

Untersuchungen über die Wirkung chemischer Stoffe auf die Atmung keimender Samen

VON FRANZ JOSEPH GINDELE, München

Mit 1 Figur

A. Einleitung

Schon im letzten Jahrhundert hat die Frage der chemischen Stimulation pflanzlicher Organismen zu vielen Erörterungen und Untersuchungen Anlaß gegeben. Seitdem dann auch die Landwirtschaft auf Grund günstig ausgefallener Stimulierungsversuche daraus Nutzen ziehen zu können glaubte, ist das Interesse für dieses bedeutungsvolle Gebiet immer noch größer geworden. Auf die einzelnen positiven und negativen Ergebnisse der durchgeführten Wachstumsstimulationsversuche hier einzugehen, können wir verzichten, da GASSNER (16) uns in seiner Arbeit „Der gegenwärtige Stand der Stimulationsfrage“ einen Überblick gegeben hat.

Bei der Möglichkeit einer äußerlich sichtbaren Reizwirkung chemischer Stoffe möchte man aber doch auch ein Bild über den Verlauf der inneren Vorgänge im gereizten Organismus gewinnen. Deshalb verdient vor allem die Stimulation der Atmung größte Beachtung. Da wir über den genaueren normalen Chemismus der Atmung nur Theorien aufstellen können, ist es natürlich noch schwieriger, ihre Stimulation durch kleinste Mengen mehr oder wenig giftiger Stoffe zu erklären. PALLADINS (40) Meinung ist, daß Gifte die Atmungsfermente in der gereizten Zelle erheblich vermehren können. WARBURG (63) glaubt, daß durch die starke Oberflächenaktivität mancher Gifte die für die Atmung so wichtigen Grenzflächenerscheinungen eine Veränderung erleiden. POPOFF (43) denkt sich eine Reizwirkung chemischer Stoffe etwa folgendermaßen: Jeder lebende Eiweißkörper besteht aus einem Kern, der eine Anzahl Seitenketten gebunden hält. Diese „Atmungsseitenketten“ müssen den Sauerstoff aus dem umgebenden Medium labil binden. Sind nun die Atmungsseitenketten sauerstoffgesättigt, so tritt ein Stillstand der Lebensfunktionen ein. Die Wirkung des in der entsprechenden Konzentration angewandten Stimulationsmittels besteht nun darin, daß es den Seitenketten Sauerstoff entzieht, also desoxydierend wirkt. Dadurch werden freie Affinitäten für Sauer-

stoff im lebenden Molekül frei, was eine Erhöhung des Oxydationsprozesses oder der Atmungstätigkeit zur Folge haben muß. Von diesem Gedanken ausgehend, glaubt POPOFF alle Stimulationsergebnisse erklären zu können. Die Atmung wäre nach seiner Auffassung der primäre, das Wachstum dagegen die Folge, also der sekundäre Vorgang. Ein durch Stimulantien gesteigertes Wachstum hätte seine Ursache in einer vorausgehenden stärkeren Atmung. LOW (33) glaubt nicht, daß der Oxydationsprozeß beschleunigt wird, sondern daß z. B. Mangansalze die Wirkung der Oxydasen steigern und dadurch bestimmte Nebenprodukte des Stoffwechsels verändert werden, welche als Hemmungsstoffe eine Rolle spielen. Nach SCHAFFNIT (52) wäre es vielleicht möglich, daß die enzymatischen Prozesse durch Reizchemikalien beschleunigt werden. ZLATAROFF (70) widerspricht der Ansicht POPOFFS, weil der Wasserauszug keimender Kichererbsen auf Mais-, Roggen- und Linsenkörner stimulierend wirke und deshalb die chemischen Prozesse im keimenden Samen Autokatalysen seien. Es wären also koenzymatische Agenzien, welche die Stimulation hervorrufen, und nicht Reduktionsvorgänge. Daß die pflanzliche Atmung tatsächlich durch chemische Stoffe gesteigert werden kann, ist bei den verschiedensten Pflanzen und Pflanzenteilen schon oftmals untersucht und bestätigt worden. Wie auch CZAPEK (9) feststellt, finden sich aber bei diesen angestellten Versuchen manche Widersprüche. Sie haben meiner Ansicht nach ihren Grund in den verschiedenen Versuchsmethoden. Auch wurde nicht immer die normale Atmung des verwendeten Materials, die oft sehr von rein äußerlichen Umständen abhängig sein kann, berücksichtigt. Ganz besondere Aufmerksamkeit wurde schon früher, besonders aber in letzter Zeit der Samenstimulation gewidmet. Die Wirkung der Saatbeizmittel z. B. soll nicht nur bactericid, sondern auch gleichzeitig stimulierend auf das Plasma wirken. Gerade auch aus diesem Grunde war es wünschenswert, zumal manche Forscher eine durch chemische Stoffe erhöhte Atmungstätigkeit für ihre positiven praktischen Stimulationsergebnisse verantwortlich machen, endgültig einmal klar festzustellen, in welchen Grenzen sich die Atmung von Samen nach Zusatz bekannter als stimulationsfähig geltender Stoffe in der ersten Zeit der Keimung möglicherweise stimulieren läßt. Um ein annähernd genaues Bild über die normale Atmung von Samen zu erhalten und um entscheiden zu können, welche äußeren Umstände mit zu berücksichtigen sind, wenn es sich um einen Vergleich der

Atmung stimulierter und nichtstimulierter Samen handelt, wurden zuerst Versuche ohne chemische Stoffe angestellt. Nachdem sich aus den ausgeführten Normalversuchen doch manche für die folgenden Stimulierungsversuche notwendig wissenswerte Tatsachen ergeben hatten, wurden verschiedene Salze und Narcotica auf die Samenatmung geprüft.

B. Methodisches

Um ein Bild von der Größe der Atmung zu bekommen, wurde die in der Zeiteinheit abgegebene Kohlensäuremenge mittels der PETTENKOFERSCHEN Methode (1) bestimmt. Mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe wurde die atmosphärische Luft angesaugt, und zwar passierte sie zur Absorption der atmosphärischen Kohlensäure zuerst 4 Waschflaschen mit je 300 ccm Barytwasser Inhalt, an welche sich der dem einzelnen Versuch angepaßte Behälter für das Atmungsmaterial anschloß. Mit diesem Behälter waren zwei PETTENKOFER-Röhren mit je 100 ccm titriertem Barytwasser zur Aufnahme der Kohlensäure des atmenden Materials verbunden, die ihrerseits mit der Wasserstrahlluftpumpe kommunizierten. Damit beim stündlichen Wechsel der PETTENKOFER-Röhren keine Pause im Luftstrom eintrat, waren sie an den Enden durch je einen Dreiweghahn mit dem Schlauch, der zur Wasserstrahlpumpe führte, und dem Behälter für das Atmungsmaterial verbunden. So konnte nach Ablauf jeder Stunde durch schnelles Umdrehen der Hähne der Luftstrom ohne Stockung in die andere Röhre übergeleitet werden. Letzteres war, wie ich feststellte, notwendig, da jede kleine Hemmung des Luftstroms das Atmungsmaterial in der Kohlensäureabgabe beeinflussen konnte. Um möglichst viele Kohlensäurewerte gleichzeitig zu erhalten, wurde das beschriebene System verdoppelt, von Versuch 8 ab vervierfacht. Mittels einer Gasuhr und eines Strömungsmanometers nach HABER wurde die Stärke und Konstanz der Saugluft geprüft. Es wurde streng darauf geachtet, daß die Strömungsgeschwindigkeit immer die gleiche war. Die Konstanz der Saugluft in den 4 Versuchsreihen wurde dadurch erreicht, daß die vier gleichen Wasserstrahlluftpumpen sich in gleicher Höhe und Entfernung vom wasserspeisenden Behälter und den an sie anschließenden PETTENKOFER-Röhren befanden. Außerdem wurde statt der sonst in Laboratorien gebräuchlichen kleinen, für unsere Zwecke aber unbrauchbaren Wassersaugflaschen auf einem 2 m hohen Gestell ein runder, 50 cm hoher und 50 cm weiter Blecheimer

aufgestellt. Der Wasserzufluß wurde so geregelt, daß der Behälter stets bis zur 10 cm vom oberen Rand entfernten Ausflußöffnung voll war. Es war also immer, auch dann, wenn die Wasserzufuhr nicht ganz gleichmäßig war, eine genügend große und gleiche Wassermenge für den Betrieb der Wasserstrahlluftpumpen vorhanden. Auch alles andere, z. B. Größe der Waschflaschen, Stärke des Barytwassers usw. wurde, wenn notwendig, immer möglichst gleichmäßig durchgeführt. Die Zimmertemperatur blieb, wie die Kurven des Thermographen zeigten, während der Versuchszeiten annähernd konstant. Die Schwankung betrug nie mehr als $\frac{1}{2}^{\circ}$ C. Da es bei den Stimulationsversuchen nur darauf ankam, die Einwirkung der Stimulantien in verschiedenen Konzentrationen und Einwirkungszeiten festzustellen und gleichzeitig immer ein Kontrollversuch ohne Stimulans ausgeführt wurde, konnte die jeweils herrschende Temperatur unberücksichtigt bleiben. Das destillierte Wasser, in dem das Material sich während der Vorquellung befand, hatte die ständige Temperatur von $15,5^{\circ}$ C. Das Barytwasser wurde mit Oxalsäure titriert. Indikator war Phenolphthalein. Um möglichst genaue Werte zu erhalten, wurde von 3 Titrationen der Durchschnitt genommen. Stimmt die zweite Titration mit der ersten überein, wurde auf eine dritte verzichtet. Um zu sehen, ob die ermittelten Kohlensäuremengen nur vom Atmungsmaterial herrührten, wurden öfters Blindversuche angestellt. In keinem Fall zeigte das Barytwasser nach dem Versuch ohne Material eine Veränderung, die mehr als die Fehlergrenze — 0,2 bis 0,3 mg Kohlensäure — betrug. Endlich war noch zu fragen, ob die in einer Stunde abgegebenen Kohlensäuremengen vollständig in einer PETTENKOFER-Röhre absorbiert werden. Vier Versuche mit 2 PETTENKOFER-Röhren zeigten, daß erst nach der vierten Stunde geringe Mengen Kohlensäure — 0,40 mg — in der zweiten Röhre absorbiert wurden. Da die Kohlensäureabgabe immer stündlich bestimmt wurde, genügte also eine Röhre. In drei Versuchen wurde das Versuchsmaterial geschüttelt. Das Schütteln besorgte ein kräftiger Schüttelapparat, der mit einem kleinen elektrischen Motor verbunden war. Der Behälter für das Versuchsmaterial war verschieden gewählt. Befand sich das Atmungsmaterial während des Versuchs in Luft, erwies sich eine entsprechend weite Glasröhre sehr geeignet. Diese Glasröhre war 20 cm lang, 7 cm breit und mit Gummistopfen gut zu verschließen. Als Unterlage für die Samen diente eine passende und bequem einzuschiebende Glasplatte. Die Glasplatte hatte den

Vorteil, daß von 10 g jeder Samenart jeder einzelne Samen keimen konnte, ohne von äußeren Einflüssen benachteiligt zu werden. Für größere Samen, z. B. Erbsen oder Bohnen, genügte ein ERLÉNMEYER-Kolben mit 250 ccm Inhalt, wenn es sich darum handelte, ihre Kohlensäureabgabe in Wasser zu bestimmen. Denn wenn der Kolben unten genügend weit war, konnten 10 g größerer Samen auch in gequollenem Zustand ungestört nebeneinander liegen. Für die Schüttelversuche wurde immer ein ERLÉNMEYER-Kolben benutzt.

Als Atmungsmaterial diente: Samen von Erbsen, Viktoria-Sorte, von Fa. SCHMIDT, Erfurt, und von *Phaseolus multiflorus* aus unserem Botanischen Garten, ferner schwedische Weizensorten — reine Linien —, nämlich Panzer-, Klein-, Sonnen-, Land- und Landsommerweizen¹⁾. Die Größe der Erbsen war sehr verschieden. 30 kleinste wogen 7,4 g, 30 größte 14,2 g. Um nun möglichst einheitliche Kohlensäurewerte zu erhalten, war es deshalb notwendig, zu den Versuchen sowohl gleiche Anzahl als auch gleiches Gewicht zu nehmen. Außer Zahl und Gewicht war noch zu berücksichtigen, daß nach einer gewissen Quellzeit manche Erbsen nicht vollständig, manche überhaupt nicht gequollen waren. Da aber die Kohlensäurewerte mit der Wasseraufnahme zunehmen, war es notwendig, um eine gleichmäßige Quellung zu ermöglichen, vor jedem Versuch ein nadelkopfgroßes Stückchen der Samenschale zu entfernen, und zwar geschah dies, ohne dabei das Endosperm oder den Embryo zu verletzen. Ein Versuch zeigte, daß auf diese Weise alle Erbsen gleichzeitig quellen und von jeder Versuchsportion fast gleichviel Wasser aufgenommen wird. Denn zwei Portionen angeritzte Erbsen, je 10 g schwer und je 30 Stück, wogen nach 15-stündiger Quellzeit bei 18,5° C 18,95 und 19,00 g. Die Korngröße der Weizensorten war so, daß auf je 10 g ungefähr

200	Körner	des	Sonnenweizens,
250	„	„	Kleinweizens,
210	„	„	Panzerweizens,
280	„	„	Landweizens,
250	„	„	Landsommerweizens

kamen.

¹⁾ Ich möchte an dieser Stelle Herrn Dr. ACKERMANN in Svalöf für das gütigst zur Verfügung gestellte Weizenmaterial meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

C. Versuche

1. Normale Kohlensäureabgabe

Bevor Stimulierungen vorgenommen wurden, war es unbedingt notwendig, durch mehrere Versuche festzustellen, in welchen Grenzen sich die durchschnittliche Atmungsgröße von Samen in der Zeiteinheit unter verschiedenen gestellten Bedingungen bewegen kann. Unser erster Versuch ging davon aus, die pro Stunde in destilliertem Wasser abgegebene Kohlensäuremenge vorgequellter Erbsen bei konstanter Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit zu ermitteln.

1. Versuch

Atmungsmaterial: 2 Portionen Erbsen, je 10 g und je 30 Stück.

Temperatur: 19° C.

Strömungsgeschwindigkeit: 1,5 Liter Luft pro Stunde.

Vorbehandlung: 8 Stunden Quellzeit in je 50 ccm destilliertem Wasser.

Von der 9. bis 16. Stunde wurde die Kohlensäureabgabe der sich im Quellwasser befindenden Erbsen bestimmt.

Stunde	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	D.W.
Nr. 1	9.64	5.62	4.74	4.20	3.22	2.56	3.84	4.38	4.08
Nr. 2	8.46	5.78	4.88	4.60	2.20	2.83	3.82	5.32	4.21

D.W. = Durchschnittswert

G.D.W. = 4.15 mg CO₂

G.D.W. = Gesamtdurchschnittswert

Die Kohlensäurewerte der ersten Versuchsstunde sind in Versuch 1, wie auch in allen anderen ausgeführten Versuchen bei der Errechnung des stündlichen Durchschnittswertes nicht berücksichtigt, da vor jedem Versuch ungleich große Mengen Kohlensäure im Apparat sich befinden konnten und außerdem anzunehmen war, daß sich das Atmungsmaterial, um möglichst regelmäßig die Kohlensäure abgeben zu können, zuerst an die durchströmende Luft gewöhnen mußte.

Aus Versuch 1 kann man ersehen, daß die Kohlensäurewerte in Nr. 1 von der 9. bis zur 14. Stunde und in Nr. 2 bis zur 13. Stunde fallen. Daß dieses schon von SIERP (56) u. a. beobachtete Fallen der Kohlensäurewerte nicht etwa daher rührt, daß die im Quellwasser angereicherte Kohlensäure erst allmählich durch den Luftstrom ausgetrieben wird, ist in seiner Arbeit schon bewiesen. Nach SIERPS (56) Ansicht könnten vielleicht Absorptionsvorgänge in den Erbsen das Fallen der Kohlensäurewerte bewirken. Es fragt sich nun, ob diese Erscheinung auch dann auftritt, wenn die Erbsen mit Hilfe eines Schüttelapparates kräftig hin und her bewegt werden. Es wurde dadurch das Diffusionsgefälle wesentlich ver-

größert und eine Anreicherung von Kohlensäure um die Erbsen vermieden. Im nächsten Versuch liegen die Erbsen also nicht ruhig im Wasser, sondern werden darin kräftig geschüttelt.

2. Versuch

Atmungsmaterial: 2 Portionen Erbsen, je 10 g und je 30 Stück.

Temperatur: 19° C.

Strömungsgeschwindigkeit: 1,5 Liter pro Stunde.

Vorbehandlung: 8 Stunden Quellzeit in 100 ccm destilliertem Wasser.

Von der 9. bis 16. Stunde wurde die Kohlensäureabgabe bestimmt, wobei die Erbsen im Quellwasser kräftig geschüttelt wurden.

Stunde	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	D.W.
Nr. 1	16.28	5.92	5.80	5.93	6.10	6.00	6.24	6.29	6.04
Nr. 2	14.00	6.78	6.96	6.83	6.58	6.74	6.91	7.08	6.84

G.D.W. = 6.44 mg CO₂

In Versuch 2 Nr. 2 ist der durchschnittliche Kohlensäurewert etwas höher als in Nr. 1, die Folge von beginnender Bakterientätigkeit; das Wasser, in dem die Erbsen sich während des Versuches befanden, war trüb und sauer. Im allgemeinen war das Quellwasser bei allen Erbsenversuchen ca. 24 Stunden lang vollständig klar und auch ziemlich frei von Bakterien. Die Tätigkeit der Bakterien bei unseren Versuchen wird später noch eingehender besprochen.

