BOTANISCHES ARCHIV

ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE BOTANIK.
HERAUSGEBER DR. CARL MEZ,
PROFESSOR DER BOTANIK AN DER UNIVERSITÄT
KOENIGSBERG.
BAND IV HEFT 6. AUSGEGEBEN AM 1. DEZ. 1923.

Herausgeber: Prof. Dr. Carl Mez, Königsberg Pr., Besselplatz 3 (an diese Adresse alle den Inhalt d. Zeitschrift betreffenden Zusendungen). - Verlag des Repertoriums, Prof. Dr. Fedde, Berlin-Dahlem, Fabeckstrasse 49 (Adresse für den Bezug der Zeitschrift). - Alle Rechte vorbehalten. Copyright 1923 by Carl Mez in Königsberg.

Ueber die Wachstumsbeschleunigung der Pflanzen bei vermindertem Sauerstoff-Druck.

Von MARTIN HEUMANN (Breslau).

Die Frage nach der Abhängigkeit pflanzlicher Organismen von der sie umgebenden Luft ist nicht erst in neuerer Zeit aufgeworfen worden. Schon in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts hatte man erkannt, dass Luft, bzw. ein Teil der sie zusammensetzenden Einzelgase, für die Lebensvorgänge in der Pflanze nicht entbehrlich seien, vielmehr je nach ihrer chemischen Natur ganz spezifische Vorgänge im Pflanzenkörper, Assimilation und Atmung, bedingten (1). Infolge der am tierischen, vor allem am menschlichen Körper selbst gemachten Erfahrungen, dass auch eine Variation des Druckes der Luft von Einfluss auf die regelmässige Abwickelung der Lebensprozesse sei, ward es ferner nach den soeben im Atmungsvorgang gefundenen Parallelen zwischen Pflanze und Tier nur verständlich, auch bei ersterer ein gewisses Reaktionsvermögen auf den Druck der sie umgebenden Luft zu vermuten, zu untersuchen und näher zu bestimmen. Am anschaulichsten fand man dieses Abhängigkeitsverhältnis manifestiert in den offensichtlichen Schwankungen, denen das pflanzliche Wachstum bei sich veränderndem Luftdruck unterworfen ist. Nach DÖBEREINER (2), dessen Versuche wegen des Fehlens unter Normalverhältnissen gezogener Vergleichspflanzen keinen Schluss zulassen, war es vor allem P. BERT (3), der sich eingehend mit der Frage nach der Einwirkung des Luftdruckes auf Keimung und Wachstum befasste und der auch den Beweis erbrachte, dass nicht der Druck in toto, sondern bei vermindertem wie bei vermehrtem Luftdruck einzig und allein der Sauerstoff-Partialdruck ausschlaggebend für die Beeinflussung des pflanzlichen Wachstums sei. Seine Versuchsanordnung (4) war eine dreifache: 1. Sauerstoffarme Luft komprimiert, um normalen Sauerstoff-Partialdruck zu erhalten (Totaldruck grösser als 1 Atmosph.); 2. Sauerstoffreiche Luft bei einer Atmosphaere; 3. Sauerstoffreiche Luft unter scwachem Druck, sodass der Sauerstoff-Partialdruck

gleich dem normalen sich ergab (Totaldruck kleiner als 1 Atmosph.).

Auf alle Einzelheiten und Mannigfaltigkeiten dieser Versuche soll hier nicht eingegangen werden, erwähnt möge nur sein, dass BERT unter anderem auch die untere Grenze des Sauerstoff-Gehaltes, bei der gerade noch eine geringe Keimung möglich war, bzw. aufhörte, festzulegen suchte und sie etwa bei 2,5% Sauerstoff-Gehalt oder 8 - 7 cm Druck fand.

