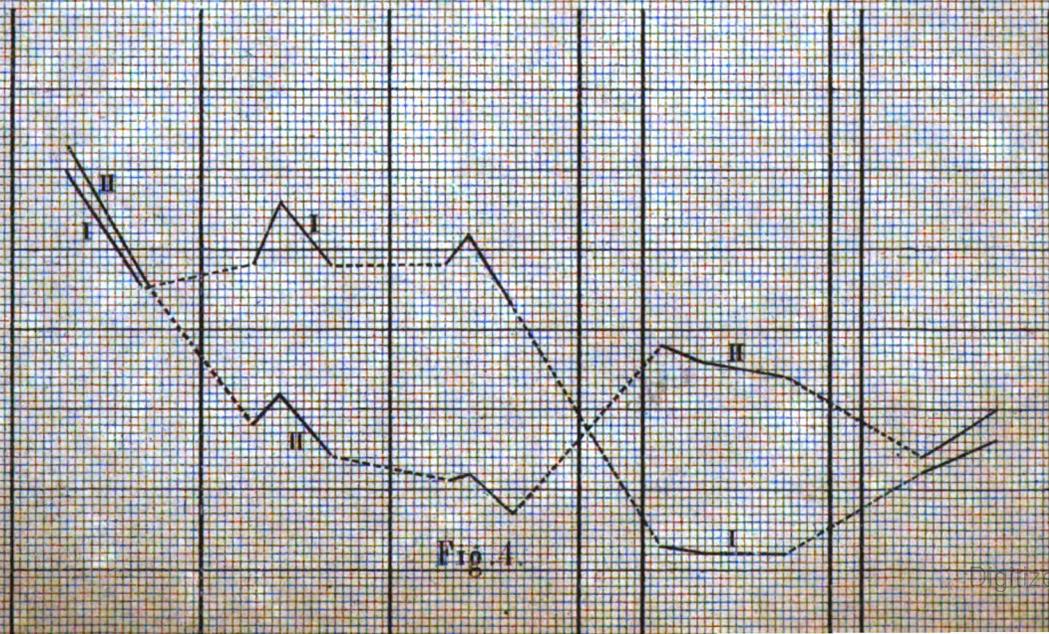
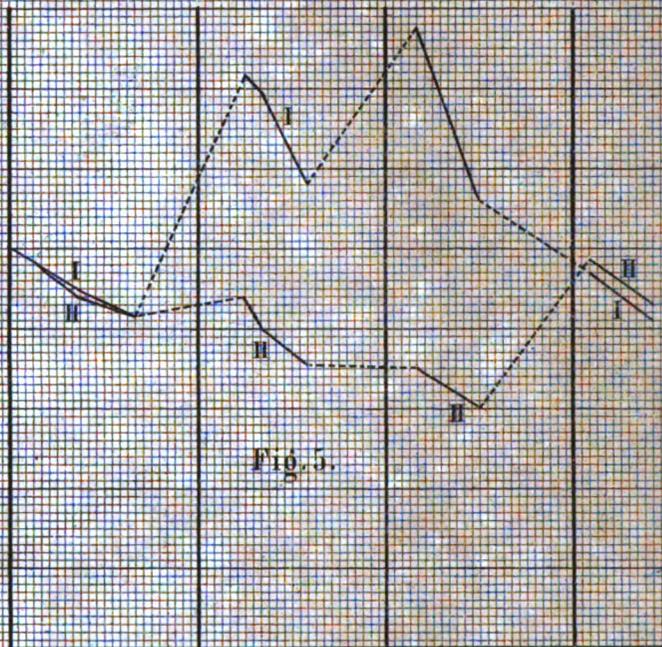
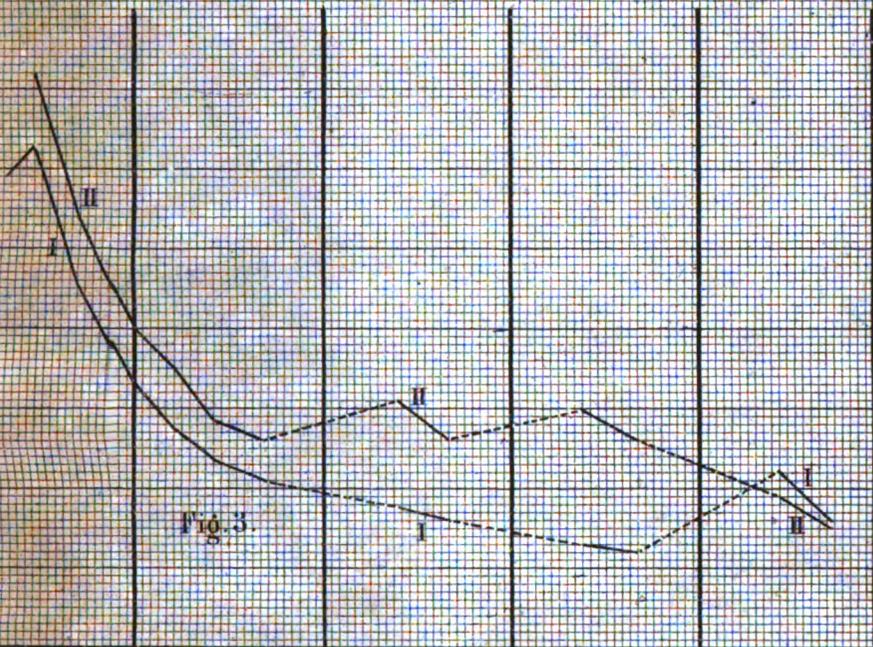
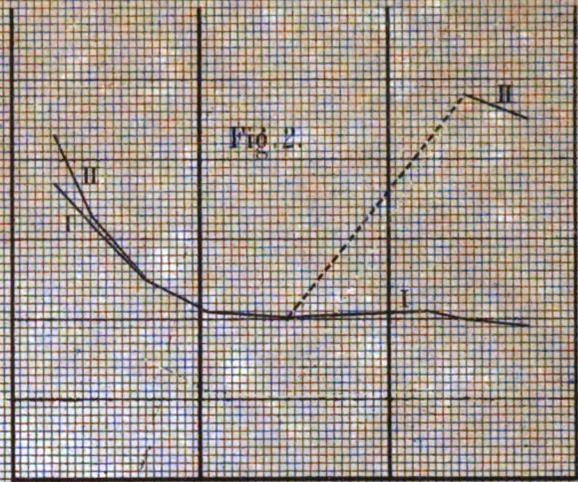
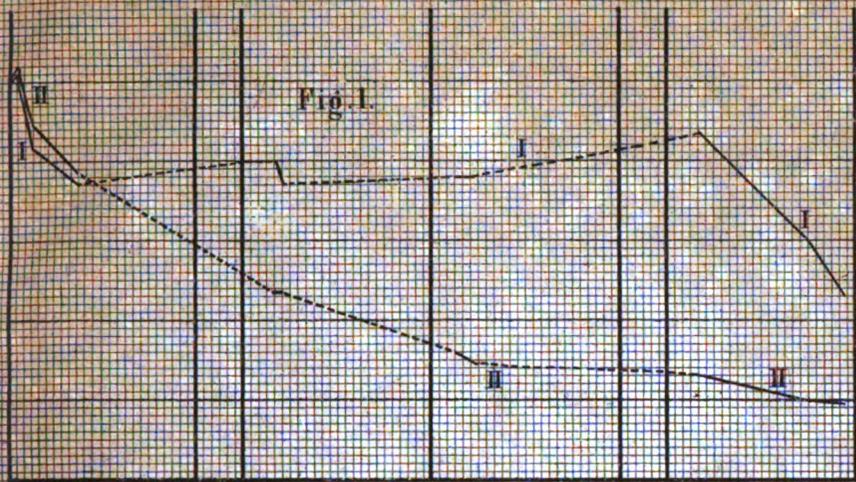
6) Dieselbe wird aber nur nach einem Verweilen in kohlensäurereicher Luft, und zwar auch im Dunkeln, beobachtet und ist rasch vorübergehend. Das aus einer 5%—7% Kohlensäure enthaltender Luft absorbierte Gas wird in reiner Luft schon während der ersten 1—2 Stunden wieder ausgehaucht.