Aus Versuch 2 geht hervor, daß die Kohlensäurewerte wesentlich höher liegen als bei Versuch 1. Auch tritt das Fallen der Kohlensäurewerte bis zur 14. Stunde nicht mehr zutage. Durch das Schütteln werden also, wie Versuch 2 deutlich zeigt, die Kohlensäuremengen größer. Es geht somit, wenn die Erbsen während des Versuches ruhig in Wasser liegen, ein Teil der ausgeatmeten Kohlensäure für die Ermittlung eines absoluten normalen Kohlensäurewertes auf irgend eine Weise verloren. Das Schütteln könnte allerdings auch stimulierend auf die Atmung eingewirkt haben. Um zu entscheiden, ob das Schütteln anregend wirkt, wurden in den folgenden Versuchen die Erbsen nur in 50 ccm Wasser und in Luft geschüttelt.

3. Versuch

Atmungsmaterial: 2 Portionen Erbsen, je 10 g und je 30 Stück

Temperatur: 19° C.

Strömungsgeschwindigkeit: 1,5 Liter pro Stunde.

Vorbehandlung: 8 Stunden Quellzeit in 50 ccm destilliertem Wasser.

Von der 9. bis 16. Stunde wurde die Kohlensäureabgabe bestimmt, wobei die Erbsen im Quellwasser geschüttelt wurden.

Stunde	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	D.W.
Nr. 1	9.40	5.56	7.08	6.96	6.80	8.68	5.98	7.78	6.98
Nr. 2	12.40	7.25	7.20	7.52	7.34	6.00	4.89	8.78	6.98

G.D.W. = 6.98 mg CO₂

Wenn die Erbsen also nur in 50 ccm Wasser geschüttelt werden, sind die Kohlensäuremengen größer als in Versuch 2 mit 100 ccm Wasser. Auch die einzelnen Werte zeigen größere Schwankungen als im Versuch 2 bei 100 ccm Wasser. Noch deutlicher müßte eine stimulierende Wirkung hervortreten, wenn die Erbsen in Luft geschüttelt werden.

4. Versuch

Atmungsmaterial: 2 Portionen Erbsen, je 10 g und je 30 Stück.

Temperatur: 19° C.

Strömungsgeschwindigkeit: 15 Liter pro Stunde.

Vorbehandlung: 8 Stunden Quellzeit in 50 ccm destilliertem Wasser.

Sodann wurde das Quellwasser beseitigt und von der 9. bis 16. Stunde unter kräftigem Schütteln die Kohlensäureabgabe der in Luft sich befindenden Samen bestimmt.

Stunde	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	D.W.
Nr. 1	8.64	7.16	5.40	6.28	6.02	8.04	8.76	7.84	7.07
Nr. 2	10.82	4.88	6.08	10.00	11.16	7.88	7.46	6.98	7.78

G.D.W. = 7.43 mg CO₂

Beim Luftversuch sind die Kohlensäurewerte wieder höher als beim vorhergehenden Wasserversuch und die einzelnen Kohlensäurewerte schwanken sehr stark. Im übrigen zeigen die G. D. W. der Versuche 2, 3 und 4, daß die Kohlensäureabgabe mit der Abnahme des Wassers im Versuchsgefäß zunimmt.

Es handelt sich jetzt nur um die Frage, wie groß die Kohlensäureabgabe der sich in Luft befindenden Erbsen ist, wenn sie nicht geschüttelt werden. Ist in diesem Falle die Kohlensäureabgabe schwächer als im letzten Schüttelversuch in Luft, darf man sicher annehmen, daß das Schütteln die Atmung stimuliert.

5. Versuch

Atmungsmaterial: 2 Portionen Erbsen, je 10 g und je 30 Stück

Temperatur: 19° C.

Strömungsgeschwindigkeit: 15 Liter pro Stunde.

Vorbehandlung: 8 Stunden Quellzeit in 50 ccm destilliertem Wasser.

Sodann wurde das Quellwasser beseitigt und von der 9. bis 16. Stunde die Kohlensäureabgabe ohne Schütteln in Luft bestimmt.

Stunde	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	D.W.
Nr. 1	9.26	7.24	7.56	6.96	7.88	8.00	7.56	7.32	7.50
Nr. 2	8.88	5.76	6.04	7.72	7.24	7.52	7.20	8.76	7.18

G.D.W. = 7.34 mg CO₂

Vergleicht man Versuch 5 mit 4, so ergibt sich die Tatsache, daß die Erbsen in Luft durchschnittlich gleich große Kohlensäuremengen abgeben, ob sie nun geschüttelt werden oder nicht. Eine direkte Stimulation kommt deshalb nicht in Betracht. Zweifellos hat aber das Schütteln in Wasser einen Einfluß auf die Kohlensäureabgabe; denn wenn man die einzelnen Kohlensäurewerte der Schüttelversuche 2, 3 und 4 mit Versuch 5 vergleicht, fällt auf, daß die Kohlensäurewerte der Schüttelversuche sehr große Schwankungen zeigen. In Versuch 4 Nr. 2 z. B. steigt in der 11. zur 12. Stunde der Kohlensäurewert plötzlich von 6,08 auf 10,08 mg CO₂. In Versuch 5 dagegen bewegen sich die Werte fast immer zwischen 7 und 8 mg. Die Kohlensäureabgabe erfolgt also fast regelmäßig.

In der folgenden Tabelle finden wir die Gesamt-Durchschnittswerte der Versuche 1 bis 5 zusammengestellt. Bei allen Versuchen war das Versuchsmaterial, die Quellzeit, Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit gleich.

Versuchs-Nr.	Behandlung des Atmungsmaterials während des Versuchs	Abgegebene CO ₂ -Menge in mg pro Stunde
1	In 50 ccm Wasser nicht geschüttelt	4.15
2	In 100 ccm Wasser geschüttelt	6.44
3	In 50 ccm Wasser geschüttelt	6.98
4	In Luft geschüttelt	7.43
5	In Luft nicht geschüttelt	7.34

Aus den Gesamtdurchschnittswerten der Versuche 1 bis 5 läßt sich also zunächst der Schluß ziehen, daß die Kohlensäureabgabe der Erbsen in Luft natürlich größer ist als in Wasser. In den Schüttelversuchen 2, 3 und 4 wird gleichzeitig mit abnehmender Wassermenge im Versuchsgefäß der in Versuch 1 ermittelte Kohlensäurewert von 4,15 auf 7,43 erhöht. Der durchschnittliche Wert des Schüttelversuches 4 in Luft — 7,43 — übersteigt aber nicht den des ungeschüttelten Luftversuchs — 7,34 — um mehr als die Fehlergrenze beträgt. Es handelt sich also deshalb hier um keine eigentliche Stimulation der Atmung durch das Schütteln, sonst müßte ja der Kohlensäurewert von Versuch 4 wesentlich höher liegen; sondern durch das Schütteln der in Wasser liegenden Erbsen wird bewirkt, daß die Kohlensäure je nach der vorhandenen Wassermenge im Versuchsgefäß möglichst vollständig sofort an den passierenden Luftstrom abgegeben wird und nicht durch eine nicht näher zu bestimmende Ursache für die Ermittlung der wirklichen Atmungs-

größe verloren geht. Bewiesen wird letztere Tatsache vor allem durch das 5 Stunden lange Fallen der Kohlensäurewerte. Da beim Luftversuch 5 ohne Schütteln auch die einzelnen Kohlensäurewerte ziemlich regelmäßig sind und eine Veränderung dieser Regelmäßigkeit sofort auf eine Veränderung der Atmungstätigkeit durch irgendeinen anderen hinzukommenden fremden Faktor, z. B. ein Stimulans, schließen läßt, wurde für die nächsten Versuche diese Versuchsmethodik beibehalten.

Endlich ersieht man auch aus den Versuchen, wie notwendig es ist, sich nicht bloß mit einem einzigen Kohlensäurewert, wie es früher oftmals geschah, zu begnügen. Nur eine möglichst große Zahl einheitlich ermittelter Kohlensäurewerte vermag einen Einblick in derartige Atmungsvorgänge zu bringen.

Zum Schluß war noch unbedingt notwendig, zu wissen, ob bei Samenversuchen Gewicht und Zahl zu berücksichtigen sind. Man wäre nach Ausführungen PUTTERS (45) zur Annahme geneigt, daß z. B. 37 kleinste Erbsen infolge ihrer größeren Oberfläche mehr Kohlensäure abgeben als 22 größte mit dem gleichen Gewicht. Der nächste Versuch soll zeigen, wie weit je 10 g kleinste, mittlere und größte Erbsen in ihrer Atmungsgröße differieren.

6. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g.

Temperatur: 18,5° C.

Vorbehandlung: 15 Stunden Quellzeit in je 50 ccm destilliertem Wasser.

Sodann wurden die Erbsen mit Filtrierpapier abgetrocknet, gewogen, hierauf wieder schwach befeuchtet und auf feuchtem Filtrierpapier ausgebreitet in die schon in der Beschreibung der Methodik erwähnten Glasröhren gebracht. Von der 16. bis 22. Stunde wurde ihre Kohlensäureabgabe in Luft bestimmt.

	Gewicht nach der Quellung	Stunde							D.W.
		16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	
Nr. 1 37 kleinste . . .	19.40 g	5.16	4.32	6.60	6.94	6.24	7.08	7.22	6.40
Nr. 2 22 größte . . .	18.50 g	4.64	4.38	6.24	6.63	6.18	6.73	7.11	6.21
Nr. 3 30 mittlere . . .	18.95 g	5.54	4.25	6.00	7.04	7.54	6.98	7.25	6.51
Nr. 4 30 mittlere . . .	19.00 g	5.28	4.00	6.28	6.38	7.09	7.12	6.96	6.31

Die Durchschnittswerte ergeben, daß es, wenn es sich darum handelt, die Atmung des ersten Keimstadiums vergleichend zu untersuchen, bei Erbsen mehr auf gleiches Gewicht als auf gleiche Zahl ankommt. Die Durchschnittswerte von Nr. 3 und 4 liegen,

obwohl die Erbsen gleiches Gewicht und gleiche Zahl haben, gleich weit auseinander wie bei Nr. 1 und 2, wo es kleinste und größte sind. Auch die größere Wasseraufnahme der 37 kleinsten Erbsen scheint von nicht besonderer Bedeutung für die Kohlensäureabgabe zu sein. JAUERKA (21) findet sogar, daß z. B. 17 größte *Ricinus*-Samen mehr Kohlensäure abgeben als 41 kleinste. Bei *Triticum* liegen die Verhältnisse betreffs Einfluß von Zahl und Größe der Samen auf die Kohlensäureabgabe anders wie wir sehen werden.

Außer *Pisum* wurden, wie eben erwähnt, auch die in der Einleitung besprochenen *Triticum*-Sorten zur Untersuchung ihrer Atmungsgröße herangezogen. Nach JAUERKA (21) u. a. sollen Weizensamen für Atmungsversuche geeigneter sein. Sie haben zunächst die gute Eigenschaft einer gleichmäßiger verlaufenden Keimung als *Pisum*-Samen. Es wurde beobachtet, daß am 3. Tag von 300 Weizenkörnern fast alle — ca. 95% — gleichlange Würzelchen hatten, während von 30 Erbsen etwa 20 Würzelchen erst anfangen, die Samenschale zu durchbrechen, 10 dagegen schon 2 bis 3 cm lange Würzelchen hatten. Zweifellos zeitigt dann diese Keimungsunregelmäßigkeit der Erbsen gewisse Schwankungen in der Kohlensäureabgabe und läßt deshalb eine längere Untersuchung gequollener Samen nicht ratsam erscheinen. Namentlich zum Vergleich mit Stimulationsversuchen könnte letzterer Umstand leicht zu falschen Schlüssen führen. Außerdem ist es, wie NABOKICH (39) feststellte, unmöglich, gequollene Erbsen ohne Zusatz von desinfizierenden Stoffen länger als 24 Stunden bakterienfrei zu halten. Die eiweißreichen Leguminosen bilden nach ZALESKI (69) bei ihrer Keimung vor allem Aminosäuren. Diese Abbauprodukte verändern natürlich schon bald die Reaktion des Quellwassers und tragen als Nahrungsstoffe zu lebhafter Bakterientätigkeit bei. Weizenversuche dagegen können mehrere Tage lang fortgesetzt werden, ohne daß Bakterien in größerer Menge wahrzunehmen sind. Auch KOLKWITZ (27) hält für unsere Zwecke eine Desinfektion der Getreidekörner für unnötig. Sollte das eine oder andere Korn infiziert sein, so dürfte dies doch bei der großen Zahl der Versuchskörner keinen nennenswerten Ausschlag in den Kohlensäurewerten ergeben. Sicherlich ist es zweckmäßiger, das Samenmaterial nicht zu desinfizieren, wenn es sich um Stimulationsversuche handelt. Auch für Stimulationsversuche mit Weizen müssen wir zunächst wie bei den Erbsen den normalen Atmungsverlauf kennenlernen.

Die nächsten Versuche sollen uns die durchschnittliche stündliche Atmungsgröße von 4 Weizensorten in den ersten 4 Keimtagen zeigen. Ohne auf die Größe oder Zahl der Körner Rücksicht zu nehmen, wurden zunächst je 10 g jeder Sorte verwendet. Die Weizenkörner gaben die ermittelten Kohlensäuremengen in Luft ab, da dadurch, wie die Erbsenversuche zeigten, die Atmungswerte sich am ehesten in ihrer normalen Größe herausstellen.

7. Versuch

Atmungsmaterial: je 10 g Panzerweizen, 210 Körner (mit P bezeichnet)

„ 10 g Kleinweizen, 253 „ („ K „)

„ 10 g Sonnenweizen, 203 „ („ S „)

„ 10 g Landweizen, 282 „ („ L „)

Temperatur: 18,5° C.

Vorbehandlung: Quellzeit 6 Stunden in je 30 ccm destilliertem Wasser, von der 7. bis 18. Stunde auf feuchtem Filtrierpapier in bedeckten Petrischalen. Die Kohlensäureabgabe der Weizenkeime wurde in Luft stündlich bestimmt:

von der 19. bis 26. Stunde (1. Tag)

„ „ 42. „ 48. „ (2 „)

„ „ 66. „ 72. „ (3 „)

„ „ 90. „ 96. „ (4 „)

In den Zwischenzeiten waren die Weizenkeimlinge in 4 bedeckten Petrischalen auf feuchtem Filtrierpapier.

Kohlensäure-Abgabe am 1. Tag

Stunde:	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1 P	4.80	2.96	4.12	4.00	4.04	4.31	4.20	4.61	4.03
Nr. 2 K	4.42	2.40	3.60	3.04	3.24	3.63	3.48	3.87	3.32
Nr. 3 S	3.72	2.40	3.40	2.76	3.64	4.02	3.44	3.98	3.38
Nr. 4 L	3.64	2.44	3.69	2.80	3.92	3.35	4.06	3.77	3.43

Kohlensäure-Abgabe am 2. Tag

Stunde:	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	D.W.
Nr. 1 P	7.60	6.98	8.44	7.88	8.24	8.06	8.19	7.96
Nr. 2 K	6.00	6.31	6.84	6.94	7.18	7.00	7.09	6.89
Nr. 3 S	6.40	6.32	7.12	6.07	7.08	7.56	7.50	6.94
Nr. 4 L	6.88	6.46	8.00	7.59	8.11	7.77	8.04	7.66

Kohlensäure-Abgabe am 3. Tag

Stunde:	66.	67.	68.	69.	70.	71.	72.	D.W.
Nr. 1 P	12.40	10.81	11.08	11.20	11.24	11.61	12.80	11.46
Nr. 2 K	9.52	8.71	10.42	9.62	9.88	10.28	10.41	9.89
Nr. 3 S	11.28	9.60	10.28	10.02	10.45	10.64	10.98	10.33
Nr. 4 L	11.38	10.60	10.82	10.95	10.52	10.68	11.56	10.86

Kohlensäure-Abgabe am 4. Tag

Stunde:	90.	91.	92.	93.	94.	95.	96.	D.W.
Nr. 1 P	15.46	14.80	14.59	14.61	14.68	15.18	14.76	14.77
Nr. 2 K	14.12	13.28	13.40	13.54	13.12	13.44	13.80	13.43
Nr. 3 S	14.20	13.62	13.60	13.76	13.51	13.62	14.03	13.69
Nr. 4 L	15.43	14.88	14.68	14.24	14.43	14.33	14.77	14.65

Um die durch Versuch 7 erhaltenen Durchschnittswerte sicher beurteilen zu können, wurde er unter den ganz gleichen Bedingungen wiederholt. Ich gebe in Versuch 8 nur die Durchschnittswerte wieder.