Das BERTHsche Ergebnis betreffs der alleinigen Wirkung des Sauerstoff-Druckes im Verein mit dem zu erhebenden Einwand, dass die untere Grenze der Verdünnung für Keimlinge und bereits im Wachsen begriffene Pflanzen eine ganz verschiedene sein könne, regten in den Jahren 1880/81 WIELER (1) zu seinen Untersuchungen über "die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung des Sauerstoffes" an. Das Ziel seiner Arbeit sah er im wesenltichen in der Beantwortung der beiden Frage: 1. Welche Verminderung des Sauerstoffgehaltes der atmosphärischen Luft ist nötig, um das Wachstum der Pflanzen zum Stillstand zu bringen? 2. Wie weit muss der Sauerstoffgehalt der umgebenden Luft sinken, um das Wachstum zu verlangsamen? (5). Die erste dieser beiden Fragen fand durch ihn eine Beantwortung dahin, dass noch eine sehr geringe Menge Sauerstoff befähigt sei, das Wachstum der meisten Pflanzen zu unterhalten. So fand er als untere Grenze für *Helianthus annuus* 0,0000000003 bis 0,005 ccm Sauerstoff, für *Vicia Faba* 0,00000000003 ccm, *Brassica Napus* 1,23 bis 7,37 ccm u.s.w. Als er nun gelegentlich der Beantwortung von 2. seine Wachstumsmessungen vornahm, ergab sich ganz gegen Erwarten, dass seine Versuchspflanzen statt langsamer schneller in verdünnter Luft gwachsen waren als in atmosphärischer (6), und zwar traf dies bei allen von ihm benützten Objekten, Dikotyledonen und Pilzen, zu. Allerdings war innerhalb mehr oder weniger aber zumeist recht weiter Grenzen völlige Unabhängigkeit der Pflanzen vom Luft- bzw. O-Druck festzustellen. Es musste schon ziemlich weit (um 2 - 300 mm) evakuiert werden, um den Beginn einer Wachstumsbeschleunigung konstatieren zu können. Sie nahm, wie die weiteren Versuche ergaben, bei fortschreitender Verdünnung allmählig zu, um nach dem Erreichen des Optimums schnell nachzulassen und schliesslich in Stillstand des Wachstums bzw. Absterben der Versuchsobjekte überzugehen (7). Der benötigte Apparat hatte, gemäss der WIELERschen Fragestellung, die Aufgabe zu erfüllen, einen vollkommen luftdicht abschliessenden Raum darzubieten, dessen Luft- bzw. O-Gehalt nach Belieben zu variieren war. Er bestand im wesentlichen aus einer Glasglocke, die ausgepumpt werden konnte und so eine Luft von verschiedenster O-Konzentration enthielt. Das Ergebnis BERTs, dass nur der O-Druck, nicht aber der verringerte Totaldruck der Luft Zuwachs bewirke, wurde von WIELER nochmals einer Nachprüfung unterworfen und als richtig erkannt; durch Einleiten von Wasserstoff in die evakuierte Glocke schuf er ein Medium, in dem die Versuchspflanzen wohl unter normalem Totaldruck, hingegen vermindertem O-Partialdruck standen; auch hierbei liess sich Wachstumsbeschleunigung feststellen. Desgleichen wurde der Einwand, dass das Auspumpen an sich "wie ein Reiz" wirken und die Wachstumsförderung hervorrufen könne, experimentell auf doppelte Weise entkräftet. Später hat auch WUNDT(8) den Beweis erbracht, dass von einer "schädigenden Wirkung des Konzentrations- und Druckwechsels", den JENTYS (9), allerdings nur bei einer Pilzform, *Phycomyces*, erkannt haben wollte, bei derartigen Versuchen nicht die Rede sei. Schliesslich lag der Gedanke nahe, dass die Zunahme des Wachsens möglicherweise mit einem Steigen der Wachstumskurve in Verbindung zu setzen sei. Dadurch, dass er alle 12 Stunden die Pflanzen in den beiden Apparaten (unter Normaldruck und zwischen 100 - 200 mm) gegeneinander auswechselte und sich alsdann jedesmal unter verringertem O-Druck sogleich die Beschleunigung einstellte, musste auch dieser Einwand fallen.

Operiert wurde mit Keimpflanzen und Pilzkulturen; erstere wurden in mit Sägespänen gefüllte Tonzylinder schon 24 Stunden vor Beginn des Versuchs gepflanzt, um so nach WIELER die Gewähr für völlige Wachstumsfähigkeit zu geben. Die Phanerogamen unter den Versuchsobjekten wurden dauernd im Dunkeln gehalten.

WIELER hat sich nun begnügt, für einige Pflanzen und, da sein Hauptinteresse ja nicht in dieser Richtung lag, auch dann nur mehr nebenher das bei gewisser Luftverdünnung bestehende Wachstumsoptimum annähernd festzulegen; eine etwas eingehen-

dere Diskussion tritt nur an der Hand der von ihm aufgrund seiner Untersuchungen aufgestellten Wachstumskurven mit ihren beiden Maxima in komprimierter und verdünnter Luft und dem Minimum bei Normaldruck ein. Die mit weitgehender Genauigkeit rein rechnerisch aufgestellten Zahlenwerte für die Kardinalpunkte des O-Partialdrucks bezüglich des Wachsens - es ist, wie wir gesehen, teilweise noch die 12. Dezimale berücksichtigt worden - haben in dieser Form wohl vorwiegend theoretischen Wert, bewirken doch die nie ganz auszuschaltenden Fehlerquellen als Sägespäne, Wasser etc., sowie die von WIELER nicht bedachte O-Verringerung durch Atmung stets nicht zu unterschätzende Veränderungen in der Zusammensetzung der Luft.

Nach WIELER ist JACCARD (10) auf die Frage der Wachstumsbeschleunigung unter vermindertem O-Druck zurückgekommen. Er beanstandet zunächst die Arbeit WIELERs, abgesehen von dem zur allgemeinen Lösung der Frage allerdings zu speziellen Gesichtspunkt jener Untersuchungen, die geringe Zahl der beobachteten Spezies und die kurze Beobachtungszeit. Was den ersten Einwand betrifft, so dürften neun verschiedene, teils phanerogamische teils kryptogamische Spezies bei Untersuchungen wie den WIELERschen wohl als genügend erachtet werden; desgleichen ist die nicht allzu lange Beobachtungszeit eben durch die von ganz bestimmten Voraussetzungen ausgehende Fragestellung gerechtfertigt, zumal wenn man bedenkt, dass sie bei der inbetracht kommenden Versuchsanordnung nur dazu angetan ist, einen Teil der Fehler auf ihr Minimum beschränken zu helfen. Jedoch wäre ein gegen die geringe Zahl der jeweilig einem Versuch unterworfenen Pflanzen gerichteter Einwand zu erheben, denn kaum ein Faktor tritt so störend bei derartigen Untersuchungen hervor wie der der individuellen Verschiedenheit, das betonte auch WIELER selbst ausdrücklich und wird sich im folgenden noch zur Genüge erweisen.

