

Die Einwirkung verschiedener Stimulantien, mit besonderer Berücksichtigung der Gase, auf pflanzliche Organismen.

Von Dr. WERNER LIEBISCH, Botanisches Museum und Botanischer Garten, Berlin-Dahlem

(Eingeg. 16. Juni 1933.)

Verschiedene Verfahren bewirken ein frühzeitiges Austreiben ruhender Knospen bei ganzen Pflanzen, Stauden, Zweigen, Zwiebeln und Knollen und ein schnelleres Keimen von Samen. Dieser Verfahren bedienen sich Landwirte und Gärtner, um Pflanzen ertragreicher zu gestalten, um ferner ihre Produkte vor der normalen Erntezeit auf den Markt zu bringen oder bei Blumen schönere Blütenpracht zu erzielen.

Allgemein bekannt ist ja, daß im Frühjahr nach den Winterfrösten, sobald sich eine gewisse Wärme bemerkbar macht, die Knospen der Pflanzen, die im vergangenen Jahr bereits angelegt worden sind und während der Ruhe schwach atmen, wachsen und bald austreiben. Desgleichen keimen dann die Samen im Erdreich, die sich bis dahin in physiologischer Ruhe befinden. Stellt man nun abgeschnittene Zweige in die Nähe des Ofens, dann kann das Aufwecken, das Ergrünen und Erblühen schneller erzielt werden. Die Zweige müssen aber bestimmt im Stadium der „Nachruhe“ sein, die zumeist an eine gewisse Kälteeinwirkung (Frost) gebunden ist; auch die Samen, die eine sogen. „Vollreife“ erlangt haben müssen, beginnen dann schneller zu keimen. In der „Mittelruhe“ vor Dezember gelingt dieser Treibversuch nicht. Während der Vorruhe, die im Sommer schon einsetzt, ist ein Treiben verhältnismäßig leicht möglich, kommt aber kaum nutzbringend zur Anwendung. Wesentlich anders verhält es sich mit Samen und Früchten, die mitunter unreif geerntet werden, aber dennoch durch einige Verfahren verwendungsfähig und handelswert gemacht werden können.

Es ist nun erstamlich, daß alle diese Mittel trotz ihrer Verschiedenheit die gleiche Wirkung haben. Immer werden durch äußere Faktoren die eigenen potentiellen Energien, die im Pflanzeninnern gespeichert sind, ausgelöst. Ein kurz dauernder, richtig dosierter „Reiz“ kann genügen, um eine Kette von Reaktionen zu verursachen. Lebensnotwendig muß dieser Reiz sein, aber oft besitzen die zu seiner Auslösung verwendeten Stoffe keinerlei Nährwert, und seine stimulierende Einwirkung setzt sich trotzdem bis zur Fruchtbildung fort.

Bei den Knospen und den Samen sollen durch Zellstimulationsmittel die Atmungsprozesse gehoben werden. Bei Früchten sind in diesem Zusammenhang reifefördernde Wirkungen festgestellt worden. Die reichlichen Kohlehydrate werden dabei keineswegs vermehrt, vielmehr entstehen reaktionsfähige Assimilationsprodukte (Aldehyde). Wenn der Zucker, der aus der Stärke entstanden ist, am reichlichsten in den Pflanzen vorhanden ist, dann sind die Pflanzen für das weitere Gedeihen vorbereitet. Der Zucker wird veratmet, während vorher in der Winterruhe die pflanzlichen Zellen sich mehr oder weniger im physiologischen Stillstand befinden.

Nicht nur ein langsames oder rasches Frieren, beispielsweise von Zweigen, verursacht eine Vermehrung reduzierender Zucker, sondern auch ein Trocknenhalten (Hungerkur) kann diese Reservestoffe anhäufen und dann die Treibwirkung wesentlich stärker hervortreten lassen (23). Während Samen ohne irgendeinen äußeren Anreiz nicht keimen, gelingt es durch Frost (Eisstrank), die normale Keimung von 70% damit auf 90% zu steigern. Andererseits kann man bei Flieder und Maiblümchen das Austreiben in eine andere Jahreszeit verschieben, indem durch Eisbehandlung eine Entwicklungsverspätung erreicht wird. In wenigen Tagen werden je nach Bedarf solche Pflanzen im Treibhaus zur Blüte getrieben.

Bei verschiedenen Pflanzen genügt entweder ein Kaltbad oder ein Warmbad (9 bis 12 Stunden), um Treibwirkungen aus-

zulösen. Zweige von Forsythia, Weide, Kirsche, Pfirsich usw. mit ruhenden Winterknospen, die im Garten geschnitten werden, zeigen in kurzer Zeit nach dem Warmbad ihre Blütenpracht. Erforderlich ist die Beachtung der verschiedenen Ruhestadien bei den einzelnen Pflanzen; z. B. sind die Knospen beim Flieder von ihrer ersten Anlage an bis gegen Ende August in Vorruhe, bis November in Mittelruhe und von da an in der Nachruhe. Ende Dezember sind alle Knospen aus der Ruhe, nur durch die Kälte in Untätigkeit erhalten.