8. Versuch

Kohlensäure-Abgabe am 1. Tag			
Nr. 1 P	4.16	Nr. 3 S	3.48
Nr. 2 K	3.60	Nr. 4 L	3.77
Kohlensäure-Abgabe am 2. Tag			
Nr. 1 P	7.85	Nr. 3 S	7.03
Nr. 2 K	6.89	Nr. 4 L	7.57
Kohlensäure-Abgabe am 3. Tag			
Nr. 1 P	11.33	Nr. 3 S	10.41
Nr. 2 K	10.11	Nr. 4 L	11.18
Kohlensäure-Abgabe am 4. Tag			
Nr. 1 P	14.59	Nr. 3 S	13.45
Nr. 2 K	13.71	Nr. 4 L	14.82

Versuch 8 ergab, wie wir beim Vergleich sehen, ähnliche Werte wie Versuch 7. Wenn wir die Durchschnittswerte beider Versuche zusammenstellen, erhalten wir folgende Gesamtdurchschnittswerte:

	am 1. Tag	am 2. Tag	am 3. Tag	am 4. Tag
210 Körner P	4.03 } 4.10	7.96 } 7.90	11.46 } 11.40	14.77 } 14.68
	4.16 }	7.85 }	11.33 }	14.59 }
253 Körner K	3.32 } 3.46	6.89 } 6.89	9.89 } 10.00	13.43 } 13.57
	3.60 }	6.89 }	10.11 }	13.71 }
203 Körner S	3.38 } 3.43	6.94 } 6.99	10.33 } 10.37	13.69 } 13.57
	3.48 }	7.03 }	10.41 }	13.45 }
282 Körner L	3.43 } 3.60	7.66 } 7.62	10.86 } 11.02	14.65 } 14.74
	3.77 }	7.57 }	11.18 }	14.82 }

Neben der Erscheinung der sogen. „großen Atmungsperiode“ fällt bei beiden Versuchen der höhere Kohlensäurewert des Panzerweizens am 1., 2. und 3. Tag auf. Am 4. Tag wird er bloß vom Landweizen eingeholt. Beim Klein- und Sonnenweizen sind die Kohlensäurewerte am 4. Tag noch nicht voneinander verschieden. Um bestimmen zu können, ob die kleinere oder größere Körnerzahl, die durch die verschiedene Korngröße der Sorten bedingt ist, bei gleichem Gewicht Unterschiede in den Kohlensäuremengen hervorruft, wurden mit allen 4 Sorten Versuche mit verschiedener Körnerzahl, nämlich kleinsten, größten und mittleren Körnern angestellt. Die Versuchsanordnung war in diesen Versuchen wie in Versuch 7.

9. Versuch

Versuchsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen je 10 g

Kohlensäure-Abgabe am 1. Tag

	Stunde:	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	187 größte Körner . .	4.40	3.68	4.44	5.12	4.00	4.04	3.80	4.40	4.21
Nr. 2	220 mittlere Körner. .	3.88	3.68	4.52	4.00	4.20	5.20	4.92	4.72	4.46
Nr. 3	220 mittlere Körner. .	4.00	4.48	4.84	4.48	4.36	5.12	4.20	5.16	4.69
Nr. 4	283 kleinste Körner. .	4.00	4.40	4.40	4.44	4.48	5.60	5.08	6.00	4.91

10. Versuch

4 Portionen Sonnenweizen je 10 g

Kohlensäure-Abgabe am 1. Tag

	Stunde:	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	180 größte Körner . .	3.86	3.08	3.60	4.00	4.40	4.12	5.18	5.38	4.25
Nr. 2	210 mittlere, mehr große Körner	4.20	3.16	3.48	4.18	4.44	4.68	5.24	5.49	4.38
Nr. 3	235 mittlere, mehr kleine Körner	4.40	3.98	3.58	4.24	4.66	4.60	4.98	5.34	4.48
Nr. 4	270 kleinste Körner. .	4.86	3.99	3.68	4.26	4.98	4.86	5.28	5.64	4.67

11. Versuch

4 Portionen Kleinweizen je 10 g

Kohlensäure-Abgabe am 1. Tag

	Stunde:	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	206 größte Körner . .	4.16	3.96	3.58	4.12	4.39	4.78	4.66	4.92	4.36
Nr. 2	270 mittlere, mehr große Körner	4.40	4.20	4.16	4.32	4.88	5.20	4.86	4.98	4.66
Nr. 3	350 mittlere, mehr kleine Körner	4.86	3.80	4.20	4.60	4.48	4.86	4.52	5.24	4.53
Nr. 4	430 kleinste Körner. .	4.88	4.24	4.64	4.92	4.88	5.08	5.60	5.24	4.94

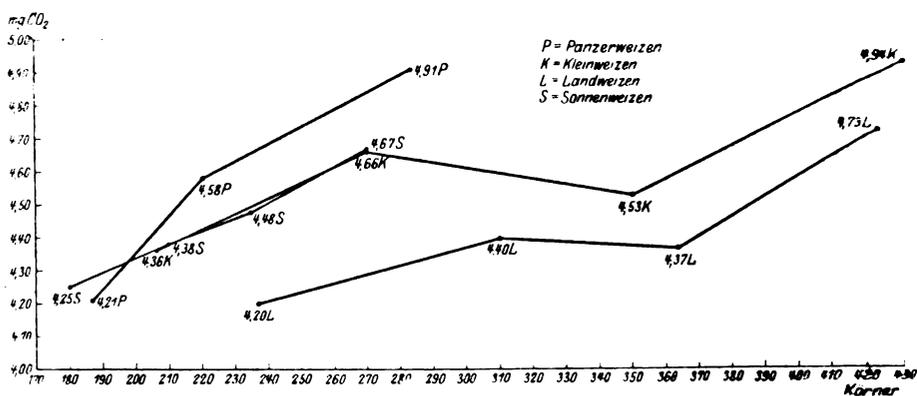
12. Versuch

4 Portionen Landweizen je 10 g

Kohlensäure-Abgabe am 1. Tag

	Stunde:	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	237 größte Körner . .	4.04	3.20	3.98	4.23	4.53	4.48	4.46	4.56	4.20
Nr. 2	310 mittlere, mehr große Körner	3.82	3.28	3.78	4.77	4.69	4.68	4.76	4.82	4.40
Nr. 3	364 mittlere, mehr kleine Körner	4.12	3.32	3.84	4.43	4.44	4.66	4.98	4.90	4.37
Nr. 4	423 kleinste Körner. .	4.28	3.47	4.51	4.48	4.86	4.98	5.56	5.28	4.73

Am besten lassen sich die Durchschnittswerte der Versuche 11, 12, 13 und 14 in Kurven darstellen (s. unten). Die Abszisse gibt die Körnerzahl von 170 bis 450, die Ordinate die Anzahl mg CO₂. Die Kurven zeigen ausnahmslos, daß mit wachsender Körnerzahl bei gleichem Gewicht die Kohlensäurewerte zunehmen. Die Unterschiede sind zwar nicht sehr groß. Auch BURLAKOW (7) findet, daß im Anfang des Aufkeimens der Keim 20mal energischer atmet als das Endosperm. Er erklärt die energische Atmung des Keims durch den großen Gehalt an aktiven Eiweißstoffen (35,24%). ABRAHAMSOHN (2) stellt fest, daß die feinkörnige Gerste eine intensivere Atmung zeigt als die grobkörnige und daß der Prozentgehalt an Eiweiß die Atmungsgröße bedingt. Wendet man die Ergebnisse bezüglich der



Körnerzahl auf die Versuche 7 und 8 an, so findet man, daß der Panzerweizen trotz seiner geringen Körnerzahl energischer atmet als der Klein-, Sonnen- und Landweizen. Denn angenommen, wir hätten für alle Sorten bei gleichem Gewicht gleiche Korngröße und somit gleiche Kornzahl, so würde man auf Grund der Versuche 9, 10, 11 und 12 z. B. für 250 Körner jeder Sorte folgende Kohlensäurewerte erhalten:

1. Für *Panzerweizen* ist der unterschiedliche Kohlensäurewert zwischen 187 größten und 283 kleinsten Körnern, also für rund 100 Körner 4,91 — 4,21 = 0,7 mg, auf den Durchschnittswert von Versuch 7 und 8, wo 210 Körner 4,10 mg abgeben, angewandt, wäre also der Durchschnittswert für 250 Körner 4,38 mg CO₂ pro Stunde.
2. Für *Kleinweizen* ist die Körnerzahl bei Versuch 7 und 8 253 (rund 250), somit kann der ermittelte Durchschnittswert 3,46 mg pro Stunde für 250 Körner so bleiben.

3. Für *Sonnenweizen* ist der unterschiedliche Kohlensäurewert zwischen 180 größten und 270 kleinsten, also 90 Körner, $4,67 - 4,25 = 0,42$ mg, auf den Durchschnittswert von Versuch 7 und 8, wo 203 (rund 200) Körner 3,43 mg abgeben, angewandt, wäre also der Durchschnittswert für 250 Körner 3,66 mg pro Stunde.
4. Für *Landweizen* haben wir als unterschiedlichen Kohlensäurewert zwischen 237 größten und 423 kleinsten Körnern, also für rund 180, $4,73 - 4,20 = 0,53$ mg, auf den Durchschnittswert von Versuch 7 und 8, wo 282 Körner 3,60 mg abgeben, angewandt, wäre also der durchschnittliche Kohlensäurewert für 250 Körner 3,51 mg pro Stunde.

Wir haben somit für je 10 g und 250 Körner folgende durchschnittliche Atmungsgrößen am 1. Tag der Keimung anzusetzen:

Panzerweizen	=	4,38	mg	pro	Stunde
Kleinweizen	=	3,46	„	„	„
Sonnenweizen	=	3,66	„	„	„
Landweizen	=	3,51	„	„	„

Der Grund für die stärkere Atmung des Panzerweizens gegenüber den drei anderen Sorten, die untereinander fast gleiche Werte haben, dürfte vielleicht in der chemisch verschiedenen Zusammensetzung der Reservestoffe zu suchen sein.

Zu bemerken wäre noch, daß bei den Versuchen 9, 10, 11 und 12 die Kohlensäurewerte für alle Sorten gleich hoch sind. Da die Versuche aber nicht gleichzeitig gemacht werden konnten, wie Versuch 7 oder 8, was sehr wesentlich ist, wenn man Versuchsergebnisse, bei denen es sich um Unterschiede von höchstens 1 mg handelt, vergleichen will, dürfen sie, um die Frage nach der Atmungsgröße verschiedener Weizensorten zu beantworten, nicht dazu verwertet werden.

Nachdem nun in den Versuchen 1 bis 12 die normale Atmungsgröße unserer Samen und ihre mögliche Veränderung durch verschiedene äußere Faktoren ermittelt war, war es möglich, Stimulationsversuche auszuführen.

2. Stimulationsversuche

Bei der Ausführung solcher Versuche sind außer den im 1. Teil erläuterten Umständen das Wesen des anzuwendenden chemischen Stoffes, seine Konzentration und endlich die Wirkungsdauer von allergrößter Wichtigkeit. Als Stimulantien gelten unendlich viele, teils giftige, teils ungiftige anorganische und organische Stoffe. Für

unsere Versuche wurden die bekanntesten ausgesucht, nämlich Quecksilber-, Mangan-, Jod-, Eisen-, Kupfer- und Zinksalze. Besondere Berücksichtigung fanden die Narcotica Äther und Chloroform. Auch das wichtige Alkaloid Morphinum wurde geprüft. Unsere Versuchsmethode erlaubte es, bei jedem Versuch 3 Konzentrationen auf ihre Wirkung zu untersuchen. Gleichzeitig wurde immer noch ein Kontrollversuch ohne stimulierenden Zusatz ausgeführt. Auch hier wurde in allen 4 Versuchen, um Nebenwirkungen auszuschließen, immer gleichmäßig verfahren. In der Regel wurden die Konzentrationen in der Stärke gewählt, wie sie schon von anderen Versuchsanstellern als stimulationsfähig befunden wurden. Als letztes notwendiges Erfordernis, um ein richtiges Bild über die Wirkung dieser Stoffe zu bekommen, war noch die Wirkungsdauer zu berücksichtigen.

Quecksilber, der wichtigste Bestandteil unserer modernen Beizmittel, wie Uspulun, Germisan usw. soll nach den Ergebnissen vieler praktischer Versuche nicht nur bakterientötende, sondern auch keim- und wachstumsfördernde Wirkung auf Samen ausüben. Schon 1888 hat SCHULZ (53) mit Sublimat, Jod, Jodkalium, Brom, Chromoxyd bei gärender Hefe Steigerung der Gärtätigkeit und der Zellvermehrung beobachtet. GASSNER (17) hat in neuester Zeit durch Einwirkung von Hg-haltigen Beizmitteln in der entsprechenden Konzentration und Einwirkungszeit größere Keim- und Entwicklungstätigkeit bei Brandsporen erzielt. LINDBAUER (32) konnte nach Behandlung z. B. von Erbsen mit Uspulun eine größere Ernte feststellen als ohne Zusatz dieses Stoffes. Um zu ermitteln, ob Quecksilber die Atmung von Samen im ersten Keimstadium zu stimulieren vermag, wurden zunächst verschieden starke Normallösungen von Sublimat angewendet. Bei der Giftigkeit der Hg-Ionen handelt es sich sicher nur um geringe Konzentrationen.

13. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Landweizen, je 10 g und 275 Körner.

Temperatur: 18.5° C. Stimulans: Sublimat.

Vorbehandlung: 15 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer

$$\frac{N}{100\,000}, \quad \frac{N}{1\,000\,000}, \quad \frac{N}{10\,000\,000} \quad \text{HgCl}_2\text{-Lösung.}$$

Die Kohlensäureabgabe wurde bestimmt, wie in Versuch 7, von der 16. bis 22. Stunde (1. Tag), 42.—48. Stunde (2. Tag) und 66. bis 72. Stunde (3. Tag).

In den Zwischenzeiten waren die Keimlinge auf feuchtem Filtrierpapier in bedeckten Petrischalen.

Kohlensäure-Abgabe am 1. Tag

	Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	D. W.
Nr. 1	$\frac{N}{100\ 000}$ HgCl ₂ :	3.56	2.56	3.20	2.60	2.68	2.40	3.80	2.87
Nr. 2	$\frac{N}{1\ 000\ 000}$ „	3.52	2.60	2.40	2.32	2.80	3.00	3.04	2.69
Nr. 3	$\frac{N}{10\ 000\ 000}$ „	3.72	3.20	2.48	3.01	3.00	3.04	2.68	2.90
Nr. 4	K. V. (Kontrollversuch):	3.96	2.60	2.80	2.84	2.84	3.04	2.00	2.68

Kohlensäure-Abgabe am 2. Tag

	Stunde:	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	D. W.
Nr. 1	$\frac{N}{100\ 000}$ HgCl ₂ :	5.36	5.88	6.04	5.56	5.52	5.48	5.47	5.66
Nr. 2	$\frac{N}{1\ 000\ 000}$ „	5.36	5.80	6.24	5.92	5.48	5.88	5.62	5.82
Nr. 3	$\frac{N}{10\ 000\ 000}$ „	5.48	6.16	6.24	5.88	5.40	5.20	5.48	5.73
Nr. 4	K. V.	7.20	5.84	5.28	6.08	6.28	5.28	5.39	5.69

Kohlensäure-Abgabe am 3. Tag

	Stunde:	66.	97.	68.	69.	70.	71.	72.	D. W.
Nr. 1	$\frac{N}{100\ 000}$ HgCl ₂ :	8.16	7.76	7.00	8.56	8.35	8.18	8.58	8.07
Nr. 2	$\frac{N}{1\ 000\ 000}$ „	8.44	7.72	8.04	8.40	8.11	8.12	8.00	8.06
Nr. 3	$\frac{N}{10\ 000\ 000}$ „	7.64	8.20	7.80	8.12	7.88	7.94	8.16	8.01
Nr. 4	K. V.	8.52	8.28	7.44	7.96	8.21	8.71	8.18	8.13

Die D. W. des 1. Tages unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Die Versuche mit HgCl₂ liegen zwar etwas höher als die des K. V. (= Kontrollversuch), aber doch nur innerhalb der Fehlergrenze. Um entscheiden zu können, ob nicht vielleicht am 2. oder 3. Tag der Keimung eine Stimulation auftritt, wurde der Versuch bis zum 3. Tage fortgesetzt; aber auch die D. W. des 2. und 3. Tages lassen nichts von einer Stimulation erkennen. Da also die in Versuch 13 angewandten Konzentrationen die Atmung nicht stimulieren, wurden im nächsten Versuch zwei niedrigere Konzentrationen und eine stärkere als vorher gewählt. Denn es wäre doch möglich, daß nur sehr geringe Mengen des Giftes imstande sind, die Atmung zu reizen.

14. Versuch

Versuchsmaterial wie in Versuch 13										
Kohlensäure — Abgabe am 1. Tag										
		Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	D. W.
Nr. 1	$\frac{N}{10\,000}$	HgCl ₂ :	3.20	2.84	3.24	3.40	3.52	3.44	2.80	3.21
Nr. 2	$\frac{N}{100\,000\,000}$	-	3.40	3.00	3.16	3.20	3.28	3.28	3.68	3.27
Nr. 3	$\frac{N}{1\,000\,000\,000}$	-	3.40	2.96	3.08	3.28	3.44	3.40	3.04	3.20
Nr. 4	K. V.		3.28	2.72	3.12	3.24	3.32	3.24	3.00	3.11
Kohlensäure — Abgabe am 2. Tag										
		Stunde:	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	D. W.
Nr. 1	wie oben		5.64	5.88	6.08	6.28	5.60	5.90	6.06	5.97
Nr. 2	-		5.96	5.88	5.76	5.92	5.64	5.88	6.00	5.84
Nr. 3	-		5.48	5.68	5.68	6.00	6.20	6.12	6.08	5.96
Nr. 4	K. V.		5.60	5.60	5.64	5.92	6.24	5.98	6.10	5.91

Die D. W. dieses Versuches zeigen, daß auch die sehr geringen Konzentrationen keine stimulierende Wirkung ausübten. Da aber die viel stärkere $\frac{N}{10\,000}$ HgCl₂-Lösung auch keine Veränderung der Kohlensäurewerte zeitigte, wurden im nächsten Versuch stärkere Konzentrationen benutzt. Schließlich mußte sich doch bei zu starker Konzentration wenigstens eine Hemmung geltend machen.

15. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Kleinweizen, je 10 g und je 245 Körner.
Vorbehandlung: wie in Versuch 14.

		Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	D. W.
Nr. 1	$\frac{N}{1000}$	HgCl ₂ :	3.10	3.50	3.75	3.20	2.84	2.60	3.04	2.82
Nr. 2	$\frac{N}{100}$	-	2.88	2.48	2.86	2.99	2.76	2.60	2.48	2.69
Nr. 3	K. V.		3.20	2.56	2.80	3.04	2.88	3.28	3.12	2.95

Auffallend ist, daß auch diese verhältnismäßig starken Konzentrationen ohne Einfluß auf die Kohlensäureabgabe sind. Zweifellos bildet die Samenschale ein großes Hindernis für das Eindringen der Metallionen in das Innere der Samen.

Auch LUNDEGARDH (35) stellte fest, daß die Absorption von Cu- und Hg-Ionen durch Weizensamen ein hauptsächlich in der Fruchtschale lokalisierter Vorgang sei. Um den Einfluß der Samenschale

auszuschalten, wurden im nächsten Versuch zwei Tage alte normale Keimlinge, also schon mit Würzelchen versehene, einige Stunden den Sublimatlösungen ausgesetzt und am 5. Tage ihre Atmung geprüft. In späteren Versuchen wurde die Samenschale ganz entfernt.

16. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Kleinweizen, je 10 g und je 245 Körner.

Temperatur: 12° C. Stimulans: HgCl₂.

Vorbereitung: Nach 16stündiger Quellzeit in destilliertem Wasser waren die Keimlinge bis zur 41. Stunde auf feuchtem Filtrierpapier (2. Tag) und von der 42. bis 44. Stunde in je 50 ccm einer

N	N	N	
1000	100000	10000000	HgCl ₂ -Lösung.

Sodann wurden die HgCl₂-Lösungen abgossen, die Keimlinge gut mit destilliertem Wasser gespült und wieder auf feuchtes Filtrierpapier in bedeckten Petrischalen bis zum 5. Tage gebracht. Von der 112. bis 118. Stunde wurde die Kohlensäure-Abgabe bestimmt.

		Stunde:	112.	113.	114.	115.	116.	117.	118.	D. W.
Nr. 1	N									
	1000	HgCl ₂ :	3.20	2.72	2.88	3.60	3.24	3.64	3.48	3.26
Nr. 2	N									
	100000	..	5.52	4.80	5.60	5.66	5.16	5.78	5.50	5.42
Nr. 3	N									
	10000000	..	4.80	4.48	5.60	5.20	5.60	5.24	5.69	5.30
Nr. 4	K. V.		5.16	4.88	5.08	5.48	5.60	5.52	5.66	5.37

Beim Vergleich vorstehender Durchschnittswerte zeigt sich, daß

die $\frac{N}{1000}$ - HgCl₂-Lösung die Atmung hemmt, und zwar sehr erheblich. Denn im K. V. haben wir 5,37 mg CO₂, während es bei $\frac{N}{1000}$ HgCl₂ nur 3,26 sind. Die beiden anderen Konzentrationen

$\frac{N}{100000}$ und $\frac{N}{10000000}$ dagegen haben die gleichen Werte wie

der K. V. Sie konnten also nicht hemmend, aber auch nicht stimulierend wirken. Man würde eigentlich doch gerade bei diesen Konzentrationen eine Stimulation erwarten. Man kann also sagen, daß Sublimat in zu hohen Konzentrationen den Atmungsprozeß von Weizen im ersten Keimstadium hemmt, während eine Stimulation nicht auftritt. Daß nicht nur Weizen sich so verhält, beweist der folgende Erbsenversuch.

17. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 30 Stück.

Temperatur: 19° C. Stimulans: HgCl₂.

Vorbehandlung: 15 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer

$\frac{N}{1000}$, $\frac{N}{10000}$ und $\frac{N}{100000}$ HgCl₂-Lösung.

Von der 16. bis 23. Stunde wurde die Kohlensäureabgabe der in Luft sich befindenden Erbsen bestimmt.

	Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	D.W.
Nr. 1	$\frac{N}{1000}$ HgCl ₂ :	6.12	5.84	5.92	5.66	5.52	5.74	5.60	5.71
Nr. 2	$\frac{N}{10000}$ HgCl ₂ :	7.44	5.24	5.84	5.84	5.73	6.31	6.20	5.86
Nr. 3	$\frac{N}{100000}$ HgCl ₂ :	6.92	6.48	5.64	5.85	5.95	5.92	6.42	6.04
Nr. 4	K. V.:	8.04	5.28	6.00	6.06	5.97	6.13	5.92	5.89

Man sieht, daß auch die Erbsen sich am 1. Tage der Keimung von den Sublimatlösungen nicht beeinflussen ließen; von einer Stimulation kann man auch hier nicht sprechen, da die Durchschnittswerte alle auf gleicher Höhe stehen. Es ist auch nicht anzunehmen, daß andere Konzentrationen als stimulierend in Betracht kommen.

Nach den Quecksilbersalzen spielen die *Mangansalze* eine bedeutende Rolle in der Stimulationsfrage. LÖW (34), SCHULZE (54), HEUSER (19) u. a. erreichten eine Wachstums- und Erntesteigerung durch Mangandüngung ihrer Versuchsfelder. Nach ROCASOLANO (51) vermehren gewisse Mangan-Dosen, als Düngungen dem Boden verabreicht, die Ernte; wenn sie in zu starken Dosen zugeführt werden, verringern sie letztere. Die meisten Böden enthalten aber Mangansalze in zu großer Menge. POPOFF (44) sieht auf Grund seiner mit Mangan erhaltenen besseren Ernteergebnisse in diesem Metall nicht ein Düngemittel, sondern einen Reizstoff. Auch PASPALEFF (41) erzielte mit Manganverbindungen bei Samen von *Polygonum* eine üppigere Pflanzenentwicklung. USCHDRAWITZ (62) dagegen findet die günstige Wirkung von Mangansalzen nicht bestätigt. Die nächsten Versuche sollen uns über die Wirkung eines Mangansalzes auf die Atmung unserer Samen aufklären.

18. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Landsonnenweizen, je 10 g und 280 Körner.

Temperatur: 12° C. Stimulans: Krist. Mangansulfat.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer 2, 0,2 und 0,02%igen

MnSO₄-Lösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D.W.
Nr. 1	2% ₀ MnSO ₄ :	2.72	2.56	2.48	2.04	1.80	2.44	2.42	2.29
Nr. 2	0.2% ₀ MnSO ₄ :	2.56	2.84	3.00	2.88	3.00	2.72	3.04	2.91
Nr. 3	0.02% ₀ MnSO ₄ :	2.80	2.32	2.44	2.00	2.36	2.28	2.23	2.27
Nr. 4	K. B.:	2.80	2.46	2.80	2.08	2.56	2.20	2.59	2.45

In Nr. 2 bei der 0,2%igen Lösung sind die CO₂-Werte um etwa ½ mg höher als im K. V. Um eine, wenn auch nur schwache Stimulation mit Bestimmtheit annehmen zu können, wurde Versuch 18 wiederholt.

19. Versuch

Vorbehandlung: wie in Versuch 18.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D.W.
Nr. 1	2% ₀ MnSO ₄ :	2.89	1.88	1.93	2.00	2.09	2.31	2.05	2.04
Nr. 2	0.2% ₀ MnSO ₄ :	2.60	2.42	2.12	2.15	1.88	2.00	2.17	2.12
Nr. 3	0.02% ₀ MnSO ₄ :	3.17	2.23	1.98	2.00	2.44	2.76	2.98	2.39
Nr. 4	K. B.:	2.24	1.52	1.68	2.00	1.81	2.07	2.70	1.96

In diesem Versuch ergibt die 0,02%ige Lösung etwas höhere Kohlensäurewerte als der Kontrollversuch. Wir erhalten von Versuch 18 und 19 folgende Gesamtdurchschnittswerte:

2	% ₀ MnSO ₄ :	2.16
0.2	% ₀ "	2.51
0.02	% ₀ "	2.33
K. V.	"	2.22 mg CO ₂ .

Alle CO₂-Werte liegen nicht sehr weit auseinander. Der höhere Wert 2,51 der 0,2%igen Lösung ist durch den hohen CO₂-Wert im Versuch 18 (2,91) bedingt. Da aber bei Versuch 19 die 0,02%ige Lösung einen höheren CO₂-Wert hat als die 0,2%ige, die 0,2%ige dagegen annähernd den gleichen wie der Kontrollversuch, handelt es sich hier nur um eine größere Schwankung in der Kohlensäureabgabe. Eine Stimulation findet also nicht statt. Ein ähnliches Ergebnis erbrachte der Erbsenversuch.

20. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 25 Stück.

Temperatur: 11,5° C. Stimulans: MnSO₄.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer 2, 0,2 und 0,02%igen MnSO₄-Lösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D. W.
Nr. 1	2 % ₀ MnSO ₄ :	3.60	2.80	2.44	2.48	2.80	3.08	2.52	2.69
"	2 0.2 % ₀ "	4.80	4.00	3.08	3.12	3.84	3.56	3.28	3.48
"	3 0.02 % ₀ "	4.00	3.16	2.56	2.60	3.80	3.67	3.51	3.22
"	4 K. V.	4.60	3.20	3.52	3.24	3.76	3.95	3.23	3.48

Während wir beim Weizen noch keine Hemmung der Atmung durch die verwendeten Mangansalze zu verzeichnen hatten, ist dies

der Fall bei Erbsen. Die 2%ige Lösung drückt den D. W. des K. V. von 3,48 auf 2,69 herab. Die beiden anderen, 0,2 und 0,02%igen Lösungen, verhalten sich wirkungslos, obwohl doch gerade diese Lösungen zur Stimulation geeignet sein müßten, nachdem die nächst stärkere Konzentration schädigte.

Als weiteres Stimulationsmittel gilt *Jod*. JACOBI (20) stellte eine stimulierende Wirkung von Jodlösungen auf die Atmung von Wasserpflanzen fest. Löw (34) u. a. betonen die einflußreiche Kraft von Jodsalzen auf die Pflanzenentwicklung. Die folgenden Versuche mit Jodkalium lassen keine Stimulation der Samenatmung erkennen.

21. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Kleinweizen, je 10 g und je 250 Körner.

Temperatur: 12° C. Stimulans: Jodkalium.

Vorbehandlung:		24 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer		$\frac{N}{10}$, $\frac{N}{100}$		und $\frac{N}{1000}$		KJ-			
Lösung.		Stunde:		25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D. W.
Nr. 1	$\frac{N}{10}$	KJ:	2,80	2,40	2,58	2,80	2,24	2,44	2,20	2,34	
" 2	$\frac{N}{100}$	"	2,44	2,24	2,68	2,12	2,24	2,40	2,80	2,41	
" 3	$\frac{N}{1000}$	"	2,80	2,48	2,40	2,44	2,52	2,44	2,60	2,48	
" 4	K. V.:		3,00	2,40	2,24	2,44	2,70	2,88	2,56	2,54	

22. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 27 Stück.

Temperatur: 14,5° C. Stimulans: KJ.

Vorbehandlung:		17 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer		$\frac{N}{10}$, $\frac{N}{100}$		und $\frac{N}{1000}$		KJ-		
Lösung.		Stunde:		18.	19.	20.	21.	22.	23.	D. W.
Nr. 1	$\frac{N}{10}$	KJ:	3,80	4,00	3,48	3,60	3,96	3,80	3,77	
Nr. 2	$\frac{N}{100}$	"	3,92	3,96	4,24	3,76	3,60	4,36	3,98	
Nr. 3	$\frac{N}{1000}$	"	4,20	3,64	4,20	3,72	3,76	3,84	3,83	
Nr. 4	K. V.		4,00	3,88	3,80	4,00	4,00	3,69	3,87	

Wie schon erwähnt, vermag also auch Jodkalium nicht zu stimulieren. Die $\frac{N}{10}$ -KJ-Lösung wird sogar noch ohne Schaden

ertragen. Nebenbei wurden zwei Tage alte Weizenkeimlinge vier Stunden mit den angewandten KJ-Lösungen behandelt und weiter beobachtet. Die mit $\frac{N}{10}$ -KJ-Lösung behandelten waren am 4. Tage

sichtlich im Wachstum zurückgeblieben, während die mit $\frac{N}{100}$ und

$\frac{N}{1000}$ -Lösungen behandelten gleich gut entwickelt waren wie die

Kontrollkeimlinge ohne Jodzusatz. Den mit der $\frac{N}{100}$ -KJ-Lösung

behandelten fehlten aber fast vollständig die Wurzelhaare. Nach diesem Ergebnis ist zu schließen, daß sich keimende Samen von Jod weder im Wachstum noch in der Atmung stimulieren lassen. Wir können nur Hemmungen konstatieren, wenn die Konzentration zu hoch war.

Als nächstes, schon öfter geprüftes Stimulierungsmittel kommt *Eisen* in Betracht. KOSINSKI (28) hat beobachtet, daß Eisenchlorid und Manganchlorid eine Atmungssteigerung bei *Aspergillus niger* hervorrufen. Versuche von GALITZKY und WASSILJEFF (15) ergaben, daß von den Neutralsalzen nur Eisensalze, und zwar besonders Ferrosulfat in 0,2%iger Lösung imstande ist, die Kohlensäureabgabe lebender Erbsensamen erheblich zu steigern. REINHARD (48) konnte nach Einwirkung von FeCl_3 in 0,2 und 0,5%iger Lösung keine Atmungssteigerung feststellen. Wie Mangansalze sollen nach LÖW (34) auch Ferrosalze, wenn auch nicht so stark, namentlich in Verbindung mit Mangan, stimulierend wirken. Sehr interessant sind die neuen Untersuchungen WARBURG'S (64) über das Eisen, seinen sauerstoffübertragenden Bestandteil des Atmungsferments. Die Begründung dieser Eisentheorie ist speziell für unsere Stimulationsversuche insofern wichtig, als WARBURG unter anderem die Tatsache festgestellt hat, daß die Atmungsintensität zerflossener Seeigelleier proportional den zugesetzten Eisenmengen bis zu einem Maximum gesteigert wird. Über dieses Maximum hinaus konnten aber auch größere Mengen nicht mehr steigend wirken. Die von ihm zugesetzten Eisenmengen sind sehr gering, auf 1 g Eissubstanz $\frac{1}{100}$ mg Fe. WARBURG bestimmte die Zunahme des Sauerstoffverbrauchs, die infolge des Eisenzusatzes eintrat. Die Frage, ob diese Atmungssteigerung durch Zusatz geringer Eisenmengen auch bei

anderen tierischen oder pflanzlichen Organismen eintritt, läßt **WARBURG** offen.

23. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und je 25 Stück.

Temperatur: 13° C. Stimulans: Krist. Ferrosulfat.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer frisch bereiteten 2%, 0,2% und 0,05%igen FeSO₄-Lösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D.W.
Nr. 1	2 % FeSO ₄ :	3,60	3,44	2,96	3,16	3,48	3,60	3,56	3,37
Nr. 2	0,2 % „	4,32	3,52	3,00	3,24	3,66	3,80	3,78	3,50
Nr. 3	0,05 % „	4,44	4,00	4,04	3,64	4,08	4,13	3,91	3,97
Nr. 4	K. V. . . .	4,68	3,80	3,62	4,04	4,00	3,94	4,26	3,94

Man ersieht aus den Durchschnittswerten, daß die 0,05%ige Lösung auf die Kohlensäureabgabe der Erbsen ohne Einfluß ist, während, entgegen den Versuchsergebnissen von **GALITZKY** und **WASSILJEFF**, die 0,2%ige Lösung schon schwach hemmend wirkte. Deutlich kommt die Hemmung bei 2% zum Vorschein. Hier liegen alle CO₂-Werte unter denen des Kontrollversuchs. Daß mit steigender Konzentration die CO₂-Abgabe immer mehr gehemmt wird, tritt im nächsten Versuch noch besser hervor.

24. Versuch

Atmungsmaterial: wie in Versuch 23

Temperatur: 15,5° C. Stimulans: FeSO₄.

Vorbehandlung: 19 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer 10, 2 und 0,05%igen FeSO₄-Lösung.

	Stunde:	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	10 % FeSO ₄ :	4,88	4,16	4,12	3,88	3,96	3,80	3,56	3,91
Nr. 2	2 % „	5,28	4,80	5,08	4,40	4,44	4,78	4,56	4,68
Nr. 3	0,05 % „	5,68	5,28	5,20	5,64	5,24	4,88	4,80	5,17
Nr. 4	K. V. . . .	6,40	5,44	5,64	5,48	5,28	4,88	4,96	5,27

Auch **b** i diesem Versuch ist keine Stimulation zu beobachten; die 0,05%ige Lösung verhält sich neutral, während die Kohlensäurewerte der anderen Lösungen entsprechend der Stärke der Konzentration sinken. Versuch 23 wurde mit Panzerweizen wiederholt.

25. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und je 190 Körner.