JACCARDs Hauptaugenmerk ist nun dahin gerichtet, "de soumettre à Lexpérience un nombre d'espèces plus considérable, prises à des âges différents, de les étudier pendant un temps relativement long, à la fois dans leur accroissement, leur morphologie externe et leur structure anatomique, et de les comparer avec des plantes vivant dans l'air ordinaire, servant de témoins" (11). Er will also nicht nur allein Keimpflanzen der Betrachtung unterworfen wissen, will ferner seine Objekte einen grösseren Abschnitt ihrer Entwickelung in verdünnter Luft vollziehen lassen. Die Zahl der von ihm untersuchten Spezies ist eine bedeutende: 25 im Keimstadium befindliche, 3 Zwiebelpflanzen, 5 Knollenpflanzen, über 11 bereits im vollen Wachstum begriffene, dazu mehrere Wasser- bzw. Sumpfgewächse. Ausgehend von der Annahme, dass der Atmungsquotient etwa gleich 1 ist, bringt er seine in Gartenerde befindlichen Objekte in Glocken von ca. 412 ccm und 3 - 4 L und lässt sie am Licht wachsen, denn nur so kann die Bemerkung zu verstehen sein: "l'acide carbonique produit était décomposé ± par suite de l'assimilation chlorophyllienne" (12). - JACCARD setzte also bei seinen sich oft über recht lange Zeit (20 und mehr Tage) erstreckenden Versuchen und ohne je die Glocken frisch zu lüften voraus, dass das Gasgemisch insbesondere der Sauerstoffgehalt konstant bliebe, eine Annahme, die durch keinerlei Nachprüfung wie Gasanalysen gestützt wurde.

Im Gegensatz zu BERT und WIELER findet JACCARD gleich JENTYS auch eine Einwirkung des Totaldruckes, und zwar bei Anwendung eines Gasgemisches von der Zusammensetzung O = 4,13%, N + H = 93,73%, CO_2 = 2,14% unter 2,5 Atmosphären Druck gleich einem Sauerstoff-Partialdruck von 0,5 Atmosph. Sie gibt sich in einer Beeinträchtigung des Wachstums durch die an sich indifferenten Gase in der Luft, N und H, bei erhöhtem Druck zu erkennen. Diese Erscheinung kann, wenn wir die Möglichkeit einer infolge Verunreinigungen des Gasgemisches hervorgerufenen Schädigung der Pflanzen ganz ausser acht lassen, durch die dem Turgor entegengerichtete und ihn mindernde Kraft des hohen Totaldruckes hervorgerufen worden sein.

Die Beantwortung dieser am häufigsten aufgeworfenen Fragen soll weiter unten gegeben werden. Andererseits sind jedoch die Unterschiede in den Zuwachsen der in der ausschlaggebenden Versuchsserie nr. 30 beobachteten Pflanzen (13) so gering, z.T. besteht sogar völlige Gleichheit, dass man eher zu der Annahme geführt wird, der Sauerstoff-Partialdruck sei immer noch zu hoch gewesen, um die für eine Beschleunigung nötigen Bedingungen zu erfüllen.

Eines nur möge aber hier bedacht werden, dass nämlich unter Normalverhältnis-

sen inaktive Gase bei erhöhtem Druck aktiv werden können (14), so hängen z.B. die reduzierenden Eigenschaften des Wasserstoffs von seiner Pressung ab. Ausser bei der Beurteilung des mit erwähntem Gasgemisch gemachten Versuchs wäre dieser Punkt auch vielleicht bei Bewertung des WIELERschen Auspumpungsverfahrens mit jeweiligem Zuleiten von H nach jeder der bis zu 5 malen bei Ansetzung eines Versuchs stattfindenen Evakuation in Erwägung zu ziehen. Selbst wenn man aber alle diese Fehlerquellen, die nur die Klarheit und Genauigkeit der experimentellen Resultate beeinträchtigen, in Betracht zieht, die Tatsache einer Wachstumsbeschleunigung unter verminderter O-Pressung muss nach den gemachten Angaben als sicher bestehend gelten. Da jedoch bei keiner der früheren Arbeiten die Frage aufgeworfen wurde, welches denn eigentlich die innern Ursachen dieser Erscheinung seien, schien eine diesbezügliche Untersuchung nicht aussichtslos.

Zwar hatte bereits JACCARD nach im Verein mit den rein habituellen Abänderungen auftretenden histologisch-habituellen Differenzen bei geringer und normaler O-Pressung gesucht, allein vergeblich: "L'épiderme avait le même revêtement cuticulaire dans les deux cas, l'épaisseur de l'hypoderme et du collenchyme était la même; pas de différence non plus dans le parenchyme cortical; la grandeur ou l'épaisseur de ses cellules, la répartition de la chlorophylla, le système vasculaire, étaient les mêmes, enfin la moelle aussi que le nombre des raphides contenus dans ses cellules ne présentaient également pas de différences" (15). Somit fand er als Endresultat, dass: "la pression du gaz qui entourne une plante, même lors qu'elle varie entre des limites assez étendues (de 0,10 à 7,60 m) n'entraîne, en général, dans sa structure anatomique, aucune modification sensible ayant une valeur physiologique" (15).

Das vermehrte Wachstum unter vermindertem O-Druck kann nun zunächst auf zweierlei Weise bewirkt werden: es kann beruhen auf einer stärkeren Längsstreckung der einzelnen Zell-Elemente, bei welcher Vorstellung wieder die bereits erwähnte Annahme einer rein mechanischen Wirkung des Totaldruckes in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden würde, oder aber es wird bedingt durch eine Vergrösserung der Zellenzahl, d.h. durch intensivere Teilung. Mit diesem Gesichtspunkt war auch zugleich im Umriss die zu befolgende Arbeitsmethode an die Hand gegeben; es war vorerst nötig, rein experimentell das nötige Pflanzenmaterial zu beschaffen und dieses alsdann der mikroskopischen Durchsicht zu unterwerfen.