Durch Dauerbeleuchtung mit höheren Lichtintensitäten gelangt man zu gleichem Ergebnis; besonders verstärkt wird die Wirkung durch ein Bad mit Farbstoff- oder Metallsalzlösungen in geeigneter Konzentration: Uranylsalz-, Ferri- und Ferrosulfatlösungen, Eosin-, Erythrosin- und Methylenblaulösungen wurden von *Niethammer* erfolgreich angewendet, wenn die Lösungen den ruhenden Winterknospen mit einer Nadel injiziert wurden (23). Vorbehandlung von Samen in diesen Lösungen und nachfolgende Belichtung brachte Erhöhung der Keimungsprozente gegenüber den im Wasser gequollenen und dann belichteten Samen. Die Einführung dieser „Photokatalysatoren“ bewirkt Steigerung der Oxydationsprozesse, Steigerung der Atmung.

Daß Elektrizität in verschiedenen Anwendungsformen früh treibende Wirkung auslöst, sei hier nur nebenbei erwähnt.

Erzielt man die Treibwirkungen durch „Schädigungen“ der Pflanzen, so könnte die Wirkung von der Bildung von Wundhormonen herrühren, die zur Teilung anregen. *Haberlandts* (8) Wund- und Nekrohormone, die man als Reizstoffe hier ansprechen muß, die also das Frühtreiben einleiten, entstehen bei der Verletzungsmethode. Die Knospen werden gequetscht (Fliederknospen) (28) oder unterhalb angestochen, angeätzt oder äußerlich vollständig beschädigt. Diese Verfahren sind zu umständlich für die Praxis und müssen, zur Vermeidung von Verlusten, den einfacheren Methoden weichen, die nicht solche Vorsicht bei der Präparation benötigen.

Die Knospen der Pflanzen und die Samen lassen sich allein durch chemische Mittel wesentlich schneller zu neuer Tätigkeit anregen. Werden Äste der Linde, Roßkastanie u. a., die sich noch in Winterruhe befinden, 10 bis 20 Sekunden in konzentrierte Schwefelsäure oder in konzentrierte Kalilauge eingetaucht, darauf sofort mit Wasser abgespült — die Kalilauge kann auch eintrocknen —, dann eilen diese so behandelten Pflanzen den Kontrollpflanzen bis zu zwei Monaten im Wachstum voraus. Vollste Blattentfaltung ist eingetreten, während die unter gleichen Bedingungen, aber ohne die Vorbehandlung gezogenen Kontrollen erst mit der Blattausbildung beginnen (25). Diese Behandlung dürfte wohl die bisher kürzeste sein; daß aber ein Gärtner seine wertvollen Zierpflanzen den konzentrierten Säuren und Basen aussetzen wird, ist kaum anzunehmen.

Sehr bekannt ist die Verwendung von narkotisierenden bzw. anästhetisierenden Mitteln zur Stimulation von Pflanzen. Mit starken Dosen kann man belaubte Versuchspflanzen betäuben, ganz analog der Wirkung auf den tierischen Organismus (24). Die physiologische Tätigkeit wird herabgesetzt bzw. ganz aufgehoben, d. h. die Oxydationsprozesse der Pflanzenzelle werden gehemmt. Erst in schwacher Konzentration werden diese Mittel durch Hebung der Oxydationsprozesse stimulierende Eigenschaften zeigen. Es ist im

Endergebnis dabei ganz gleich, ob das Mittel injiziert oder — wenn überhaupt möglich — den Objekten in gasförmigem Zustand geboten wird.

Injiziert man Alpenveilchenknollen eine Ätherlösung (26) (besonders günstig), so entwickeln sich reichlichere Blüten, die viel größer und farbiger sind als diejenigen der unbehandelten Kontrollpflanzen. Einspritzen von Äther und Alkohollösung in ruhende Knospen einiger Holzgewächse fördern das Austreiben (30).

Wenn man einen Tropfen Chloroform in 100 cm³ Wasser 24 Stunden als stimulierendes Mittel auf Samen (Reis, Weizen, Petersilie usw.) (26) einwirken läßt, dann erzielt man eineinhalbmal größere Pflanzen gegenüber den Wasserkontrollen.