Temperatur: 15° C. Stimulans: FeSO₄.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer 2, 0,2 und 0,5%igen FeSO₄-Lösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D.W.
Nr. 1	2 % FeSO ₄ :	2,40	2,00	2,04	2,20	2,24	2,20	2,08	2,13
Nr. 2	0,2 % „	2,80	2,44	2,40	2,28	2,20	2,48	2,40	2,37
Nr. 3	0,05 % „	3,20	2,48	2,84	2,80	2,78	3,04	3,20	2,86
Nr. 4	K. V. . . .	3,20	2,66	2,52	2,72	3,44	3,00	3,10	2,92

Auch hier liegen die Verhältnisse wie beim Erbsenversuch. Die 0,05%ige Lösung ist ohne Einfluß, während 0,2 und 2% FeSO_4 schädigend wirken. Wir können also nach dem Ergebnis unserer Versuche bestätigen, was REINHARD gefunden hat, daß nämlich Eisensalze die Atmung keimender Erbsen nicht zu stimulieren vermögen.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen auch die Neutralsalze, die gleichzeitig als Nährsalze in Betracht kommen. Die bisherigen Untersuchungen sind darin einig, daß alle Neutralsalze, wie z. B. KNO_3 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , Fe_2Cl_6 , auch in schwacher Konzentration keine Stimulation der Atmung bei Erbsensamen hervorrufen; nur das sekundäre *Phosphat* (Na_2HPO_4) soll eine Steigerung der Kohlensäureproduktion bewirken. WRUBLEWSKI (66) und BUCHNER (6) zeigten, daß die Phosphate die Gärung des Hefepresssaftes stimulieren. IWANOW (24) erhält höhere Kohlensäureproduktion unter dem Einfluß von basischen Phosphaten bei Versuchen mit Weizenkeimpflanzen. ZALESKI und REINHARD (68) schreiben: „Die Salze können die Atmungsenzyme aktivieren oder ihre Wirkung paralisieren. Weiter können die Salze einen indirekten Einfluß auf die Arbeit der Atmungsenzyme ausüben, indem sie auf andere Fermente, wie Amylase, Protease usw. wirken und dadurch den Charakter und die Quantität des Nährmaterials, sowie die Reaktion des Mediums verändern. Endlich wirken die Salze auf den Protoplast, weil eine bestimmte Kombination derselben für die normale Fähigkeit der Zelle notwendig ist und eine Veränderung dieser Kombination eine Disharmonie bedingt, die auf das Leben der Zelle und demzufolge auf die Atmung einwirkt.“ KOSTYTSCHEW und SCHELOUMOW (30) führen diese Förderung der Atmung durch sekundäre Phosphate in 3%iger Lösung auf die alkalische Reaktion zurück, weil die stimulierende Wirkung der alkalischen Reaktion auch ohne Zusatz von Phosphaten, z. B. mit Natronlauge oder Sodalösungen, eintrete. LYON (36) erhielt stets vermehrte Kohlensäuremengen, wenn er *Elodea canadensis* Mischungen von Mono- und Dinatriumphosphatlösungen ausgesetzt hatte. FEIER und VAGI (13) fanden bei ihren Versuchen, daß 0,5%ige Sodalösungen Keimung und Wachstum von Pflanzen unmöglich machen infolge der Giftigkeit der OH-Ionen. Für unsere Versuche kommt die nach KOSTYTSCHEW als stimulierend geltende 3%ige sekundäre Natriumphosphatlösung in Frage; außerdem wurde eine 1 und 0,3%ige geprüft.

26. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und je 25 Stück.

Temperatur: 15° C. Stimulans: sekundäres Natriumphosphat.

Vorbehandlung: 15 Stunden Quellzeit in je 50 cem einer 3%, 1% und 0,3%igen Na_2HPO_4 -Lösung.

	Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	D. W.
Nr. 1	3.0 % Na_2HPO_4 :	2.04	2.08	2.44	2.32	2.52	2.48	2.27	2.35
Nr. 2	1.0 % "	2.40	3.52	3.20	3.20	3.00	2.92	3.08	3.15
Nr. 3	0.3 % "	3.56	2.72	3.16	3.28	3.44	3.20	3.12	3.14
Nr. 4	K. V.	4.48	3.20	3.22	3.28	2.60	3.08	2.68	3.01

27. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Landsonnenweizen, je 10 g und 2-0 Körner.

Temperatur: 15° C. Stimulans: Na_2HPO_4 .

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 50 cem einer 3, 1 und 0,3%igen Na_2HPO_4 -Lösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D. W.
Nr. 1	3.0 % Na_2HPO_4 :	2.54	1.84	1.92	2.08	2.46	2.40	2.24	2.16
Nr. 2	1.0 % "	3.00	2.28	2.56	2.86	3.08	3.36	3.06	2.87
Nr. 3	0.3 % "	3.12	2.66	2.88	2.98	3.48	3.30	3.28	2.09
Nr. 4	K. V.	3.08	2.48	2.74	3.23	3.16	3.44	3.18	3.04

Das Ergebnis der Versuche 26 und 27 ist, daß die 3%ige Lösung des sekundären Natriumphosphats auf die Kohlensäureproduktion von lebenden Erbsen und Weizensamen hemmend wirkt, während die 1 und 0,3%ige Lösung sie nicht verändern. Danach nehmen also sekundäre Phosphate keine Sonderstellung unter den Nährsalzen bezüglich einer stimulierenden Wirkung auf die Atmung lebender Samen ein. Man könnte einwenden, daß vielleicht die Einwirkungszeit zu lang war. Wenn dies wirklich der Fall wäre, müßten aber doch die viel schwächeren Konzentrationen sich in einem stimulierenden Einfluß äußern.

Als nächster Stoff kam das besonders als Beizmittel angewandte *Kupfersulfat* zur Untersuchung. COUPIN (8) fand, daß eine Lösung von 0,00555% CuSO_4 genügt, um beim Getreide die Keimung zu verhindern. Nach RICHTERS (50) Untersuchungen wirkt Kupfer auf die Entwicklung von *Aspergillus niger* deprimierend, Zink dagegen stimulierend. DENSCH und HUSSIUS (11) steigerten mit Kupfersulfat den Kornertrag bei Getreide. SENF (55) ist der Ansicht, daß die guten Stimulationswirkungen seiner mit geringen Mengen Kupfer behandelten Samen ihre Ursache in einer Steigerung der Atmungstätigkeit haben könnten.

28. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 25 Stück.

Temperatur: 14° C. Stimulans: Krist. Kupfersulfat.

Vorbehandlung: 19 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer 10, 2 und 0,1%igen CuSO₄-Lösung.

	Stunde:	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	10 ⁰ / ₀ CuSO ₄ :	2,00	1,40	1,32	1,88	1,92	1,64	1,89	1,67
Nr. 2	2 ⁰ / ₀ ..	3,20	2,08	2,36	2,00	2,36	2,36	2,48	2,27
Nr. 3	0,1 ⁰ / ₀ ..	4,40	3,12	2,72	3,28	2,84	3,16	3,08	3,03
Nr. 4	K. V.:	5,16	3,24	3,60	3,52	3,88	3,48	3,52	3,54

29. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Körner.

Temperatur: 15° C. Stimulans: CuSO₄.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer 10, 2 und 0,1%igen CuSO₄-Lösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	D.W.
Nr. 1	10 ⁰ / ₀ CuSO ₄ :	3,60	2,40	2,36	2,56	2,64	2,49
Nr. 2	2 ⁰ / ₀ ..	3,20	2,40	2,40	2,44	2,50	2,43
Nr. 3	0,1 ⁰ / ₀ ..	3,16	2,76	2,44	2,48	2,58	2,56
Nr. 4	K. V.:	3,20	2,40	2,80	2,66	2,62	2,62

Aus den Versuchen mit Kupfersulfat geht hervor, daß auch Kupfer keine Stimulierung verursacht Während die angewandten CuSO₄-Lösungen entsprechend ihrer Konzentrationsstärke die Atmung der Erbsen hemmen, ist bei Weizen weder eine Hemmung noch eine Stimulation erfolgt. Die Giftwirkung der Cu-Ionen tritt beim Weizen nicht so schnell ein wie bei Erbsen. Es rührt sicher daher, daß gequollene, angeritzte Erbsen die CuSO₄-Lösungen leichter aufnehmen als Weizenkörner im ersten Keimstadium. Bei Weizen vermag, wie schon früher erwähnt, die Fruchtschale lange Zeit das Endosperm gegen das Eindringen des giftigen Salzes zu schützen.

Größere Stimulationsfähigkeit als Kupfer wird *Zink* zugeschrieben. Bekannt ist die wachstums- und atmungssteigernde Wirkung dieses Metalls bei Pilzen. RAULIN (46) fand, daß bei Schimmelpilzen Zink und Mangansalze gesteigerte Wachstumstätigkeit hervorrufen können. RICHARDS (49) gibt an, daß bei einer optimalen Zinksulfatkonzentration das Mycelgewicht von *Aspergillus* und *Penicillium* zwei- bis dreimal höher sei als bei den Kontrollversuchen. Dieselbe Wirkung hätten auch die Alkaloide Kokain und Morphium, auf die wir noch zu sprechen kommen. Auch RICHTER (50) stellt eine stimulierende Wirkung des Zinks bei der Ernährung von *Aspergillus niger* fest. KOSINSKIS (28) Unter-

suchungen zeigen, daß bei Zugabe von Zinksulfat in ganz geringen Dosen bedeutende Atmungssteigerung bei *Aspergillus niger* eintritt. Für Löws (34) Versuchsobjekte ist Zinksulfat kein Stimulans.

Bei der eben besprochenen großen Bedeutung der Zinksalze wurden deshalb mit Zinksulfat eingehendere Versuche angestellt. Um feststellen zu können, in welcher Weise die Samenschale die Wirkung des Salzes auf keimende Samen beeinflusst, wurden im folgenden Versuch die Erbsen nach der Quellung geschält und dann nur eine Stunde mit verschiedenen starken $ZnSO_4$ -Lösungen behandelt.

30. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 25 Stück.

Temperatur: 16° C. Stimulans: Krist. Zinksulfat.

Vorbehandlung: 15 Stunden Quellzeit in je 50 ccm destilliertem Wasser; sodann kamen die geschälten Samen 1 Stunde lang (16. Stunde) in je 50 ccm einer 5, 1 und 0,1%igen $ZnSO_4$ -Lösung. Im Kontrollversuch wurde das Quellwasser während der 16. Stunde durch 50 ccm destilliertes frisches Wasser ersetzt.

		Stunde:	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	D.W.
Nr. 1	5 0/10 $ZnSO_4$:		7.04	4.88	4.68	4.60	5.00	4.14	3.96	4.54
Nr. 2	1 0/10 ..		6.68	4.68	4.76	4.54	4.88	4.20	4.14	4.53
Nr. 3	0.1 0/10 ..		6.80	4.68	4.68	4.56	4.40	4.68	4.44	4.56
Nr. 4	K. V. ..		6.60	4.68	4.32	4.60	4.80	4.68	4.36	4.57

Trotzdem die Samen geschält waren, bringen diese $ZnSO_4$ -Lösungen nach einer Stunde Einwirkungszeit keine wesentlichen Veränderungen in der CO_2 -Abgabe. Auch geschälte Samen von *Phaseolus multiflorus* wurden mit $ZnSO_4$ -Lösungen behandelt, und zwar mit einer noch stärkeren und schwächeren Konzentration als in Versuch 30.

31. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Samen von *Phaseolus multiflorus*, je 13 Stück, jede Portion 10 g schwer.

Temperatur: 14° C. Stimulans: $ZnSO_4$.

Vorbehandlung: 18 Stunden Quellzeit in je 50 ccm destilliertem Wasser; sodann wurden die Samen geschält und ihre Kohlensäureabgabe von dem Zeitpunkt an bestimmt, da die Bohnen in die Salzlösungen gebracht wurden. Während des Versuches blieben die Bohnen in der Lösung.

		Stunde:	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	10 0/10 $ZnSO_4$:		4.68	4.00	4.20	4.64	4.36	4.18	4.16	4.25
Nr. 2	1 0/10 ..		5.28	5.00	4.80	5.20	4.88	4.90	4.72	4.92
Nr. 3	0.05 0/10 ..		5.36	5.20	5.40	5.58	5.24	5.19	5.26	5.31
Nr. 4	K. V.: ..		5.30	5.00	5.20	5.68	5.32	5.44	5.27	5.32

Beim Vergleich der einzelnen Kohlensäurewerte dieses Versuches erkennt man ganz deutlich die allmähliche Einwirkung der

Salzlösungen. Die 10%ige Lösung hat schon in der 2. Stunde nur 4,00 mg, während es im Kontrollversuch 5,00 sind; die Werte steigen dann wieder bis 4,64 und fallen in der 26. Stunde wieder auf 4,16. Bei der 1%igen Lösung ist die Hemmung schon viel geringer. Die Durchschnittswerte der 0,05%igen Lösung und des Kontrollversuches dagegen stehen auf gleicher Höhe. Letztere Lösung ist also nach einer Einwirkungszeit von 6 Stunden noch ohne sichtbaren Einfluß auf die Atmung der Bohnen. Dieser Bohnenversuch wurde auch mit ungeschälten Erbsen ausgeführt. Die starke 10%ige Lösung wurde fortgelassen und eine 0,1%ige hinzugenommen.

32. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 25 Stück.

Temperatur: 15° C. Stimulans: ZnSO₄.

Vorbehandlung: 17 Stunden Quellzeit in je 40 ccm destilliertem Wasser; hierauf wurde das Quellwasser entfernt und durch je 40 ccm einer 1, 0,1 und 0,05%igen ZnSO₄-Lösung ersetzt. Von der 18. bis 24. Stunde wurde die Kohlensäureabgabe bestimmt; die Erbsen lagen also vom Beginn der Kohlensäurebestimmung an in den Salzlösungen.

		Stunde:	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	D. W.
Nr. 1	1 %	ZnSO ₄ :	4.52	3.72	3.32	3.18	3.12	3.20	3.38	3.32
"	2 0.1 %	"	4.80	4.40	3.80	3.04	3.12	3.20	3.24	3.47
"	3 0.05%	"	4.80	3.80	3.58	3.20	3.16	3.20	3.32	3.38
"	4 K. V.		6.12	3.40	3.20	3.32	3.14	3.20	3.44	3.28

Auch dieser Versuch gibt uns keine Anhaltspunkte für eine stattfindende Stimulierung der Atmungstätigkeit. Man ersieht aus den Kohlensäurewerten, daß es bei ungeschälten Samen geraume Zeit dauert, bis die Salzlösungen sichtbar auf die Kohlensäureabgabe einwirken. Denn im vorhergehenden Versuch sind die Kohlensäurewerte der geschälten Bohnen bei der 1%igen Lösung schon in der 3. Stunde der Einwirkungszeit niedriger als im Kontrollversuch, während im eben beschriebenen mit ungeschälten Erbsen auch in der 7. Stunde der Einwirkung noch keine Hemmung eingetreten ist. In den nächsten Versuchen wurde Weizen nach Zusatz von ZnSO₄-Lösungen untersucht.

33. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Stück.

Temperatur: 15° C. Stimulans: ZnSO₄.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 50 ccm einer 5, 1 und 0,1%igen ZnSO₄-Lösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D. W.
Nr. 1	5% ₀ ZnSO ₄ :	3.52	2.68	2.60	2.41	2.64	2.52	2.44	2.55
" 2	1% ₀ "	3.20	2.40	2.40	2.39	2.44	2.58	2.48	2.45
" 3	0.1% ₀ "	3.84	2.44	3.16	2.80	2.84	2.76	2.64	2.77
" 4	K. V.	3.68	2.40	2.80	2.76	2.40	2.58	2.93	2.64

Wie Kupfersulfat wirkt auch Zinksulfat auf Weizen im ersten Keimstadium nur sehr langsam ein, wie dieser Versuch zeigt. Es ist weder eine Hemmung noch eine Stimulation zu beobachten. Daß tatsächlich bei entsprechenden Konzentrationen die Atmung nur geschwächt, nicht aber stimuliert wird, geht aus den nächsten Versuchen hervor, wo statt der 5%igen eine 10%ige Lösung verwendet wurde.

34. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Körner.

Temperatur: 16° C. Stimulans: ZnSO₄.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 40 ccm destilliertem Wasser; dann wurde das Quellwasser beseitigt und durch je 40 ccm einer 10, 1 und 0,05%igen ZnSO₄-Lösung ersetzt; von der 25. bis 31. Stunde wurde die Kohlensäureabgabe der in den Salzlösungen liegenden Weizenkeime bestimmt.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D. W.
Nr. 1	10% ₀ ZnSO ₄ :	3.40	2.40	2.00	2.00	2.40	2.22	2.16	2.19
" 2	1% ₀ "	3.42	2.40	2.40	2.70	2.66	2.51	2.44	2.52
" 3	0.05% ₀ "	3.76	2.40	2.44	2.48	3.20	2.88	3.16	2.76
" 4	K. V.	3.40	2.40	2.00	2.40	2.80	2.56	2.78	2.49

Wir können bei diesem Versuch feststellen, daß von der 28. Stunde an die Atmung der mit 10% ZnSO₄ behandelten Weizenkeime allmählich gehemmt wird. In Nr. 2 bei 1% tritt weder eine Stimulation noch eine Hemmung ein. In Nr. 3 dagegen bei 0,05% sind die CO₂-Werte immer etwas höher als im Kontrollversuch. Um eine mögliche Stimulation bestimmt annehmen zu können, wurde deshalb noch ein Versuch mit 0,05%, 0,1% und 0,01% ausgeführt.

35. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und je 190 Körner.

Temperatur: 13,5° C. Stimulans: ZnSO₄.