Die Schwierigkeit bei Aufstellung der Versuchsanordnung lag darin, aus einem Komplex von in Wirkung tretenden Faktoren alle bis auf den O-Druck durch völlige Gleichheit bei Versuchs- und Kontroll- oder Vergleichspflanzen auszuschalten. Hier kamen vor allem Kohlensäure- und Feuchtigkeitsgehalt, Beleuchtung und Temperatur infrage. Da es nicht darauf ankam, den Verlauf des Wachstums selbst zu verfolgen, vielmehr nur das Endergebnis jedes Versuchs inbetracht zu ziehen war, die Wachstumsbeschleunigung ferner in nicht allzu engen Grenzen (bis 100 mm Spielraum war vorhanden) stattfand, wie ja auch bereits die von WIELER (16) dafür gefundenen Werte sowie die von ihm aufgestellten Kurven erkennen lassen, so brauchte völlige Konstanz des Sauerstoff-Gehaltes nicht gefordert zu werden. Sie konnte ja, wie aus der sogleich zu beschreibenden Apparatur zu entnehmen ist, wegen der stattfindenen Atmung auch nicht erlangt werden. Durch Verdunkelung wurde weiterhin die Assimilation unterdrückt, die produzierte Kohlensäure aber durch Kalilauge absorbiert. Ein gerade genügender Vorrat an Wsser ermöglichte die ständige Sättigung der Luft mit Wasserdampf. Unter günstigeren, will sagen billigeren Zeitverhältnissen wäre das Idealste natürlich die Anwendung eines konstanten, nur im Sauerstoff-Gehalt sich von der Luft unterscheidenden Gasgemisches gewesen, das in langsamem, schwachem Strom aus einem Gasometer durch den Pflanzenbehälter hätte hindurchgeleitet werden können.

Der Hauptsache nach bestand der Apparat gleich dem WIELERschen aus einer zu evakuierenden Glasglocke. Allerdings nahm er erst nach einigem Probieren und mancher Abänderung die aus Fig. 1 ersichtliche handliche Form an. Die als Rezipient dienende Glocke R hatte einen innern Durchmesser von ca. 15 cm und ein Fassungsvermögen von etwa 2250 ccm, oben war sie mit einem Hals versehen, der durch einen mit doppelter Bohrung ausgestatteten Kork verschlossen wurde. Die ei-

ne Durchbohrung nahm das mit einem Hahn versehene Saugrohr S auf, wohingegen durch die andere das U-förmig gebogene Steigrohr Q gesteckt ward, das mit seinem langen Ende in das Quecksilbergefäss G tauchte. Beide Glasrohre waren an der Stelle K_1 durch ein Stück Kork und Draht miteinander verkuppelt, Q bei K_2 ausserdem noch an dem Rezipienten R durch eine Korkplatte befestigt. Diese Vorsichtsmassregel war unbedingt nötig, um bei dem Steigen des Quecksilbers das infolge Hebelwirkung begünstigte Brechen des Steigerohres Q, wie es auch in der Tat anfangs einmal ohne die Stützen geschah, zu vermeiden. Die äussere Fläche des Halskorkens wurde mit Gelatinelösung in der Weise luftdicht verschlossen, dass während des Auspumpens die nicht zu dickflüssige Gelatine mit einem feinen Pinsel sorgfältig, vor allem in die Risse und Spalten des Korkens, der überdies in der Höhe des Glashalses abgeschnitten war, aufgetragen wurde. Innen wurde der Kork noch zum Überfluss mit geschmolzenem Paraffin übergossen und die vorher etwas erwärmte Glaswand möglichst allseitig damit bestrichen. Am oberen Ende des Saugrohres konnte der Schlauch einer Wasserstrahlluftpumpe angesetzt werden; bei genügender Evakuation würde der eingeschliffene durchbohrte Hahn H geschlossen. Die Glocke ward mittels eines Pumpenfettes, bestehend aus Schweineschmalz und geringen Mengen Rindstalg, auf die plangeschliffene Glasplatte T aufgesetzt und am Rand das Fett noch sorgfältig verstrichen. Auf diese Weise wurde ein vollkommen dichter Verschluss hergestellt; das Steigerohr verhielt sich wie ein Gefässbarometer, zeigte prompt jegliche Variation des äusseren Luftdruckes an. Die Kohlensäure-absorbierende Kalilauge wurde in Mengen von je 10 ccm in kleine Glasschälchen gefüllt, die auf einem etwa 1 cm hohen Glasfuss standen. Wenn ein Thermometer benützt wurde, so steckte dies, um aufgestellt werden zu können, in einem mit Paraffin getränkten Kork, der jedoch so an den Seiten angebohrt war, dass die Quecksilberkugel allseitig von Luft umgeben war. - Es wurden zwei derartige Apparate hergerichtet, die unter Normaldruck stehenden Konrollpflanzen in Glocken desselben Volums bei sonst gleichen Bedingungen gezogen.