Niethammer (23) benutzte zur Steigerung der Samenkeimung eine Chloroformatmosphäre. 4 cm³ verdampftes Chloroform wirkten 2 Stunden auf Samen ein. Die Keimprozentage werden durch dieses Stimulans von 50 auf 80% gesteigert (26). Ätherdämpfe sind ebenso geeignet zur Samenstimulierung.

Ätherisierte und chloroformierte Zweige treiben besonders schnell aus. Für 1 l Luftraum braucht man 0,5 bis 0,6 cm³ Äther, von Chloroform nur 0,05 bis 0,08 cm³. Chloroform wirkt, trotz geringer Menge, viel heftiger. Eine Behandlungsdauer von 1 bis 2 Tagen bei 15 bis 20° genügt, um z. B. Zweige in der Vor- und Nachruhe rasch zu treiben (30). Koltermann (16) hatte mit Chloroformdämpfen Erfolge bei Kartoffelknollenkeimung.

Also auch beim Ätherisieren wird Stärke in Zucker übergeführt, ebenso wie durch Frost. Die Nachwirkung ist also stets eine gesteigerte Atmung, während vorher bei der Behandlung die Atmung vermindert ist. H. Müller-Thurgau (21) sieht in der Ätherisierung (Versuch an Kartoffelknollen mit gleichzeitigem Vorerwärmen) eine Schwächung oder Betäubung des Protoplasten. Die Behandlung trifft gerade jene inneren Faktoren, die den Stillstand des Wachstums verursachen; ein früherer Austritt aus der Ruheperiode ist dann die Folge (14).

Es würde zu weit führen, die verschiedenen Ansichten über die Art der Wirkung aller Treibstoffe aufzuzählen. Bemerkte sei noch, daß der Äther beispielsweise als Sauerstoffüberträger zu betrachten ist, der Sauerstoff zehnmal stärker absorbiert als Wasser. Auch ätherisierte Lösungen besitzen größeres Absorptionsvermögen für Sauerstoff. Popoff schreibt, daß Äther ein Stimulans bei der katalytischen Wirkung des Magnesiums sei. Die oxydativen Wirkungen der in den Lösungen oder in den Pflanzensäften enthaltenen Metalle werden erhöht, im Einklang mit den bekannten Eigenschaften des Äthers (Beschleunigung der Oxydation von Metallen in seiner Gegenwart, Grignardsche Synthesen).

Chloralhydrat in Lösungen (2% bei 48stündiger Einwirkungsdauer) dient als Zellstimulans für die Samenkeimung (26). Dämpfe von Chloralhydrat (20), Campher, Bromoform, Thymol (sehr gut bei Flieder) (30), Naphthalin, Aceton führten zum Frühreiben der Winterknospen. Ferner wirkten der Duft frischer Zeitungen (25) und ammoniakhaltige Luft (28) frühreibend und wachstumsfördernd bei Pflanzen.

Formaldehyd (26) stimuliert stark; auch Formalinbegasungen haben die frühreibende Wirkung bei Pflanzen erkennen lassen. Zugleich ist dieses Gas ein erfolgreiches Mittel zur Bekämpfung verschiedener Pflanzenkrankheiten (z. B. bei Hyazinthenzwiebeläule usw.) (3). Insektizide und stimulierende Wirkungen werden die Absterbeerscheinungen hier gemeinsam unterbinden.

Für die Rosentreiberei ist von praktischem Interesse die Äthylenbegasung (31), die stimulierend auf die ruhenden Rosenaugen wirkt. Die behandelten Pflanzen übertreffen die unbehandelten in der Länge der Triebe um 62%, wobei sich 70% der Augen zu solchen Trieben entwickeln, gegenüber 40% der unbegasteten Kontrollpflanzen. Begast wird mit einem Äthylenluftgemisch 1 : 25 000 bis 1 : 3 000 000, das sowohl nach Rosenvarietät als auch in der Einwirkungsdauer verschieden zu verwenden ist. Äthylen löst sich im Zellsaft und zeigt bei Überdosierung die für dieses Gas typischen Vergiftungserscheinungen.

Efeu allein hat bisher unter der großen Anzahl der Versuchspflanzen keine Vergiftungserscheinungen nach Begasung gezeigt. Versuche an anderen Gehölzknospen, an Kartoffeln, mit geeigneten, nicht zu starken Äthylenluftgemischen zeigen eine Verkürzung der Ruheperiode.

Bei verschiedenen Früchten (Birnen, Äpfeln, Citronen, Tomaten) (15) kann durch Äthylenbegasung (2) die Reife beschleunigt werden, zumal wenn für die einzelnen Produkte die für die Reife günstigsten Temperaturen ermittelt sind (13). Versuche mit Leuchtgas und den Verbrennungsgasen der Petroleumlampe haben sich für diesen Zweck bisher nicht bewährt, wohl aber, wie auch Acetylen (30), zum Frühreiben.