7) Die Kohlensäure wird von der festen Pflanzsubstanz energisch absorbiert und zwar scheinen gequollene Samen, auf die Volumeneinheit bezogen, nicht mehr als trockene davon aufzunehmen.

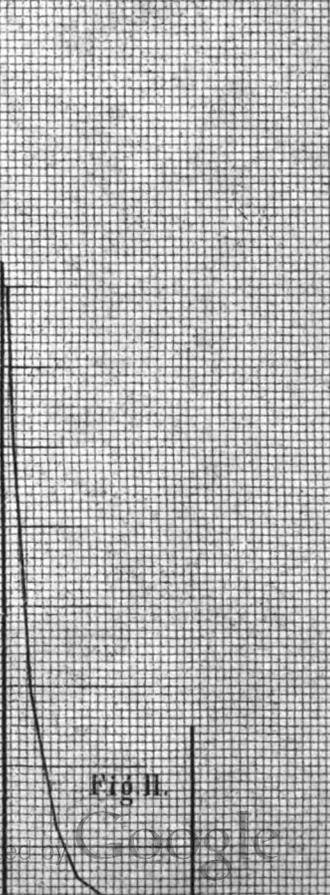
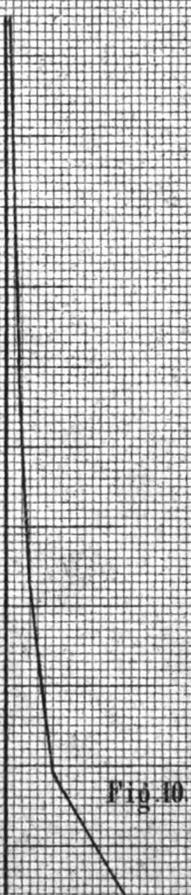
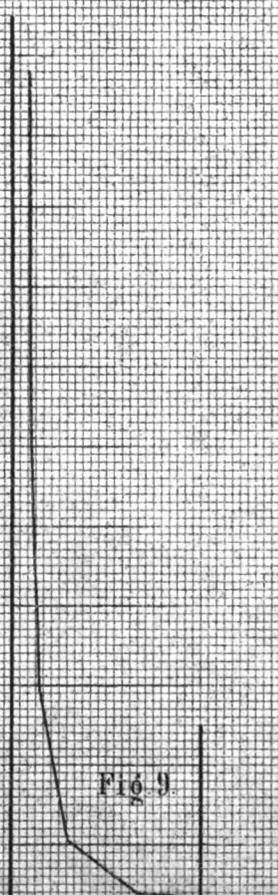