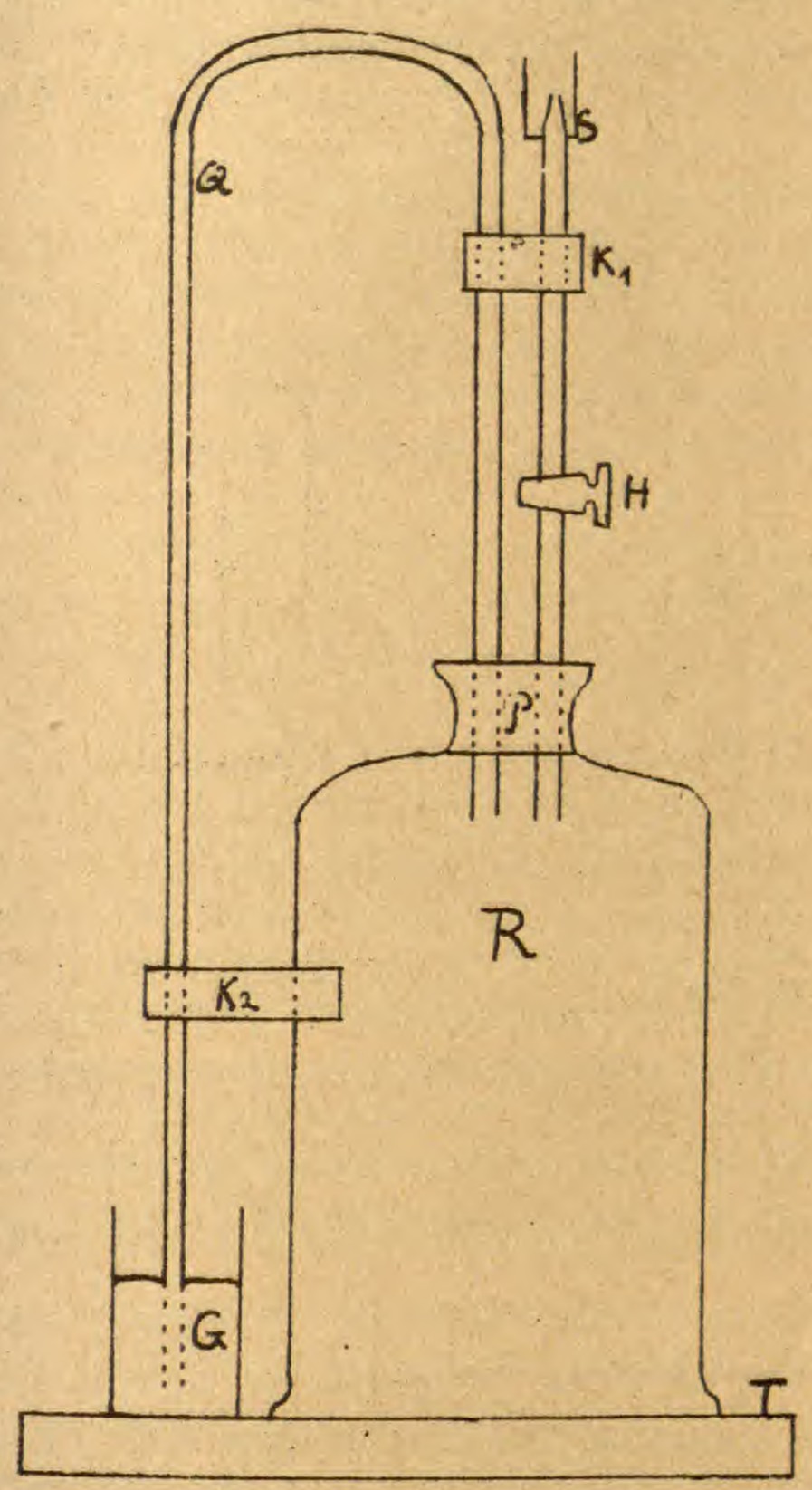

Fig. 1.

Die Beschaffung geeigneter Kulturen bereitete einige Schwierigkeiten, wenn insbesondere die bereits von WIELER hervorgehobenen und auch eingangs erwähnten Störungsfaktoren möglichst vermiden werden sollten. Zu Anfang wurden teils Blumentöpfe, teils kleine Glasgefässe verwendet, in denen die Pflanzen in gesiebter Gartenerde oder in Glassand gezogen wurden. Sie gediehen auch vortrefflich, nur bedingte die in dem Substrat haftende und durch einmaliges Auspumpen nur schwer und langsam zu entfernende Luft stets eine Felerquelle bei der Feststellung des bezüglich der Wachstumsbeschleunigung optimalen Luftdrucks, vor allem war es aber äusserst schwer, wenn nicht gar unmöglich, die an Wurzeln und oft auch infolge des Durchstossens der Bodendecke an Stengeln haftenden feinen Bodenpartikelchen zu entfernen, was wegen der nachfolgenden Mikrotombehandlung aber unbedingt erforderlich war. Desgleichen konnte eine Messung der Wurzel wegen der durch den engen Raum des Gefässes hervorgerufenen Verkrümmungen dieser Organe nur mit grosser Ungenauigkeit angestellt, andererseits aber die Behälter nicht so gross ge-

nommen werden, um sie zu vermeiden, da ja mit der vorhandenen Bodenmenge alle bereits erwähnten Fehler wachsen.