Molisch (20) berichtet, daß die Verbrennungsprodukte im Tabakrauch auf die Ruheperiode der Knospen erwachsener Pflanzen abkürzend einwirken. So soll auch der Rauch von verbranntem Papier und Sägespänen die gleichen Eigenschaften haben (20). Behandlungsdauer in Rauchluft 24 bis 48 Stunden.

Viel ist in den vergangenen Jahren von künstlichen Nebeln, sogen. Säurenebeln (4), zur Abwehr von Nachtfrostschäden in Baumschulen, Weinbergen und sonstigen gärtnerischen Kulturen gesprochen worden, besonders zur Zeit der „Drei Eisleiligen“. In den frostgefährdeten Nächten ist reichlich Wasser in der Atmosphäre vorhanden, so daß bei Anwendung von Schwefeltrioxyd Wasser zur Bindung genügend zur Verfügung steht. SO₃, gelöst in Chlorsulfonsäure, ist als „Nebelsäure“ bekannt und ist wesentlich harmloser als das Schwefeldioxyd, welches ein heftiges Assimilationsgift darstellt. Über den Einfluß der völlig undurchsichtigen Nebel, die für militärische Tarnungszwecke gebraucht werden, auf die Obstblüte, die Kartoffelpflanze und die Rebstöcke liegen leider noch keine Erfahrungen vor.

Es wäre vorteilhaft, ein weit harmloseres Mittel in geeigneter Konzentration ausfindig zu machen, das neben der Nebelschutzwirkung noch wirklich wachstumsfördernde Eigenschaften besitzt und nicht zuletzt insektizid und fungizid ist.

Besonders wertvoll sind die Feststellungen über die Wirkung von Schwefelkohlenstoff (22) auf die Pflanzen, sowohl als Samenstimulationsmittel als auch als „katalytischer Dünger“. Z. B. zeigen zwei Stunden mit CS₂-Dampf behandelte Senfsamen eine überraschend schnelle Entwicklung. Pflanzen aus solchen Samen treten viel früher in Blüte als die aus unbehandelten Samen gezogenen (26). Die wachstumsfördernde Wirkung von CS₂ ist den Weinbauern bekannt; die Schädlinge werden damit vernichtet und zugleich erhalten die Stöcke ein gesundes Aussehen.

Einspritzung von Wasser in ruhende Knospen, Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd und Ozonentwicklung im Treibhaus sind mit mehr oder weniger Erfolg versucht worden.

Sehr schwach beschleunigend auf das Wachstum der Pflanzen wirkt eine Wasserstoffatmosphäre, stärker eine Kohlensäure-, besonders günstig eine Stickstoffatmosphäre. Bei längerem Verbleib in diesen Gasen wirkt daher die Wasserstoffatmosphäre besonders stark wachstumshemmend.

Während die meisten wasserhaltigen Samen bei sehr tiefen Temperaturen ihre Keimkraft vollständig verlieren, vertragen wasserfreie Samen und Sporen fünf Tage lang Temperaturen von —200°, ja selbst die Temperatur des flüssigen Wasserstoffs von —253°; und wahrscheinlich werden sie auch der Einwirkung flüssigen Heliums (etwa —272°) widerstehen können.

In einer Kohlendioxydatmosphäre von 5,15 bis 30% halten sich bei 38 bis 50° (je nach der Sorte) Rosen bis zu 14 Tagen, und bei wenig aufgeblühten Exemplaren

kann die Knospenentfaltung herausgeschoben werden bis zur Überführung in normale Verhältnisse; sofortiges Aufblühen ist nun die Folge (27). Über die Verwendung von fester Kohlensäure in Tablettenform zur Haltbarmachung und zum Versand von Schnittblumen habe ich bereits früher berichtet (17).

Die Konservierung von Samen in Kohlensäure und anderen indifferenten Gasen kann vielleicht besonders für wertvolle Samen wirtschaftlich erfolgreich ausgestaltet werden. Nach vierjähriger Einbettung von Primelsamen in mit Kohlensäure gefüllten und dann zugeschmolzenen Glasröhren bzw. Gläsern behielten diese verhältnismäßig teuren Samen ihre ursprüngliche Keimfähigkeit. Primelsamen verlieren unter normalen Bedingungen sehr bald ihre Keimfähigkeit. Versuche mit Kaktussamen (12) ergaben eine 98%ige Keimfähigkeit. Sojabohnen (7), sechs Jahre in einem sauerstofffreien Raum aufbewahrt, hatten eine Keimfähigkeit von 92%; im luftleeren Raum sogar 100%, während die gleichaltrigen Samen an Luft ihre Keimkraft vollständig verloren hatten (0%).