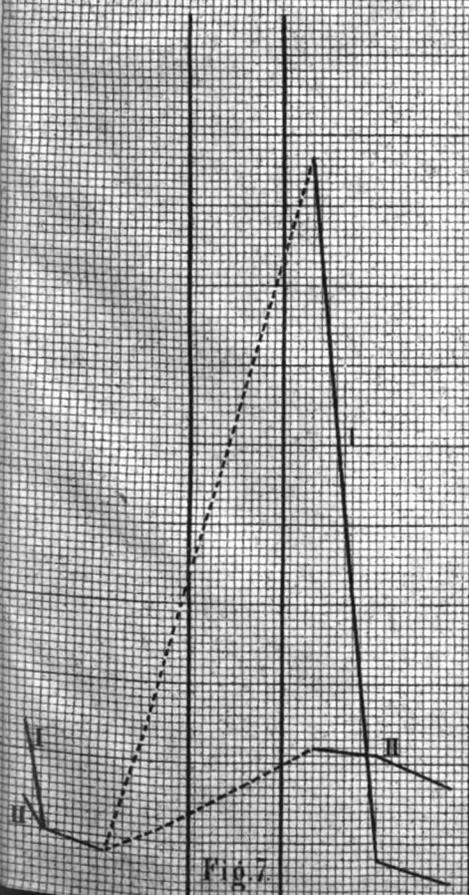
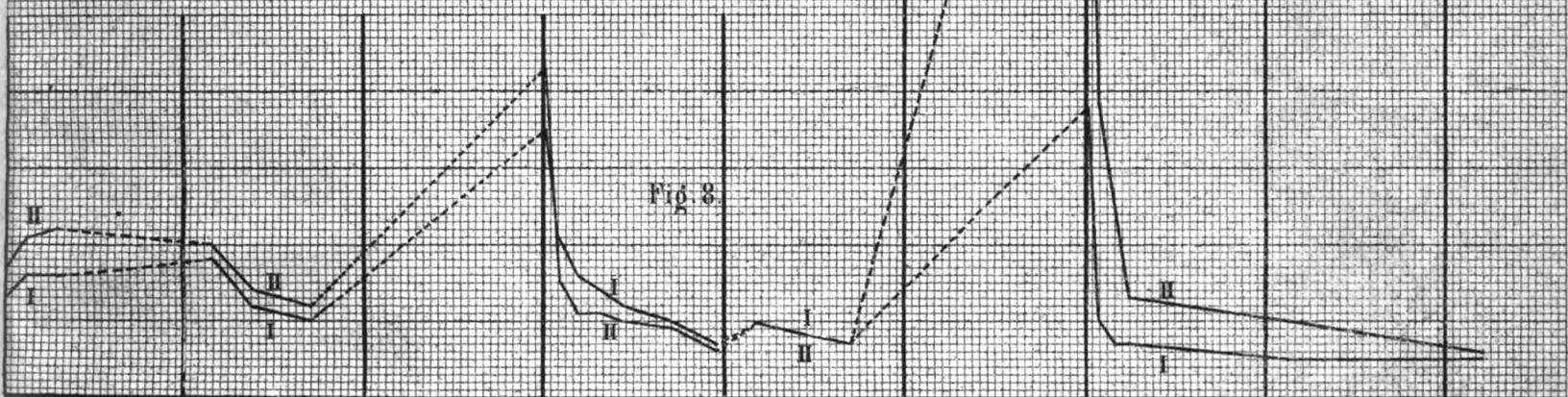
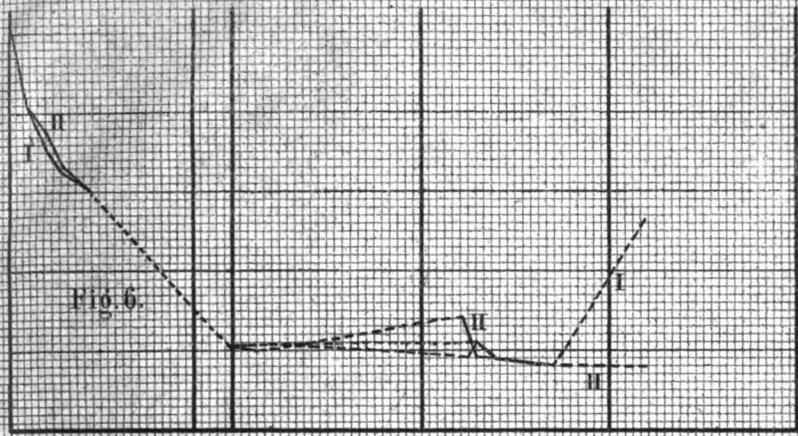
8) Wasserstoff absorbieren lufttrockene Samen nur in unbedeutendem Grade.

St. Petersburg. November 1880.











U.C. BERKELEY LIBRARIES



C026275631