Diese Mängel wurden nun auf folgende Weise vermieden: Eine Glasplatte 9 x 12 cm, in den Figuren 2 und 3 mit I bezeichnet, wurde in die entsprechend breiten Einschnitte zweier Holzklötzchen geschoben, sodass sie senkrecht stand. Vorher waren die Klötzchen mit Paraffin getränkt und dadurch alle Luft aus ihnen entfernt worden. Alsdann war über I ein der Plattengrösse entsprehendes Blatt Fliesspapier gelegt, dessen Form aus Fig. 4 ersichtlich ist. In der Linie xx lag es

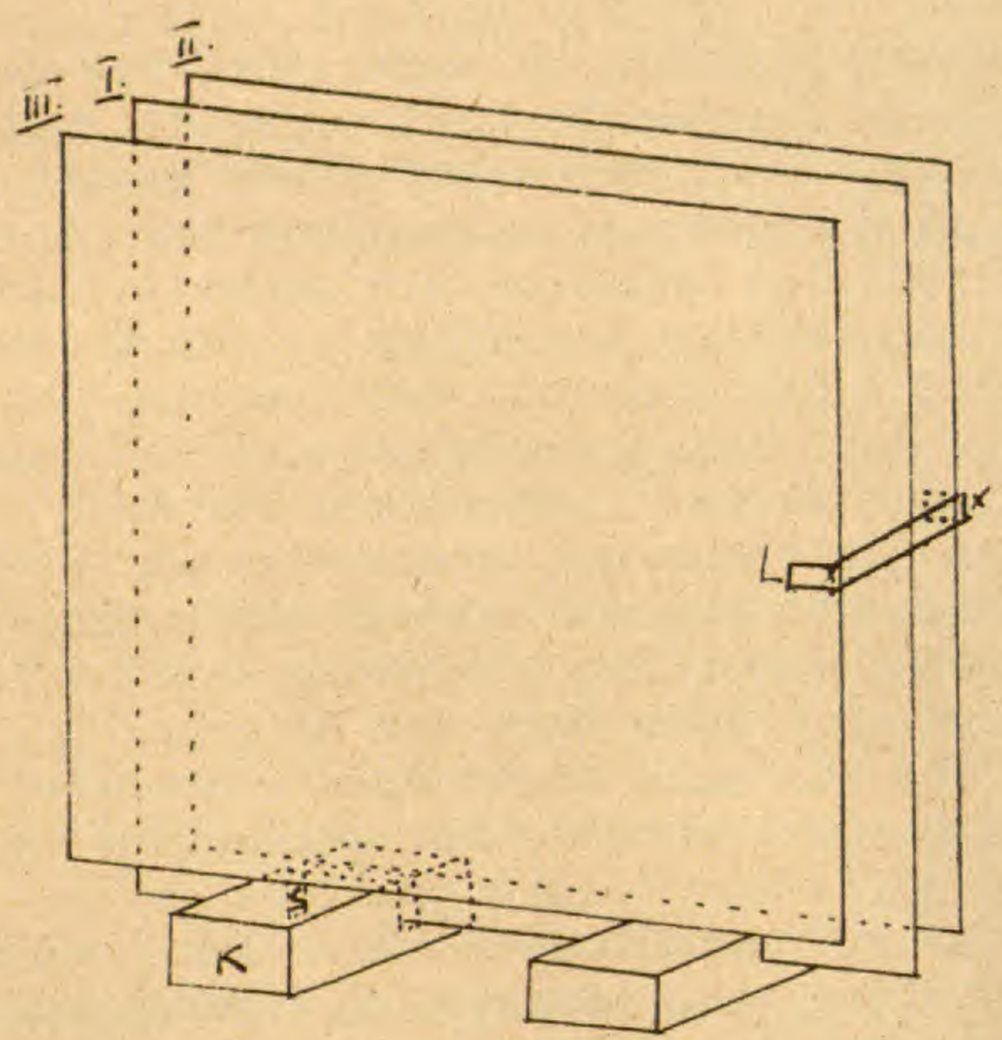

Fig. 2.

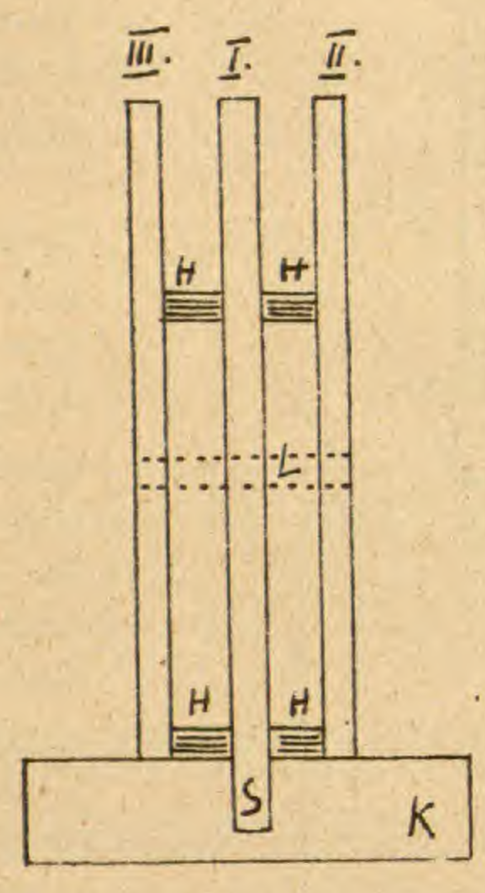

Fig. 3.