Vorbehandlung: 18 Stunden Quellzeit in je 50 ccm destilliertem Wasser; hierauf wurde das Quellwasser durch je 50 ccm einer 0,1, 0,05 und 0,01%igen ZnSO₄-Lösung ersetzt, und die Kohlensäureabgabe von der 19. bis 25. Stunde bestimmt. Die Weizenkeime befanden sich also von der Bestimmung der CO₂-Abgabe an in den Salzlösungen.

	Stunde:	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	D. W.
Nr. 1	0,1% ₀ ZnSO ₄ :	2.84	2.36	2.00	2.00	2.28	2.04	1.60	2.05
Nr. 2	0,05% ₀ "	2.80	1.80	1.68	1.80	2.28	1.24	1.40	1.70
Nr. 3	0,01% ₀ "	2.60	2.00	2.04	2.00	2.08	1.60	1.64	1.89
Nr. 4	K. V.	3.46	2.52	2.40	2.08	2.12	2.40	2.32	2.31

Die Annahme, daß auf Grund von Versuch 34 eine 0,05%ige Lösung stimuliert, ist, wie Versuch 35 zeigt, doch nicht richtig. Denn in diesem Versuch hemmt die Lösung sogar in ganz geringem Maße die Atmung. Die 0,01%ige Lösung verhält sich ähnlich. Während bei diesen beiden Lösungen die Durchschnittswerte ungefähr 0,5 mg unter dem des Kontrollversuches stehen, steht der Durchschnittswert der stärkeren 0,1%igen Lösung (2,05) dem Durchschnittswert des Kontrollversuches (2,31) näher. Wir können in diesem Fall bestätigen, was LUNDEGARDH (35) für die Keimenergie bei Weizen mit CuSO_4 -Lösungen gefunden hat. LUNDEGARDH stellt fest, daß sich die Reaktion bei steigender Intensität des wirksamen Kupfers mehrmals verändert. Es ergibt z. B. eine 0,25%ige CuSO_4 -Lösung bei 45 Minuten Einwirkung die Keimenergie 60%, während dieselbe Lösung nach 90 Minuten eine 80%ige ergibt. Es ist also möglich, daß eine kurze Einwirkungszeit des CuSO_4 schädlicher wirkt als eine lange. Auch wirken manchmal verdünnte Lösungen ungünstiger als konzentrierte. Letztere Tatsache wäre sehr gut mit unseren eben ermittelten Kohlensäurewerten in Einklang zu bringen. Bei den anderen untersuchten Salzen wurde dieser Wechsel der Atmungsgröße mit steigender Konzentration nicht beobachtet. Um zu sehen, ob sich eine Stimulation von seiten dieser schwachen ZnSO_4 -Lösungen etwa später zeigen könnte, wurden die Weizenkeimlinge des 35. Versuches aus den Lösungen entfernt und ihre Kohlensäureabgabe in Luft noch längere Zeit beobachtet.

		2. Tag								
		Stunde :	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	D.W.
Nr. 1	0,1% ZnSO_4 :		3.94	3.34	3.00	3.28	3.44	3.46	3.08	3.27
Nr. 2	0,05% "		3.88	3.20	3.18	3.29	3.34	3.40	3.46	3.31
Nr. 3	0,01% "		3.90	3.38	3.20	3.40	3.42	3.28	3.49	3.36
Nr. 4	K. V. . . .		4.88	3.68	3.34	3.66	3.48	3.36	3.40	3.49

		3. Tag								
		Stunde :	66.	67.	68.	69.	70.	71.	72.	D.W.
Nr. 1	0,1% ZnSO_4 :		4.87	4.26	4.24	4.32	4.58	4.68	4.56	4.44
Nr. 2	0,05% "		4.68	4.44	4.18	4.44	4.51	4.52	4.62	4.45
Nr. 3	0,01% "		4.40	4.10	3.88	3.24	4.88	4.24	4.46	4.32
Nr. 4	K. V. . . .		5.24	4.46	4.18	4.48	4.44	4.80	5.13	4.58

Die Kohlensäureproduktion am 2. und 3. Tag zeigt, daß die am 1. Tage 7 Stunden lang mit den Salzlösungen behandelten Weizenkeimlinge keine größeren CO_2 -Mengen abgegeben haben als der Kontrollversuch. Die mit 0,05 und 0,01%igen Salzlösungen behandelten Keimlinge haben sich vielmehr von der am 1. Tage ein-

getretenen Giftwirkung auf ihre Atmung erholt. Eine Reizwirkung trat nirgends ein.

Wenn wir das Ergebnis der Versuche 13 bis 35 überblicken, können wir den eindeutigen Schluß daraus ziehen, daß alle untersuchten Salze die Atmung der Samen im ersten Keimstadium in keinem Fall stimulieren konnten. Auch ein Wechsel der Konzentrationsstärke oder der Wirkungsdauer der Stoffe führte nie zu einer Reizwirkung. Dagegen stellten sich stets Hemmungen ein, wenn die Konzentrationsstärke zu hoch oder die Einwirkungszeit zu lang war.

Nachdem in den Versuchen 13 bis 35 der Einfluß von anorganischen Salzen auf die Atmung unserer Samen geprüft worden war, war es noch wichtig, festzustellen, ob die Narcotica, Äther und Chloroform, eine besondere Stellung hinsichtlich ihrer Wirkung auf die pflanzliche Atmung einnehmen. Auf die vielumstrittenen allgemeinen Theorien über die Wirkungsart der Narcotica will ich hier nicht eingehen. WINTERSTEIN (65) schreibt in der neuesten Auflage seines Werkes „Die Narkose“ ausführlich darüber. Der Einfluß narkotischer Mittel auf die Atmung der Pflanze beschäftigte schon viele Forscher. ELFVING (12), LAUREN (31), JOHANNSEN (25), JACOBI (20), ZALESKI (67), MORKOWIN (37), MÜLLER und SCHNEIDER (38) fanden, daß durch Äther, Chloroform, Äthylbromid, Alkohol, Morphium usw., in der entsprechenden Konzentration angewandt, die Kohlensäureabgabe von Pflanzen und Pflanzenteilen, namentlich von Blättern und Keimlingen, gesteigert wird. Auch die späteren Versuche von IRVING (23), THODAY (61), APPLEMAN (3) und HAAS (18) bestätigen dieses Ergebnis. Dagegen erzielten DETMER (10) und BONNIER und MANGIN (5) bei ihren Ätherisierungsversuchen keine Atmungssteigerung. HAAS (18) konnte seinen Versuchen mit *Laminaria* entnehmen, daß bei der Einwirkung von Chloroform zunächst eine Steigerung der Atmung eintritt. Dieser Steigerung folgt dann nach einer gewissen Zeit eine entsprechende Abnahme der Kohlensäurewerte. War die Konzentration des Narcoticums nicht so stark, um tödlich zu wirken, konnte nach diesem Steigen und Fallen der Kohlensäurewerte wieder die normale Atmung eintreten, der Organismus hat sich also von der Narkose vollständig erholt. RAY (47) benutzte als Versuchsobjekte die Thalli der *Ulva lactuca* und fand gleichfalls, daß 0,25% Chloroform die Atmung zunächst beschleunigt, dann aber wieder herabdrückt, während 0,5% die Menge der ausgeatmeten Kohlensäure stetig vermindert. SMITHS

(59) Versuche mit Keimlingen von Weizen, Reis und Hafer zeigen, daß die Atmungskurve der narkotisierten Keimlinge zuerst fällt, dann rasch bis zu einem Maximum steigt und hierauf wiederum steil unter den Normalwert fällt. War die Einwirkungszeit bei Chloroform nicht länger als 15 Minuten, bei Äther 6 Stunden, erholten sich die Keimlinge später wieder. Die eigentliche Wirkung bestände also eher in einer Hemmung als Förderung der Atmung. Jedenfalls kann man bei SMITHS Versuchen nicht von einer wesentlichen Förderung der Atmung durch Narcotica sprechen. INMANN (22) zeigte, daß, wenn die Atmung unter dem Einfluß von Salzen und Narcotica nicht unter 60% der normalen abgefallen war, eine vollständige Erholung möglich ist, KARLSEN (26) beobachtete unter dem Einfluß von Äther-, Benzin- und Alkoholdämpfen eine gesteigerte, bei zu hoher Konzentration eine geschwächte Atmung bei Weizenkeimlingen sowohl in Luft als auch in einer Stickstoffatmosphäre. BOKORNY (4) stellte fest, daß *Phaseolus*- und *Pisum*-Keimlinge in Wasserkulturen mit Zusatz von 0,5 bis 1% Methylalkohol besser gediehen als in einer mineralischen Nährlösung. Wie sich Samen von *Cucumis Melo var.* unter dem Einfluß von Äthylalkohol entwickeln, untersuchten PEARL und ALLEN (42). Sie fanden, daß die mit Alkohol behandelten Samen bessere Keim- und Wachstumsmöglichkeiten zeigten als die normalen und sind der Ansicht, daß nicht der Stoffwechsel stimuliert wird, sondern daß der Alkohol selektiv auf die Samen wirkt, d. h. die schwächlichen würden eliminiert, während die kräftigen die Alkoholquellung zu überdauern vermögen und dann auch lebhafter wachsen.

Die Versuche 36 bis 47 befassen sich mit der Einwirkung von *Äther*, *Chloroform* und *Morphium* auf die Kohlensäureabgabe von Erbsen und Weizen im ersten Keimstadium. Bei der oft nur vorübergehenden Wirkung der Narcotica sind nicht nur die durchschnittlichen, sondern auch die in den einzelnen Stunden abgegebenen Kohlensäuremengen untereinander zu vergleichen.

36. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Stück.

Temperatur: 14° C. Stimulans: Äther.

Vorbehandlung: 16 Stunden Quellzeit in je 50 ccm destilliertem Wasser; nach Entfernung des Quellwassers wurden 2 Portionen unter einer abgedichteten Glasglocke mit 5 Liter Inhalt 2 Stunden lang Ätherdämpfen ausgesetzt, die einem 5 ccm Äther enthaltenden Glasschälchen entwichen. Nach dieser Zeit wurde von der 19. bis 24. Stunde die Kohlensäureabgabe bestimmt. Von der 25. Stunde ab kamen die mit Äther behandelten Keimlinge noch einmal

15 Stunden lang unter die Glasglocke mit 2 ccm Äther. Von der 40. bis 47. Stunde wurde dann wieder die Kohlensäureabgabe bestimmt.

		Stunde: 19.	20.	21.	22.	23. u. 24.	D. W.			
Nr. 1	2 Std. ätheris.	3.20	2.48	3.48	2.60	5.36	2.58			
Nr. 2	2 Std. "	3.28	2.74	2.36	2.90	5.20	2.64			
Nr. 3	nicht "	3.68	2.60	2.60	2.88	5.28	2.67			
Nr. 4	" "	3.26	2.52	2.80	2.00	5.08	2.48			
		Stunde: 40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	D. W.
Nr. 1	15 Std. ätheris.	2.80	3.48	3.40	3.44	3.62	3.80	3.77	3.92	3.62
Nr. 2	15 Std. "	3.40	4.00	3.60	3.52	3.21	3.40	3.58	3.74	3.58
Nr. 3	nicht "	5.28	4.40	4.48	4.52	4.41	4.58	4.40	4.50	4.47
Nr. 4	" "	5.60	4.36	4.48	4.40	4.42	4.66	4.60	4.52	4.49

Die Durchschnittswerte vom Versuch 36 zeigen, daß die zwei-stündige Einwirkung der Ätherdämpfe die Atmung der Weizenkeimlinge nicht beeinflussen konnte. Auch die einzelnen Stundenwerte zeigen Gleichmäßigkeit. Dagegen konnten die Keimlinge eine Einwirkungszeit von 15 Stunden nicht ertragen, ohne in der Kohlensäureabgabe gehemmt zu werden. Die Kohlensäurewerte der ätherisierten Keimlinge sind hier durchweg niedriger als die der nicht-ätherisierten. Da eine Ätherisierung von 2 Stunden ohne Einfluß, eine solche von 15 Stunden aber hemmend war, wurden im nächsten Versuche 3 Tage alte Weizenkeimlinge am 4. Tag 5 Stunden lang in Ätherwasser von verschiedenem Prozentgehalt gelegt und dann halbstündlich die Kohlensäurewerte bestimmt.

37. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Stück.

Temperatur: 14° C. Stimulans: Äther.

Vorbehandlung: Nach 24stündiger Quellzeit waren die Keimlinge 2 Tage lang auf feuchtem Filtrierpapier in bedeckten Petrischalen, am 4. Tage 5 Stunden lang in je 50 ccm 2, 1 und 0.5%igem Ätherwasser; sodann wurde halbstündlich die Kohlensäureabgabe bestimmt.

		halbe Stunde:							D. W.
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
Nr. 1	2.0% Äther	3.00	3.20	3.24	3.16	3.12	3.18	3.00	3.15
Nr. 2	1.0% "	3.68	2.00	3.48	3.60	3.28	3.34	3.20	3.15
Nr. 3	0.5% "	4.08	3.60	3.60	3.40	3.44	3.31	3.28	3.44
Nr. 4	K. V.	3.92	3.60	3.52	3.28	3.20	3.44	3.58	3.43

Auch Versuch 37 läßt nichts Besonderes bezüglich der Kohlensäureabgabe erkennen. Die mit 2% und 1%igem Ätherwasser behandelten Keimlinge weisen etwas niedrigere Kohlensäurewerte auf als der Kontrollversuch. 0.5%iges Ätherwasser ergibt gegenüber dem Kontrollversuch keine Veränderung. Um zu ermitteln, ob vielleicht eine ganz kurze Zeit genügt, die Atmung des Weizens zu

stimulieren, wurde im nächsten Versuch nur 20 Minuten lang ätherisiert.

38. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Körner.

Temperatur: 14° C. Stimulans: Äther.

Vorbehandlung: Nach 15ständiger Quellzeit wurden die Keimlinge 20 Minuten in je 50 ccm 2, 1 und 0,5%iges Ätherwasser gelegt.

Stunde:		16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	D.W.
Nr. 1	2 ‰ Äther:	4.04	3.80	3.84	3.48	3.61	3.44	3.75	3.64	3.54	3.64
Nr. 2	1 ‰ „	3.64	3.00	3.44	3.40	3.36	3.92	3.72	3.84	3.56	3.53
Nr. 3	0.5 ‰ „	3.20	2.56	3.00	3.04	3.40	3.64	3.82	3.48	3.71	3.33
Nr. 4	K. V.:	3.60	2.80	3.20	3.24	3.48	3.12	3.64	3.88	3.60	3.37

Vergleicht man die einzelnen Kohlensäurewerte des 38. Versuches, so findet man, daß sich bei 2% Äther in der 17. und 18. Stunde höhere CO₂-Werte ergeben als im Kontrollversuch. Der Unterschied beträgt 1 mg. In den folgenden Stunden sind die Kohlensäurewerte bei 2% ähnlich wie im Kontrollversuch. Bei 1% sind die Werte wohl etwas höher als im Kontrollversuch, aber doch nicht so ausgeprägt wie bei 2% in der 17. Stunde. 0,5% hatte keinen Einfluß. Man kann also sagen, daß das 2%ige Ätherwasser die Atmung in den ersten Stunden nach der Behandlung stimulierte. In dem folgenden Versuch wurden Erbsen zunächst längere Zeit ätherisiert.

39. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 25 Stück

Temperatur: 14° C. Stimulans: Äther.

Vorbehandlung: Nach 22ständiger Quellzeit in destilliertem Wasser kamen 3 Portionen in je 50 ccm 2, 1 und 0,5%iges Ätherwasser, eine Portion als Kontrollversuch in reines destilliertes Wasser. Nach 2 Stunden wurde das Ätherwasser entfernt, die Erbsen mit destilliertem Wasser abgespült und von der 25. bis 30. Stunde ihre Kohlensäureabgabe bestimmt.

Stunde:		25.	26.	27.	28.	29.	30.	D.W.
Nr. 1	2 ‰ Äther:	6.68	5.63	5.62	5.62	5.00	5.18	5.39
Nr. 2	1 ‰ „	6.60	5.62	5.20	5.00	5.22	5.36	5.28
Nr. 3	0.5 ‰ „	6.60	5.00	5.40	5.20	5.20	5.32	5.22
Nr. 4	K. V.:	6.52	5.20	5.20	5.48	5.00	5.28	5.23

Wohl zeigt sich bei 2% Äther in der 26. und 27. Stunde eine kleine Steigerung der Kohlensäurewerte. Ich betrachte sie aber nicht als Stimulation, sondern als gewöhnliche Schwankungen der Kohlensäureabgabe. Daß Äther aber die Atmung von Erbsensamen, wie auch LAUREN (31) und JACOBI (20) festgestellt haben, tatsächlich zu steigern vermag, geht aus dem nächsten Versuch deutlich hervor.

40. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 30 Stück.

Temperatur: 19° C. Stimulans: Äther.

Vorbereitung: Die Quellzeit war 15stündig. Versuchsportion Nr. 1 wurde in der 1. und 2. Stunde, Versuchsportion Nr. 2 in der 3. und 4. Stunde, Versuchsportion Nr. 3 in der 1., 2., 3. und 4. Stunde der Quellzeit mit je 50 ccm 0,25%igem Ätherwasser behandelt. Eine Portion wurde nicht ätherisiert. Nach dieser Zeit wurde das Ätherwasser jeweils wieder durch destilliertes ersetzt. Die Kohlensäureabgabe wurde von der 16. bis 24. Stunde bestimmt, wobei das Quellwasser der Samen wiederum durch je 50 ccm frisches destilliertes Wasser ersetzt wurde.

	Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	D.W.
Nr. 1 nichtäther.		9.18	5.24	4.82	4.78	4.00	4.44	5.00	4.84	5.08	4.78
Nr. 2 in der 1. und 2. St. äther.		9.86	6.57	5.76	4.84	5.55	5.27	6.40	5.36	5.44	5.65
Nr. 3 in der 3. und 4. St. äther.		8.31	6.20	5.10	4.78	5.64	5.28	5.18	4.95	5.87	5.38
Nr. 4 i. d. 1., 2., 3. u. 4. St. äther.		10.67	6.20	5.41	5.04	4.82	5.68	6.31	6.55	6.07	5.76

Man sieht, daß bei den ätherisierten Samen die Kohlensäureabgabe fast überall stärker ist. Ohne Zweifel ist der Äther also imstande, die Atmung keimender Erbsen, wenn auch nicht in erheblichem Maße, zu stimulieren. Wenn im vorhergehenden Versuch durch die zweistündige Ätherbehandlung nach einer 22stündigen Quellzeit die Kohlensäureproduktion nicht gesteigert wurde, so könnte man es z. B. damit erklären, daß das Plasma in den ersten Stunden der Quellzeit, wo es sich in lebhaftester Tätigkeit befindet, viel empfänglicher für narkotische Reize ist. Jedenfalls steht, wie die beiden Versuche zeigen, fest, daß eine Stimulation der Atmung nicht immer nur von der Konzentration und Einwirkungszeit des Narcoticums abhängig ist, sondern auch in hohem Maße von einer entsprechenden Versuchsanordnung. Wie lange die hervorgerufene Stimulation bei Versuch 40 anhält, konnte bei der großen Empfindlichkeit der Erbsen den Bakterien gegenüber nicht weiter verfolgt werden. Man konnte aus Versuch 38 schon ersehen, daß z. B. bei 20 Minuten Einwirkungszeit die Kohlensäureproduktion nur einige Stunden gesteigert war.

In den nächsten Versuchen wurden die Erbsen mit Chloroform behandelt, und zwar bei seiner viel größeren Giftigkeit nur ganz kurze Zeit, nämlich 15, 5 und 1 Minute.

41. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 25 Stück.

Temperatur: 14° C. Stimulans: Chloroform.

Vorbehandlung: Nach 17stündiger Quellzeit in destilliertem Wasser kamen die Erbsen 15 Minuten in je 50 ccm 2, 1 und 0,5%iges Chloroformwasser. Nach dem Abspülen mit destilliertem Wasser wurden die CO₂-Mengen bestimmt.

Stunde:		18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	2 % Chloroform:	3.80	4.40	4.40	4.88	4.60	4.72	3.80	4.72	4.40	4.49
Nr. 2	1 % „	3.80	5.20	4.80	4.80	4.80	4.80	3.80	4.64	4.80	4.70
Nr. 3	0.5 % „	4.60	4.08	5.20	5.40	4.80	5.20	4.80	4.52	5.00	4.87
Nr. 4	K. V.:	4.40	4.80	4.80	4.68	4.92	5.00	4.72	4.80	5.00	4.84

Aus Versuch 41 ersieht man, daß die Kohlensäurewerte bei 2% Chloroform durchweg niedriger sind als die des Kontrollversuches; bei 1% ist der Kohlensäurewert der 19. Stunde wohl etwas höher (5,20) als im Kontrollversuch (4,80), dagegen ist er in der 24. Stunde um fast 1 mg niedriger als im Kontrollversuch. Bei 0,5% fällt der Kohlensäurewert in der 19. Stunde auf 4,08 (K. V. = 4,80), steigt aber dann bis zur 21. Stunde (5,40) über den CO₂-Wert des K. V. (4,68).

42. Versuch

Atmungsmaterial: wie in Versuch 41.

Die Erbsen waren 5 Minuten in Chloroformwasser.

Stunde:		9 ³⁰ -10 ⁰	10 ⁰ -10 ³⁰	10 ³⁰ -11 ⁰	11 ⁰ -11 ³⁰	11 ³⁰ -12 ⁰	12 ⁰ -1 ⁰	1 ⁰ -2 ⁰	2 ⁰ -4 ⁰	D.W.
										pro Stunde
Nr. 1	2 % Chloroform:	3.10	2.36	2.64	2.72	2.16	4.80	5.20	9.60	4.91
Nr. 2	1 % „	3.10	2.60	2.40	2.40	2.84	5.00	5.00	9.80	5.01
Nr. 3	0.5 % „	3.20	3.00	2.44	2.80	3.24	5.00	5.08	9.80	5.23
Nr. 4	K. V.:	3.60	2.40	2.60	2.40	3.28	5.60	5.40	10.00	5.28

Versuch 42, bei 5 Minuten Einwirkungszeit, gibt ein ähnliches Bild wie Versuch 41. Die mit 2% Chloroform behandelten Keimlinge sind in der Atmung gehemmt, wie namentlich der Kohlensäurewert von 11,30 bis 12 Uhr zeigt; es scheint aber, daß sich die Erbsen wieder erholen, denn von 1 bis 2 Uhr ist der Unterschied zwischen Chloroform- und Kontrollversuch nur noch 0,2 mg. Auch 1% Chloroform hat schwach hemmend gewirkt. Man sollte meinen, daß nachdem 2 und 1% die Atmung schwächten, doch 0,5% stimulieren könnte. Wir haben aber nur von 10 bis 10,30 Uhr einen etwas höheren Kohlensäurewert (3,00) als im Kontrollversuch (2,40).

43. Versuch

Wie Versuch 41. Die Erbsen waren 1 Minute lang in Chloroformwasser.

Stunde:		18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	D.W.
Nr. 1	2 % Chloroform:	5.00	5.28	5.28	5.16	5.25	5.00	5.65	5.28	5.36	5.28
Nr. 2	1 % „	5.38	5.08	5.00	5.40	5.40	4.96	5.36	5.60	5.24	5.25
Nr. 3	0.5 % „	5.80	4.82	4.68	5.20	5.20	4.96	5.20	5.76	5.44	5.16
Nr. 4	K. V.:	5.48	4.60	4.20	4.80	5.16	4.92	5.40	5.44	5.30	4.98

Während bei den Versuchen 41 und 42 eigentlich nur von einem veränderten Verlauf der Atmung ohne eigentliche Stimulierung gesprochen werden kann, genügte, wie Versuch 43 zeigt, eine Minute, um wenigstens in den ersten Stunden die Kohlensäurewerte zu steigern; am deutlichsten tritt die Steigerung bei 2% und 1% zutage. Wir haben z. B. in der 19. Stunde bei 2% Chloroform 5,28, im Kontrollversuch 4,60, in der 20. Stunde 5,28, im Kontrollversuch 4,20 mg. In der 25. und 26. Stunde aber sind die Kohlensäurewerte sowohl der mit Chloroform behandelten Erbsen wie die des Kontrollversuches ziemlich gleich hoch. Man kann also aus Versuch 43, bei 1 Minute Einwirkungszeit, schließen, daß das Narcoticum doch nur vorübergehend eine Förderung der Atmung hervorzurufen vermag. Die Durchschnittswerte nach 9 Stunden zeigen, daß diese Förderung außerdem sehr gering ist. Die beiden anderen Versuche 41 und 42 ergeben, daß unter Umständen einem gesteigerten Kohlensäurewert ein Sinken unter den CO₂-Wert des Kontrollversuches vorausgehen oder folgen kann. In den nächsten Versuchen wurde auch Panzerweizen 15 Minuten und 1 Minute lang den Chloroform-Konzentrationen ausgesetzt.

44. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Körner.

Temperatur: 14° C. Stimulans: Chloroform.

Vorbehandlung: Nach 15stündiger Quellzeit in destilliertem Wasser waren die Keimlinge 15 Minuten in je 50 cem 2, 1 und 0,5%igem Chloroformwasser.

		Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	D.W.
Nr. 1	2 % ₀ Chloroform:		3.36	2.80	3.20	2.20	2.92	3.12	2.84	2.62	2.96
Nr. 2	1 % ₀ ..		3.40	2.76	3.00	3.60	3.21	3.20	3.00	3.40	3.18
Nr. 3	0,5 % ₀ ..		3.42	3.00	3.20	3.20	3.00	3.80	3.60	2.80	3.23
Nr. 4	K. V.:		3.20	3.40	3.40	3.28	3.00	4.20	3.68	3.64	3.57

45. Versuch

Wie Versuch 44. Die Weizenkeimlinge befanden sich 1 Minute lang in Chloroformwasser.

		Stunde:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	D.W.
Nr. 1	2 % ₀ Chloroform:		4.60	4.20	3.60	3.40	3.52	3.96	3.70	3.80	3.90	3.75
Nr. 2	1 % ₀ ..		3.80	3.40	3.40	3.00	3.20	3.56	3.84	3.92	3.78	3.51
Nr. 3	0,5 % ₀ ..		3.60	2.56	3.32	3.40	3.00	3.50	3.82	3.66	3.84	3.38
Nr. 4	K. V.:		3.80	2.64	3.24	3.48	3.56	3.66	3.93	3.84	3.80	3.52

Das Ergebnis der Versuche mit Panzerweizen ist ähnlich wie das der mit Chloroform behandelten Erbsen. Im Versuch 44 wirkt 2% Chloroform nach $\frac{1}{4}$ Stunde Einwirkungszeit hemmend auf die Atmung. Auch 1 und 0,5% Chloroform sind nicht ohne geringe schädigende Wirkung. Eine erhebliche Steigerung eines Kohlen-

säurewertes über den eines Kontrollversuches ist nicht zu beobachten. Somit wäre auch innerhalb der Versuchszeit keine Stimulation erfolgt. In Versuch 45 dagegen begegnen wir bei 2% und 1% namentlich in der 17. Stunde höheren Werten. Die Stimulation dauert allerdings nur kurze Zeit. Bereits in der 19. Stunde haben die Werte wieder den Normalwert des Kontrollversuches erreicht. Chloroform wirkte also, wenn es nur 1 Minute auf unsere Samen einwirkte, ganz kurze Zeit stimulierend auf ihre Atmung. Eine auf die Stimulation folgende Hemmung können wir nicht finden.

Vergleicht man die Versuche, in denen wir unser Material mit Äther und Chloroform narkotisierten, so ergibt sich, daß die Atmung kurze Zeit gesteigert werden kann, wenn man gerade die richtige Konzentration und Einwirkungszeit ermittelt hat. Die Durchschnittswerte ergeben aber, daß diese Stimulation doch recht gering ist. Das von vielen erwähnten Forschern beobachtete Steigen und Fallen der Kohlensäurewerte tritt in unseren Versuchen nicht so eindeutig zutage. Es rührt vielleicht daher, daß sich die im Plasma durch Narcotica hervorgerufene Veränderungen sehr schnell vollziehen, was SIERP (57) beim Wachstum ätherisierter *Avena*-Koleoptilen und GAIN (14) bei der Wachstumsgeschwindigkeit chloroformierter *Allium*-Blätter beobachtete, und deshalb in den beobachteten stündlichen Zeiträumen diese regelmäßigen Schwankungen nicht immer deutlich zum Ausdruck kommen.

Eine ganz außerordentliche Steigerung der Atmung sollen auch die *Alkaloide* hervorrufen. MORKOWIN (37) z. B. gibt an, daß etiolierte Blätter von *Vicia Faba* mit Morphinum gereizt ungefähr doppelt soviel Kohlensäure abgeben als ungeretzte. SMIRNOW (58) findet, daß salzsaures Chinin keinen fördernden Einfluß auf die Atmung von Weizen-, Mais- und Erbsensamen auszuüben imstande ist. Nach JACOBIS (20) Untersuchungen steigert Chinin die Atmung von Wasserpflanzen. Die Versuche 46 und 47 sollen deshalb zum Schluß noch dartun, wie sich die Atmung unseres Materials nach einer Behandlung mit salzsaurem Morphinum verhält.

46. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Erbsen, je 10 g und 25 Stück.

Temperatur: 15,5° C. Stimulans: salzsaures Morphinum.

Vorbehandlung: 17 Stunden Quellzeit in je 30 ccm einer 0,5, 0,15 und 0,05%igen Morphinumlösung.

	Stunde:	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	D. W.
Nr. 1 0.50 % ₀ Morphium:		6.68	5.08	5.08	4.64	5.08	4.72	5.54	5.02
Nr. 2 0.15 % ₀ "		6.56	5.28	5.12	5.08	5.21	5.44	5.52	5.27
Nr. 3 0.05 % ₀ "		7.08	5.08	5.09	5.04	5.08	5.40	5.68	5.23
Nr. 4 K. V.		7.40	5.52	5.68	5.28	5.12	5.08	5.64	5.38

47. Versuch

Atmungsmaterial: 4 Portionen Panzerweizen, je 10 g und 190 Stück.

Temperatur: 15,5° C. Stimulans: salzsaures Morphium.

Vorbehandlung: 24 Stunden Quellzeit in je 30 ccm einer 0,5, 0,15 und 0,05%igen Morphiumlösung.

	Stunde:	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	D. W.
Nr. 1 0.50 % ₀ Morphium:		4.68	3.68	3.44	3.89	4.00	3.76	3.74	3.75
Nr. 2 0.15 % ₀ "		4.16	3.32	3.46	3.51	3.86	3.96	3.92	3.67
Nr. 3 0.05 % ₀ "		4.48	3.44	3.58	3.60	3.66	3.80	3.79	3.64
Nr. 4 K. V.		4.66	3.64	3.70	3.84	4.12	4.04	3.96	3.88

Aus den Kohlensäurewerten der Versuche 46 und 47 ersieht man, daß Morphium die Atmung der Erbsen und Weizensamen nicht im geringsten steigern kann. In Versuch 46 ist bei 0,5% Morphium eine schwache Hemmung eingetreten. Zusammen mit dem schon erwähnten Ergebnis von SMIRNOW (58) ist also eine Stimulation der Atmung von Weizen und Erbsen im ersten Keimstadium durch Zusatz von Alkaloiden nicht möglich.

Schluß

Um die Einwirkung chemischer Stoffe auf die Atmung unserer Samen im ersten Keimstadium richtig beurteilen zu können, stellte ich in den ersten Versuchen die Kohlensäureproduktion unter normalen Bedingungen ohne Zusatz von Stimulantien fest. Zunächst wurde die stündliche Atmungsgröße vorgequellter Erbsen in Wasser und Luft ermittelt. Die Kohlensäureabgabe ist natürlich in Wasser viel schwächer als in Luft. Durch kräftiges Schütteln gelang es aber, die Atmungsgröße in Wasser wesentlich zu steigern. Diese Steigerung beruht nur auf der Beseitigung rein physikalischer Hemmungsvorgänge, die für den Gasaustausch atmender Samen in Wasser bestehen und nicht etwa gleichzeitig in einer durch das Schütteln bewirkten Stimulation der Atmung, wie sie durch andere mechanische Reize z. B. Verwundung hervorgerufen wird, da die Atmungsgrößen geschüttelter und ungeschüttelter Samen in Luft gleich hoch sind. Die Strömungsgeschwindigkeit der für die Aufnahme der Atmungskohlensäure notwendigen Luft wird am besten konstant gehalten. Besondere Aufmerksamkeit wurde dem Atmungsmaterial selbst gewidmet. Bekanntlich sind die Größenunterschiede der

Samen sowohl bei der gleichen als auch bei verschiedenen Sorten untereinander oft recht beträchtlich. Nach unseren Versuchen stellt sich heraus, daß bei Samen gewisser Pflanzen kleinste und größte Samen bei gleichem Gewicht gleiche Kohlensäuremengen erzeugen, während bei anderen die Samengröße, also außer dem Samengewicht auch ihre Zahl, nicht ohne Bedeutung für die Ermittlung normaler durchschnittlicher Atmungsgrößen ist. Wir stellten fest, daß in diesem Falle die kleinsten Samen bei gleichem Gewicht mehr Kohlensäure abgeben als die größten. Daraus ist zu schließen, daß es am vorteilhaftesten ist, bei Atmungsversuchen mit Samen immer gleiches Gewicht und gleiche Zahl zu nehmen. Diese Versuchsregel ist unbedingt einzuhalten, wenn es sich um den Vergleich der Atmungsintensität verschiedener Sorten im Anfangsstadium der Keimung handelt. Das diesbezügliche Ergebnis unserer Versuche war, daß die einzelnen Sorten im ersten Keimstadium verschiedene Atmungsgrößen besitzen können.

Nachdem durch diese einleitenden Versuche die normale Kohlensäureabgabe und ihre mögliche Veränderung durch das umgebende Medium, Größenverhältnisse usw. bekannt war, wurden zur Beantwortung der Stimulationsfrage Bestimmungen verschiedenster Art ausgeführt. Zur Einwirkung kamen anorganische Stoffe, Narcotica und Alkaloide. Man prüfte ihren Einfluß bei verschiedener Konzentration und Einwirkungszeit. Als stets sich wieder einstellendes Ergebnis muß ich anführen, daß die untersuchten anorganischen Salze weder bei längerer oder kürzerer Einwirkungszeit, noch in schwächerer oder stärkerer Konzentration eine Stimulation der Atmung im ersten Keimstadium bei Leguminosen und Gramineen hervorrufen konnten. Dagegen traten stets Senkungen der Kohlensäureabgabe auf, je nachdem die Konzentration oder die Einwirkungsdauer zu stark oder zu lang war. Die in der Hemmung der Atmung sich zeigende Giftwirkung der anorganischen Salze ist bei der einzelnen Samenart jeweils verschieden. Im ersten Quellstadium dauert es, wie Versuche zeigen, immer eine geraume Zeit, bis das Plasma auf den fremden chemischen Stoff reagiert, denn die Samenschale bildet ein großes Hindernis für das Eindringen der Salzlösungen. Aber auch nach der Entfernung der Samenschale und in dem Stadium, wo schon die Wurzel die Samenschale eben durchbrochen hat und deshalb das Eindringen in das Innere der Zellen sich leichter gestaltet, konnte nie eine Stimulation gefunden werden. Sehr bald

dagegen sanken mit zunehmender Einwirkungszeit die Kohlensäurewerte mit solchen Stoffen behandelte Samen unter die der unbehandelten. War die Konzentration zu schwach, um ein Sinken der Kohlensäurewerte hervorzurufen, blieb die Atmungsgröße stets auf normaler Höhe.