CO₂ ist auch ein Samenstimulationsmittel, zwar wirkt es nicht so stark wie CO; CO 15 Minuten lang durch Wasser geleitet, in dem 18 Stunden lang vorgequollene Reissamen liegen, stimuliert diese so günstig, daß aus ihnen gesündere und kräftigere Pflanzen entstehen, welche außerdem viel schneller wachsen als die gleichzeitig angelegten Wasserkontrollpflanzen (26).

Das Wachstum der Pflanzen wird durch Kohlendüngung stark gefördert. Verhältnismäßig hohe CO₂-Gabe von 2 Vol.-% hat zumeist den Pflanzen auch im Keimlingsstadium nicht geschadet (5). Im allgemeinen soll man mit einer 1%igen CO₂-Konzentration die besten Erfolge erzielen. In Mistbeetkästen und Treibhäusern wird demnach für eine Anreicherung der Luft mit CO₂ zu sorgen sein (29). Unzählige Versuche haben gezeigt, daß z. B. in Häusern mit elektrischer Treibbeetbeheizung, zumal wenn die Mistpackungen fehlen, die als CO₂-Quelle anzusprechen sind, die Erträge ausblieben (19). Werden nun diese Räume mit Kohlensäure begast, so tritt energische Entwicklung und Nährstoffaufnahme ein, die doppelte und dreifache Erträge bringen kann. Da die reine Kohlensäure für diese Zwecke noch zu teuer ist, so werden zumeist in einem Öfchen „Oco-Dunggaskohlen“ verbrannt (11), damit kann der Kohlensäuregehalt der Luft eines Treibhauses zeitweise von 0,03 bis auf 0,3 bis 0,5 Vol.-% Kohlensäure erhöht werden. Ferner wurde versucht, die nötige Kohlensäure durch Verbrennen von denaturiertem Spiritus (18) zu erzeugen, um die großen Spiritusvorräte nutzbringend anzuwenden. Ein Liter denaturierter Spiritus liefert nämlich theoretisch bei vollkommener Verbrennung 1,82 kg Kohlensäure, 1,4 kg Wasserdampf und 6000 Calorien. Das sind augenfällig günstige Zahlen für unsere Zwecke. Die Ertragssteigerung bei Gurken und Erdbeeren ist beachtlich gewesen.

Durch kombinierte Anwendung von Kohlendüngung und nächtlicher Zusatzbeleuchtung lassen sich nach *Harders* (9) Angaben die Gesamterträge noch weiter steigern. Die Begasung verkürzt durch das schnellere Wachstum der Pflanzen die Kulturdauer im beleuchteten Haus von 6 auf 5 Wochen; das ist eine Ersparnis von fast 20% an Heizmaterial und elektrischem Strom. Besonders möchte ich die ausgezeichneten Erfolge nach obiger Behandlung bei Rosen, Azaleen, Primeln und Hortensien und anderen Zierpflanzen, bei Gurken und Erdbeeren hervorheben. Bisher war es schwer, im Winter reife Erdbeeren zu erhalten, wohl aber erhält man sie jetzt bei nächtlicher Beleuchtung und Kohlendüngung, die die Fruchtbildung und Reife stark fördert.

Ein alter Brauch in Vorarlberg zeigt, daß man Obstbäume mit CO₂ begasen kann, indem man Körbe mit gärendem Dünger in die Kronen hängt (18). Die Kohlensäure ist also ein geeignetes Düngemittel. In entsprechender Verdünnung und in Gasform den Pflanzen geboten, wird sie stets eine Ertragssteigerung bewirken.

Blausäure ist in den letzten Jahren als Pflanzenschutzmittel (Schädlingsbekämpfung) und auch als Frühtriebmittel und Samenstimulans sehr bekannt geworden. Die Erzeugung erfolgt entweder durch Einwerfen von Cyannatrium oder Cyankalium in einen Behälter mit verdünnter Schwefelsäure, also nach dem sogen. Bottichverfahren, oder, was vorzuziehen ist, durch Ausstreuen eines Cyancalciumpräparates (Cyanogasverfahren) (6). Hiermit ist eine allmähliche und gleichmäßige Erzeugung schwacher Blausäuremengen und damit ein ungefährlicheres Arbeiten möglich. Der Unterdrückung und Lähmung der Atmung folgt eine gesteigerte Atmungs-tätigkeit der Pflanzen.

Das oft zur Ausgasung von Schiffen, Speichern u. ä. benutzte „Zyklon“ besteht aus 90% Cyankohlensäureester und 10% Chlorkohlensäureester und übertrifft im allgemeinen die Giftwirkung der Blausäure. Zuckerrübensaat, die auf einem Schiff 6½ Stunden unter einem solchen Gas gestanden hatte, zeigte 96,5% Keimfähigkeit, die Kontrolluntersuchung unbegaster Saat nur 93% (13).