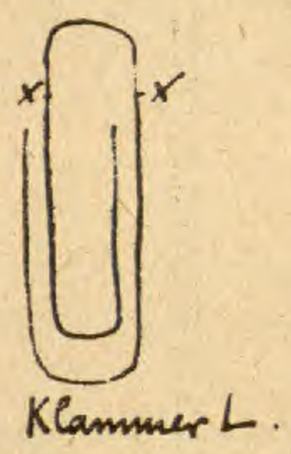

Fig. 4

auf dem oberen Rand von I auf, sodass die beiden Hälften je eine Seite des Glases bedeckten. Die zungenartigen Fortsätze des Papiers verliefen von der Platte her zwischen den beiden Holzfüssen und tauchten in ein kleines mit Wasser versehenes Schälchen, auf dem der ganze Apparat stand. Dadurch wurde ein ständiges und, wie erfahrungsgemäss aus der fortschreitenden Benetzung eines noch trockenen derartigen Papiers zu schliessen war, auch gleichmässiges Feuchthalten bis oben hin ermöglicht. Alsdann wurden auf jeder Seite von I vier kleine Holzstückchen von ca. 2 - 3 mm Dicke, 2 am unteren Rand bei den Holzfüssen, 2 an den beiden Seitenwänden in der Plattenmitte, gelegt und alsdann die etwas kürzeren, aber genau so breiten Platten II und III auf die Klötzchen aufgestellt und mit 2 zu diesem Zweck eigens umgebogenen Klammern an I angedrückt. Bei Benützung von kleinen Samen wurde über die 3 Platten ein Fliesspapierstreifen gelegt, an den Rändern von II und III nach unten umgebogen und an die betreffenden äusseren Plattenwände mit Wasser angeklebt. Die den Rand von I und je einer Nachbarplatte verbindenden Partien dieses Papiers wurden mit Löchern versehen, durch welche die Würzelchen der Keimlinge gesteckt wurden und alsdann zwischen I und II bzw. I und III unter ständiger Berührung mit dem feuchten Papierbelag von I senkrecht nach unten wachsen konnten. Grössere Samen mit zahlreicheren Keimwurzeln, wie z.B. *Hordeum*, wurden einfach mit diesen in die Zwischenräume der Platten geschoben und auf den Rand aufgelegt. Hierbei war durch ev. Verstärkung der 8 Holzstückchen der Plattenzwischenraum genügend zu vergrössern, um eine Verletzung der Wurzeln zu vermeiden. Die Grösse der Fliesspapierfläche begünstigte beim Auspumpen ein Entweichen der Luft aus dem aufgesogenen Wasser. Auf derartig hergerichteten Keimbetten konnten bei dem beschriebenen Plattenformat sehr gut gegen 20 Samen mittlerer Grösse aufgelegt werden, durch Anwendung von mehr als 3 Platten hätte diese Zahl gegebenenfalls noch erhöht werden können. Allerdings waren

die Pflänzchen einzig und allein auf die ihnen im Samen mitgegebenen Nährstoffe angewiesen, die Versuchsdauer konnte schon deshalb nicht eine allzu lange sein, hätten doch die Keimlinge ihr Wachstum bei dem eintretenden Mangel an Nährstoffen bald so gut wie eingestellt. Mitunter kam es vor, dass die Wurzel eines Pflänzchens an eines der am Rand befindlichen Holzstückchen zwischen den Glasplatten stiess und verkrüppelte. In den tabellarischen Zusammenstellungen sind solche Fälle immer besonders kenntlich gemacht und bei der Berechnung der Mittelwerte nicht berücksichtigt worden, sie kamen jedoch nur sehr vereinzelt vor.

Bei der Auswahl der Samen wurde auf Gleichheit hinsichtlich Grösse und Keimfähigkeit streng geachtet. Schon bei dem Pikieren auf mit Fliesspapier belegten Schalen wurde nur möglichst gleiches Material verwandt; grössere Samen wurden vorher unter mehrmaligem Wasserwechsel 1 - 1 1/2 Tage eingequellt. War die Wurzel etwa 0,5 bis höchstens 1 cm hervorgetreten, abgesehen von *Lens*, wo ihre Länge ca. 3 cm betrug, so wurden unter nochmaliger Auswahl die geeigneten Keimlinge auf die Keimbetten gelegt, um alsdann vor Beginn des eigentlichen Versuchs einer abermaligen Kontrolle inbezug auf Stengel- bzw. Wurzellänge und Gesundheit unterworfen zu werden, was dank der Durchsichtigkeit von II und III ohne weiteres möglich war. Das mitunter in den Apparat gestellte Thermometer gab die Gewähr fast völliger Temperaturgleichheit bei Versuchs- und Konrollpflanzen, die geringen vorhandenen Differenzen können als kaum von Einfluss unberücksichtigt bleiben. Da die Thermometer an sich völlig übereinstimmten, so beruhen sie zum Teil vermutlich auch darauf, dass die Einwirkung der Parallaxe bei der primitiven Form des Ablesens nie vollkommen zu berücksichtigen war, zumal die Apparate wegen des Standes der Wasserstrahl-Luftpumpe eine recht ungünstige Stellung einnahmen, andererseits jedoch ein Verrücken der Versuchsanordnung wegen der damit verbundenen unvermeidlichen Erschütterung vermieden werden sollte. Die Verdunkelung des Ganzen geschah mittels schwarz ausgekleideter Pappzylinder, die unten an der Aufsatzstelle noch mit schwarzen Tüchern umlegt wurden. Es zeigte sich bei derartigen Vorsichtsmassregeln auch nicht die geringste Spur eine Lichtwirkung.

Operiert wurde anfags nur mit *Panicum miliaceum*, hier die Verhältnisse eingehender geprüft, alsdann erst zu weiteren Objekten übergegangen. Es kamen noch in Anwendung *Phalaris canariensis*, *Hordeum*, *Lens esculenta* und *Sinapis alba*.