Wie anorganische Salze verhalten sich auch die Alkaloide. Dagegen ist die Wirkung der Narkotika auf die Atmung der Samen im ersten Keimstadium eine andere als die der zuletzt angeführten Stoffe. Narkotika vermögen bei mittlerer Konzentration oder Einwirkungszeit den Verlauf der Atmung unserer Samen in dem Sinne abzuändern, daß größere Schwankungen in der Kohlensäureabgabe auftreten. In diesem Falle ist das Steigen eines Kohlensäurewertes oft von einem vorhergehenden oder nachfolgenden Fallen unter den normalen Wert begleitet. Sind dagegen die Einwirkungszeiten sehr kurz, z. B. nur 1 Minute, so tritt eine Steigerung, also eine Stimulation der Atmung ohne letztere Begleiterscheinungen ein. Die Stimulation ist allerdings sehr gering und währt nur ganz kurze Zeit. Gar bald kehren die Samen zu normaler Atmungstätigkeit zurück. Längere Einwirkungszeiten und stärkere Konzentrationen sind entweder ohne sichtbaren Einfluß oder aber von hemmender Wirkung auf die Atmung. Ich komme also zu dem Endergebnis, daß anorganische Salze und Alkaloide in normaler Konzentration die Atmung von Samen im ersten Keimstadium nicht stimulieren, während Narkotika, z. B. Äther oder Chloroform, eine schwache und vorübergehende Erhöhung der Atmungstätigkeit bewirken. Mit unserem Nachweis soll nicht gesagt werden, daß in späteren Entwicklungsstadien ein besser sichtbarer Einfluß chemischer Stoffe auf die Atmung nicht möglich ist.

Abstract

In order to be able correctly to judge the influence of chemical matters upon the respiration of our seeds in their first stage of germination, the production of carbonic acid under normal conditions without addition of stimulants has been established in the first trials. At first the hourly magnitude of respiration of presoaked peas in water and air has been ascertained. The loss of carbonic acid is of course much less in water than in air. It has been possible however, to increase the magnitude of respiration considerably by vigorous shaking. This increase is only caused by the removal of pure physical events which for the exchange of gas exist in water for the respiring seeds: it is indeed not a consequence of a stimu-

lation of respiration, at the same time caused by shaking, as it might be caused by other mechanical stimuli, by wounding for instance, because the magnitude of respiration of shaken and unshaken seeds in air is uniform. The speed of the current of air, necessary for the intake of carbonic acid for the respiration should best be kept constant. Special attention has been given to the investigation of the material itself. The differences in the size of seeds, as is well known, are often very considerable in the same variety as well as in different varieties among themselves. Our investigations proved that in seeds of certain plants the smallest and largest which were equal in weight, did not produce the same quantity of carbonic acid, while in others the size of the seed, beside the weight also the number, is of some importance for the ascertainment of normal average respiration-magnitudes. We stated that in this case the smallest seeds produced more carbonic acid than the largest, though they were of uniform weight. From this may be concluded that it is expedient, to take always an equal weight and equal number in the respiration tests with seeds. This rule ought implicitly to be followed in the trials, if it is a question of a comparison of the respiration intensity of different varieties in the beginning of germination. The results of our trials in this respect showed that the single varieties in their first stages of germination may possess different magnitudes of respiration.

After the normal loss of carbonic acid and its possible changes by the surrounding medium, proportions of size etc., were known by the introductory tests, different determinations have been made to answer the question of stimulation. The influence of anorganic matters, narcotica and alcaloide, have been examined in different concentrations and different times of action. As a continuously reappearing result I found that anorganic salts, neither in shorter or longer time of action, nor in weaker or stronger concentration, were able to produce a stimulation of respiration in the first stage of germination of leguminosae and gramineae. In return a sinking of the loss of carbonic acid always appeared according as the solution was too strong or the time of action too long. The poisonous effect of the anorganic salts, indicated by a check in the respiration, differs in the single varieties of seed. In the first stage of swelling it lasted always a considerable time, until the plasma reacted on the strange chemical matter, for the testa is a great hindrance to the penetrating of the salt solutions. But even after the removal of the

testa and in the stage, when the root has just broken through the testa, and therefore the penetrating into the interior of the cells becomes easier, no stimulation was ever to be found. But with increasing time of action, the carbonic acid-values of seeds treated with such matters sunk under those of the untreated ones. When the concentration was too weak to call forth a sinking of the carbonic acid-values, the magnitude of respiration always remained on its normal height.

The alcaloides react in a similar way as the anorganic salts. In return the influence of the narcotica upon the respiration of seeds in the first stage of germination is different from the last mentioned matters. The narcotica, in medium concentration and time of action, are able to cause greater fluctuations in the loss of carbonic acid of our plants during their course of respiration. In this case the increase of a carbonic acid-value is often accompanied by a preceding or following decrease under the normal value. But if the time of action is very short, for instance one minute only, then an increase occurs viz. a stimulation of the respiration without the latter accompanying appearances. This stimulation is very slight indeed and of very short duration. The seeds return quickly to a normal respiration. Longer times of action and stronger concentrations are either without a discernible influence or they are checking the respiration. The final result of my investigations, therefore, is that anorganic salts and alcaloides in normal concentrations do not stimulate the respiration of seeds in their first stage of germination, while narcotica, e. g. ether or chloroform, effect a weak and passing increase of the activity of respiration.

Literatur-Verzeichnis

1. ABDERHALDENS Handbuch zu biochemischen Arbeitsmethoden. III. Bd. 1910. — 2. ABRAHAMSOHN, B., Über die Atmung der Gerste während der Keimung, insbesondere ihre Abhängigkeit vom Gehalt an Eiweiß. Diss., 31 S. Berlin 1910. — 3. APPELMAN, C. O., Relation of oxidases and catalase to respiration in plants. Amer. Journ. Bot., 3, 223. 1916. — 4. BOKORNY, TH., Über die Einwirkung von Äthylalkohol und anderen Alkoholen auf grüne Pflanzen und Mikroorganismen. Central-Bakt., 2. Abtlg., XXX, S. 53. 1911. — 5. BONNIER und MANGIN, zit. nach PFEFFER. Pflanzenphysiol. I, S. 575, 2. Aufl. 1897. — 6. BUCHNER, Zymasegärung. 1903. — 7. BURLAKOW, G., Über Atmung des Keimes des Weizens, *Triticum vulgare*. Arb. d. Naturf. Ges. Charkow, Bd. XXXI, Suppl. 1. 1897. — 8. COUPIN, H., Über die Giftigkeit der Cu-Salze für die höheren Pflanzen, Compt. rend. 1898 F. C. XXVII, S. 400. — 9. CZAPEK, F., Biochemie der Pflanzen. Bd. III, S. 44. 1921. — 10. DETMER, Landw. Jahrbücher. Bd. 11, S. 227. 1882. — 11. DENSCHE, A., und HUNNIUS, Versuche mit CuSO_4 . Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung 1924, A 3, 369

- bis 386. — 12. ELFVING, F., siehe bei PFEFFER, Pflanzenphysiol. I, S. 575, 2. Aufl. 1897. — 13. FEHER, D., und VAGI, St., Untersuchungen über die Einwirkung von Na_2CO_3 auf Keimung und Wachstum der Pflanzen. Biochem. Zeitschrift 1925, 158, 357—365. — 14. GAIN, Edmond, Effets de l'anesthésie sur la croissance d'Allium. Observation du choc anesthésique. C. R. soc. Biol. 1925, 93, 763—764. — 15. GALITZKY, K. u. V. WASSILJEFF, Zur Atmung der Weizenkeime. Ber. Bot. Ges. 28, 182 (1910), S. 187. — 16. GASSNER, G., Der gegenwärtige Stand der Stimulationsfrage. Ber. D. Bot. Ges., Bd. XLIV, Heft 6. 1926. — 17. Derselbe, Ein einfacher Nachweis der stimulierenden Wirkung von Giften und anderen Stoffen auf die Keimung und Entwicklung von Brandsporen. Zellstimul. Forsch., Bd. I, Heft 4. 1925. — 18. HAAS, A. R. C., Effect of anesthetics upon respiration. Bot. Gaz.-Vol. 67, S. 377. 1919. — 19. HEUSER, O., Zellstimulationsversuche, Deutsche Landw. Presse, 1924, 51, 424. — 20. JACOBI, B., Über den Einfluß verschiedener Substanzen auf die Atmung submerser Pflanzen. Flora, Bd. 86, S. 289. 1899. — 21. JAUERKA, O., Die ersten Stadien der CO_2 -Ausscheidung bei quellenden Samen. Diss. 1912. — 22. INMANN, O. L., Comparative studies on respiration XX, The cause of partial recovery. Journ. Gen. Physiol. 1921, 4, 171—176. — 23. IRVING, A. A., The effect of chloroform upon respiration and assimilation. Ann. of Bot., 25, S. 1077. 1911. — 24. IWANOW, L., Über die Wirkung der Phosphate auf die Ausscheidung der CO_2 durch die Pflanzen. Biochem. Zeitschrift, Bd. XXV, S. 171—186. 1910. — 25. JOHANNSEN, W., Äther- und Chloroformnarkose und deren Nachwirkungen. Bot. Zentralblatt, Bd. LXVIII, S. 337—338. 1896. — 26. KARLSEN, A., Comparative studies on respiration XXVIII, the effect on anesthetics on the production of carbon dioxide by wheat under aerobic and anaerobic conditions. Amer. Journ. of Bot. 1925, 12, 619—624. — 27. KOLKOWITZ, R., Über die Atmung der Gerstenkörner. Blätter für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau. November 1901. — 28. KOSINSKI, J., Die Atmung bei Hungerzuständen und unter Einwirkung von mechanischen und chemischen Reizmitteln bei *Aspergillus niger*. Pringsh. Jahrb. 37, 156. (1902.) — 29. KOSTYTSCHIEW, S., Pflanzenatmung. 1924, S. 21. — 30. KOSTYTSCHIEW, S. und SCHELOUMOW, A., Pringsh. Jahrb. 50, 157. (1912.) — 31. LAUREN, W., Über den Einfluß von Ätherdämpfen auf die Atmung von Keimlingen. Bot. Zentralblatt 49, 141. 1892. — 32. LINSBAUER, L., Einige Stimulationsversuche mit Samen. Gartenzeitung d. Österr. Gartenbauges. 1925, 57. — 33. LÖW, O., Biol. Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrags. Biol. Zentralblatt 1924, 44, 188—193. — 34. Derselbe, Über Reizmittel des Pflanzenwachstums, Chemiker-Zeitung 1924, Nr. 71, S. 391. — 35. LUNDEGARDH, H., Studien über die Wirkung der pflanzen-pathologischen Beizmittel. Biol. Zentralblatt, Bd. 44, Heft 9, S. 475. — 36. LYON, CH., J., The effect of phosphates on respiration. Journ. Gen. Physiol. 1924, 6, 299—306. — 37. MORKOWIN, N., Über den Einfluß der Reizwirkungen auf die intramolekulare Atmung der Pflanzen. Ber. Bot. Ges., 21, 72. 1903. — 38. MÜLLER-Thurgau und SCHNEIDER-Orelli, Beiträge zur Kenntnis der Lebensvorgänge in ruhenden Pflanzenteilen. Flora, Bd. III, S. 309. — 39. NABOKICH, A. J., Über den Einfluß der Sterilisation der Samen auf die Atmung. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. XXI, S. 285. — 40. PALLADIN, W., Über die Wirkung von Giften auf die Atmung lebender und abgetöteter Pflanzen sowie auf Atmungsenzyme. Pringsh. Jahrb., Bd. 47, S. 431. 1910. — 41. PASPALEFF, G., Stimulationsversuche an *Polygonum*. Zellstimul. Forsch. 1924, 1, 149—169. — 42. PEARL, R. and

- ALLEN, A., The influence of alcohol upon growth of seedlings. Journ. Gen. Physiol. 1925, 8, 215—231. — 43. POPOFF, M., Über Zellstimulation und ihre theoretische Begründung. Zellstimul. Forsch. 1924, 1, 3—38. — 44. Derselbe. Düngung, Düngemittel und Zellstimulation. Zellstimul. Forsch. 1924, 1, 117—128. — 45. PÜTTER, Vergleichende Physiologie. S. 694. 1911. — 46. RAULIN, Ann. des sciences nat. S. V. T., XI. S. 93, 1869. — 47. RAY, G. B., Comparative Studies on respiration XXIV. The effect of chloroform on the respiration of dead and living tissue. Journ. Gen. Physiol. 1923, 5, 469—477. — 48. REINHARD, A., Zur Frage über die Salzwirkung auf die Atmung der Pflanzen. Ber. Bot. Ges. 28 (451). 1910. — 49. RICHARDS, H. M., Die Beeinflussung des Wachstums einiger Pilze durch chemische Reize. Pringsh. Jahrb., Bd. XXX, 1897. S. 671—676. — 50. RICHTER, A., Zur Frage der chemischen Reizmittel. Zentralblatt f. Bakt. Bd. VII, S. 422. 1901. — 51. ROCASOLANO GREGORIO, A. de, Das Mangan als Katalysator der biochemischen Reaktionen, unter denen die Pflanzen den Luftstickstoff auf bakteriellem Wege aufnehmen. Internat. agrar.-techn. Rundschau, VII, S. 739—740. 1916. — 52. SCHAFFNIT, Zur Behandlung von Saatgut mit Reizchemikalien. Mitt. Deutsch. landw. Ges. 1925, 42. — 53. SCHULZ, H., Zentralbl. f. Bakt., 2, 4, 172. 1888. 54. SCHULZE, B., Beitrag zur Frage der Wirkung von Reizstoffen auf die Pflanzenentwicklung. Die Landw. Versuchsstation. 1915. — 55. SENF, U., Die Wirkung verschiedener Steinbrandbeizmittel auf eine Energiesteigerung der Keimprozesse und der ersten Wachstumsstadien, mit Anhang: Die Möglichkeit einer Beeinflussung dieser Vorgänge durch dampfförmige chemische Mittel. Mez, Archiv 1925, X, 209—290. — 56. SIERP, H., Untersuchungen über CO₂-Abgabe aus keimenden Erbsensamen. Flora 1925, Bd. 118/119, S. 476. — 57. SIERP, H., Untersuchungen über die durch Licht und Dunkelheit hervorgerufenen Wachstumsreaktionen bei der Koleoptile von *Avena sativa* und ihren Zusammenhang mit den phototropischen Krümmungen. Zeitschrift für Botanik, XIII. Jahrg., Heft 3. 1921. — 58. SMIRNOW, J., Arbeiten der St. Petersburger Ges. der Naturforscher. Bd. 35. — 59. SMITH, E. Ph., The effect of General Anesthetics on the Respiration of Cereals. I Carbon dioxide Production. Ann. of Bot. 1924, Bd. 38, 261—272. — 60. TASHIRO, S., and ADAMS, H. S., Studies in narcosis. I Effect of ethyl urethane and chloralhydrate on the CO₂ production of the nerve fiber. Internat. Zeitschrift. Phys. Chem. Biol., 1, 450. 1914. — 61. THODAY, D., On the Effect of chloroform on the Respiratory Exchanges of Leaves. Ann. of Bot., Vol. 27, 697. 1913. — 62. USCHDRAWIT, Stimulationsversuche. Mez, Archiv 1925, XII, 119—133. — 63. WARBURG, O., Über Oberflächenreaktionen in lebenden Zellen. Zeitschrift für Elektrochem., Bd. 28, S. 70. 1922. — 64. Derselbe, Über Eisen, den O übertragenden Bestandteil des Atmungsferments. Biochem. Zeitschrift 1924, 152, S. 479—494. — 65. WINTERSTEIN, H., Die Narkose. 2. Aufl. Berlin (Jul. Springer) 1926. — 66. WRUBLEWSKI, Journ. f. praktische Chemie, 64. 1901. — 67. ZALESKI, W., Zur Frage über die Wirkung von Reizen auf die Atmung der Pflanzen. Mem. des Inst. für Land- und Forstwirtschaft in Nowo-Alexandria. Bd. XV, Heft 2. 1902. — 68. ZALESKI, W. und A. REINHARD, Biochem. Zeitschrift, 27, 56, 451. 1910. — 69. ZALESKI, W., Zur Kenntnis der Stoffwechselprozesse in reifenden Samen. Beih. Bot. Zbl. 1911, Bd. XXVII, S. 63—82. — 70. ZLATAROFF, A., Untersuchungen über die chemische Stimulation der Samenkörner. Fortschr. d. Landw. 1926, 1, S. 81—83.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Gindele Franz Joseph

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Wirkung chemischer Stoffe auf die Atmung keimender Samen 532-578](#)