Selbst unreife, d. h. nicht keimreife Saat kann durch Begasung mit Blausäure vollständig zum Auskeimen gebracht werden, besonders bei hohen Keimtemperaturen, d. h. die Nachreifevorgänge werden günstig beeinflusst (10). Diese Verkürzung der Nachreife ist in nicht so ausgiebiger Weise auch mit Ätherdämpfen zu erreichen.

Die Keimverzögerung ungenügend nachgereifter Kartoffeln kann ebenfalls durch Blausäurebegasung aufgehoben werden (10).

Eine ein- bis zweitägige Ätherisierung der verschiedenen Frühtriebpflanzen (Maiblümchen, Kirsch-, Pfirsichzweige usw.) läßt sich durch eine einstündige Behandlung mit 1 Vol.-%iger (Zyklon-) Blausäurebegasung mit bestem Erfolg ersetzen, wobei zugleich alle tierischen Schädlinge vernichtet werden. Frühtriebversuche mit Rosen, Flieder und vielen anderen Zierpflanzen waren sehr erfolgreich (6).

Dem Gärtner ist mit den Blausäurepräparaten ein Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenschädlinge gegeben, das zugleich nicht nur zellstimulierende Wirkung auf Knospengewebe auslöst, sondern auch auf die gesamten Pflanzenwachstumsvorgänge während der ganzen Entwicklung anregend wirkt.

Blausäurebegasungen (mit Zyklon) von Bäumen, die auf Freiland stehen, lassen sich nur in der Weise vorteilhaft ausführen, daß über die Bäume große Zelte gestürzt werden, wie es zur Zeit in Spanien mit Apfelsinenbäumen gemacht wird, hauptsächlich zur Vernichtung gewisser Schädlinge. Dabei hat sich nun herausgestellt, daß außer der Beseitigung der Schädlinge eine große Wachstumsfreudigkeit, früherer Blütenansatz und Steigerung des Ernteertrages die Folge ist. Versuche mit Azaleen und Lorbeerbäumen sind ebenfalls mit Erfolg durchgeführt worden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß alle die beschriebenen Mittel zur Erhöhung der Intensität der Lebensfunktionen bei den Pflanzen beitragen. Eine Ertragssteigerung der Kulturpflanzen kann demnach durch geeignete Stimulationsvorbehandlung der Samen erreicht werden. Ruhende Knospen und bereits aufgewachsene ergrünte Pflanzen können durch die gleichen Mittel zu vorzeitigem Austreiben oder beschleunigtem Wachstum angeregt werden. Kleinere als die maximalen Dosen genügen mitunter, um den Prozeß einzuleiten. Es werden dabei in den Pflanzen neben biochemischen auch günstige kolloide Veränderungen erzielt. Über die

Deutung der Vorgänge gehen die Ansichten noch auseinander. Jedenfalls ist die große Bedeutung dieser Verfahren für Landwirtschaft und Gärtnerei unverkennbar und erfordert ein noch engeres Zusammenarbeiten der angewandten Chemie und der angewandten Botanik.

Literatur.

1. *Benecke-Jost*, Pflanzenphysiologie, Bd. II, IV. Aufl., Jena 1923. — 2. *F. E. Denny*, The effect of small amounts of chemicals in increasing the life activities of Plants, Proceed. National Acad. Sciences, Washington, 13, Nr. 7 [1927]. *Denny* u. *Stanton*, Chemical treatments for shortening the rest period of pat grown woody plant, Amer. Journ. Bot. 1928. — 3. *H. E. Dolk* u. *E. von Slogteren*, Über die Atmung und die Absterbeerscheinungen bei Hyazinthenzwiebeln ..., Gartenbauwiss. 4 [1930/31]. — 4. *W. Ext*, Phytotoxische Vers. mit neuartig. künstl. Nebeln, sog. Säurenebeln ..., Angew. Bot. 13 [1931]. — 5. *H. Fischer*, Vers. über Humus-Kohlensäure-Düngung, Ang. Bot. 10 [1928]. *H. Fischer*, Beitrag zur Frage der Kohlenstoffernährung der Kulturpflanzen, ebenda 12 [1930]. *H. Fischer*, Vers. über Kohlenstoffernährung d. Pflanzen, Beitr. Biol. Pflanz. 19 [1931], Ber. 1930. — 6. *G. Gafner*, Blausäurebel. als Stimulationsmittel im prakt. Pflanzenbau, Ang. Bot. 7 [1925]. *G. Gafner*, Fröhreiberners. mit Blausäure, Ber. Dtsch. botan. Ges. 43 [1925]. *G. Gafner*, Fröhreiberners. mittels Calciumcyanid, Der Blumen- u. Pflanzenbau 44, 3 [1929]. *G. Gafner* u. *W. Heuer*, Praktische Anleitung zum Fröhreiberners. mittels Blausäure, Verlag P. Parey, Berlin 1927 u. 1929. *G. Gafner* u. *H. Rabien*, Fröhreiberners. mit Rosen, Der Blumen- u. Pflanzenbau, Aug. 1928 (Sondernummer). *G. Gafner* u. *H. Rabien*, Weitere Unters. zur Frage des Fröhreiberners. durch gasförm. Blausäure, Gartenbauwiss. 1, 4 [1928]. *G. Gafner* u. *H. Rabien*, Vergleichende Fröhreiberners. mit Cyancalciumpräp., ebenda 2, 1 [1929]. — 7. *M. A. Guillaumin*, Aufbew. von Samen in einem sauerstoffl. Raum ..., Landw. Rundschau 1929, S. 387. Compt. rend. Acad. Sciences 187 [1928]. — 8. *G. Haberlandt*, Wundhormone als Erreger von Zellteilungen, Berlin 1921. — 9. *R. Hurder*, *Keppler* u. *Reuß*, Beobachtg. über d. Pflanzenwachstum u. d. Kohlensäureassimilat., Gartenbauwiss. 5 [1931]. — 10. *K. Hassebrauk*, Über den Einfluß d. Blausäure auf die Keimreife von Samen, Ang. Bot. 10, 5 [1928]. — 11. *F. Heydemann*, Unters. über den Nährstoffbedarf u. den Verlauf d. Nährstoffaufnahme bei d. Tomate ..., Gartenbauwiss. 1 [1928]. — 12. *Höstermann*, Primelsamenkonservierung, Ber. d. Lehr- u. Forschungsanst. Berlin-Dahlem 1927. *Höstermann*, Samenkonser-

vierung durch Einbettung in indifferente Gase, Landw. Jahrbücher, Berlin 1929, S. 28 (Sonderdruck). — 13. Äthylengasvers. zur Beschleunig. d. Reife, Institut f. ang. Bot., Hamburg, Jahresbericht 1929. Einfluß von Blausäure auf Saatgut, ebenda 1932. — 14. *Johannsen*, Das Ätherverfahren beim Fröhreibern, Jena 1900: II. Aufl. 1906. — 15. *Kochs*, Vers. betr. Beeinfl. d. Reife von Früchten durch Äthylen, Ber. d. Lehr- u. Forschungsanst. f. Gartenbau 1928, Berlin 1929. *Kochs*, Beeinfl. d. Reife von Früchten durch Äthylen, ebenda 1931. — 16. *Kollermann*, Ang. Bot. 9 [1927]. — 17. *W. Liebisch*, Chem. Mittel zum Fröhreibern v. Schnittblumen, Angew. Chem. 46, 10 [1933]. — 18. *H. Lundegårdh*, Antreiben von Gurken u. Erdbeeren, Medd. Centralanstalten Försöksväsendet Jordbruksområdet 384 [1930]. — 19. *Fr. Mörtzsch*, Praktische Erfahrungen mit elektr. Bodenheizung, Elektrizitätswirtschaft 30 [1931]. — 20. *H. Molisch*, Referat Der Tabakrauch, Bot. Zentralbl. 137 [1918]. *H. Molisch*, Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien I, 125 [1916]. — 21. *H. Müller-Thurgau* u. *Schneider-Orelli*, Beitr. zur Kenntnis d. Lebensvorg. I. Flora 101 [1910]; II. Flora 104 [1912]. — 22. *Fr. Muth*, Die Wirkung des Schwefelkohlenstoffs auf d. Pflanzen, Zellstoffforschung III, 1 [1927]. — 23. *A. Nielhammer*, Über d. Wirkung von Photokatalysat. auf d. Fröhreibern ..., Biochem. Ztschr. 158 [1925]. *A. Nielhammer*, Die Grundlagen chem. Reizwirkungen an höheren Pflanzen, Ztschr. Pflanzenerähr. Düngung (A) 19 [1931]. *A. Nielhammer*, Biochem. Studien im Zusammenhang mit Fröhreiberners., Biochem. Ztschr. 232 [1931]. — 24. Über das Brom in der Pflanzenpathologie, Pharmaz. Ztg. 78, 162 [1933]. — 25. *O. Richter*, Konzent. H_2SO_4 , konzent. KOH als Treibmittel, Ber. Dtsch. botan. Ges. 40 [1922]. — 26. *M. Popoff*, Die Zellstimulation in der Pflanzenzüchtg. u. Medizin, P. Parey, Berlin 1931. *M. Popoff*, Biolog. Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages, Biolog. Zentralbl. 42 [1922]; 43 [1923]. — 27. *N. C. Thornton*, The use of carbon dioxide for prolonging the life of cut flowers ..., Amer. Journ. Bot. 17, 614 [1930]. — 28. *F. Weber*, Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien I, 125, 189 [1916]. *F. Weber*, Fröhreiberners. durch Quetschen, Ber. Dtsch. botan. Ges. 40 [1922]. — 29. *H. L. White*, Carbon dioxide in relation to glasshouse crops, Ann. appl. Biol. 17, 755 [1930]. — 30. *Wiltmack*, Sitzungsber. Ges. naturf. Freunde, Berlin 1918, S. 279—289. — 31. *P. W. Zimmermann*, *Hitchcock* u. *Crocker*, The effect of ethylene and illuminating gas on roses, Contrib. Boyce Thompson Inst. 3, 459 [1931]. *P. W. Zimmermann*, *Hitchcock* u. *Crocker*, The movement of gases into and through plants, ebenda 3, 313 [1931]. [A. 66.]

Über die Autoxydation des Tetralins.

Von Dr.-Ing. L. PIATTI,

Chemisch-technisches Laboratorium, Berlin.

(Eingeg. 20. Juli 1933.)

Tetralin¹⁾ ist ein in desmotrope Formen übergehender an der Luft autoxydabler Körper^{2, 3, 4, 5, 6)}.

Die Veränderung des Tetralins bei der Autoxydation kommt in seinen Konstanten zum Ausdruck. Nach *L. Piatti*⁷⁾ sind Dampfdruck- und Siedekurven des Handelsproduktes nicht immer gleich wegen der mehr oder weniger starken Oxydation⁸⁾. Die stärkste Wirkung hat eine auf die Oxydation folgende Erhitzung, die weitgehende Veränderungen des Tetralins bei seiner Verwendung als Absorptionsmittel zur Wiedergewinnung flüchtiger Lösungsmittel⁹⁾ bedingt.

¹⁾ Der Name „Tetralin“ ist der Firma Deutsche Hydrierwerke A.-G. als Warenzeichen für Tetrahydronaphthalin geschützt.

²⁾ *C. Graebe* u. *Ph. A. Guye*, Ber. Dtsch. chem. Ges. 16, 3028 [1883]. ³⁾ *M. Weger*, ebenda 36, 309 [1903].

⁴⁾ *E. Bamberger* u. *M. Kilschell*, ebenda 23, 1561 [1890].

⁵⁾ Literaturangaben siehe *H. Hock* u. *W. Susemihl*, ebenda 66, 61 [1933]. ⁶⁾ *H. Hock* u. *W. Susemihl*, ebenda.

⁷⁾ Erdöl u. Teer 5, 421 [1929].

⁸⁾ Es ist z. B. ein großer Unterschied, ob man frisch hergestelltes Tetralin sofort verwendet oder ob man aus einem großen Behälter während eines längeren Zeitraumes häufig kleinere Tetralinmengen entnimmt.

⁹⁾ Vgl. *L. Piatti*, Die Wiedergewinnung flüchtiger Lösungsmittel, Berlin 1932, S. 168.

Über die technischen Auswirkungen der Oxydation des Tetralins, der sog. „Verharzung“, wurde bereits berichtet¹⁰⁾. In dieser Arbeit werden die sich bei dieser Oxydation abspielenden Vorgänge genauer untersucht.

Das Durchleiten von Luft durch erwärmtes Tetralin zwecks Oxydation erschien wegen der Entfernung der niedrigsiedenden Anteile nicht zweckmäßig. Es wurden daher 500 g frisches, klares und wasserhelles Tetralin (spez. Gew. von 0,975/20°) in einem Rundkolben mit Rückflußkühler (Siedekurve siehe Abb. 1 und Viskositätskurve Abb. 2) auf etwa 160° erhitzt und hierauf die Flamme wieder entfernt. Die beim Erhitzen aus dem Kolben verdrängte Luft wurde beim Abkühlen durch andere, vorher getrocknete ersetzt, so daß durch häufige Wiederholung der verbrauchte Sauerstoff dauernd ergänzt wurde. Nach mehrmaligem Erhitzen und darauffolgendem Abkühlen färbte sich der Kolbeninhalt dunkelgelb, nach einigen Tagen hellbraun. Nach etwa 14 Tagen wurde der Versuch abgebrochen. Das Tetralin war tiefdunkelbraun geworden. In dem Kolben hatte sich etwas Wasser angesammelt. Eine Wägung ergab einen Verlust von nur 1%.

¹⁰⁾ *L. Piatti*, Nitrocellulose 3, 182 [1932].