Zunächst wurde während der Dauer des Versuchs die Luft in den Apparaten nicht erneuert, wo dies geschehen, ist es besonders vermerkt. Wohl mag, dies sei nochmals betont, zufolge der Atmung eine Verringerung des Sauerstoff-Gehaltes eingetreten sein, allein die Pflanzen wurden zu Beginn des Versuchs unter durch Vorversuche gefundenen optimalen O-Druck gebracht, sodass selbst bei allmähliger bis zu einem gewissen Grade sich erstreckender Abnahme des Sauerstoffes noch Wachstumsbeschleunigung stattfinden musste, wie es ja auch die hinten gegebenen Tabellen I u. II erkennen lassen.

Schliesslich wurde noch eine Prüfung auf eine eventuell vorhandene Reizwirkung des Auspumpens vorgenommen. Von den zwei Vergleichsglocken bei Versuch 2 (Tabelle XI) mit *Lens esculenta* wurde in der einen im Verein mit der 200 mm Druck aufweisenden alle Tage die Luft durch Abheben der Glocke erneuert und alsdann frisch ausgepumpt. Es ergaben sich für die Stengellänge im Mittel aus 10 Pflanzen die Ergebnisse: Unausgepumpt 26,3 mm, ausgepumpt 24,9 mm, wonach also von einem das Wachstum beschleunigenden Einfluss des Evakuierens als solchen nicht die Rede sein kann. Zudem sind die Unterschiede so gering und derart, dass auch ein besonderer Einfluss des Lüftens nicht daraus abgeleitet werden kann; deshalb ist bei der überwiegenden Mehrzahl der Versuche von einer in gewissen Intervallen zu vollziehenden Lufterneuerung abstand genommen worden.

Ferner sind, hinsichtlich der Höhe des angewandten Luft- bzw. Sauerstoff-Druckes die Angaben nur in mm Quecksilber ausgedrückt, jegliche Umrechnung unter Berücksichtigung von Temperatur, Wasserdampftension und anderer infrage kommender Faktoren sowie eine Reduktion auf 0° und 1000 mm Druck ist als für unsere Zwecke belanglos unterlassen worden. Es ergaben sich nun nun für die dem Versuch unterworfenen Pflanzen nachstehende Resultate.

PANICUM MILIACEUM.

Vor vornherein schien die Hirse ein günstiges Objekt zu sein; die Samenauswahl ist recht genau vorzunehmen, die Kultur leicht zu bewerkstelligen. Sehr von Vorteil ist ferner ihr von keinerlei Krümmungsbewegungen betroffenes Wachstum sowie ihre Unempfindlichkeit gegen Laboratoriumsluft. Schliesslich weist gerade bei den Paniceen das Hypokotyl eine nennenswerte, leicht messbare Länge auf, wohingegen die überwiegende Mehrzahl der andern Gramineen das hypokotyle Stengelglied sogut wie gar nicht zur Entwickelung bringen.

Bei den Versuchen WIELERs war ganz allgemein von einem schnellen Wachstum unter verringerter O-Partiärpressung die Rede gewesen; JACCARD hatte ausserdem gefunden, dass die blosse Beschleunigung des Wachsens nicht die einzige hervorgerufene Veränderung repräsentiere (17). Seine Versuchsobjekte zeigten neben schlankerem, aufgeschossenerem Wuchs Neigung zur Verästelung, insbesondere aber waren die Blätter weit stärker entwickelt und ausgebreitet als bei den Pflanzen in gewöhnlicher Luft.

Es stellte sich nun im Verlauf unserer Untersuchungen heraus, dass die verschiedenen Teile des Pflanzenkörpers durchaus nicht gleichmässig beeinflusst werden, dass einige wohl durch gefördertes Wachstum ausgezeichnet sind, andere nicht in dem Masse oder gar nicht davon betroffen werden, ja, verglichen mit den Kontrollpflanzen, sogar im Wachstum zurückblieben.

Bei den Versuchen mit Hirse wurde zunächst auf die Durchbruchzeit des ersten Blattes durch die Koleoptile geachtet. Auch hierin liegt unter anderm ein Vorteil in der Verwendung von Monokotyledonen gegenüber Dikotyledonen, bei denen die Wachstumsbeschleunigung, um dies hier vorwegzunehmen, in ihrem wahren Wesen weniger eindeutig zu erkennen ist. Es zeigte sich nun bei Hirse mit aller aus Tabelle I und II ersichtlichen Deutlichkeit, dass durch verminderten O-Druck ein früheres Durchbrechen der ersten Blattes durch die Koleoptile verursacht wurde, und zwar lag das Optimum etwa bei 150 bis 200 mm Quecksilberhöhe, aber auch durch 100 mm konnte noch Beschleunigung hervorgerufen werden. Beim Ansetzen des Versuchs musste demzufolge nicht allein auf gleiche Längen der ganzen Pflanzen, sondern auch auf die der noch in den Koleoptilen befindlichen jedoch von aussen sichtbaren Blätter geachtet werden. Zwar hatte Versuch nr. 7 eine Abweichung von der Regel zu verzeichnen, jedoch bei der geringen Zahl von 4 Pflanzen lässt dies Ergebnis keinen definitiven Schluss zu. Waren die Keimlinge in ihrer Entwickelung noch nicht zu weit vorgeschritten, sodass ihre Blätter nicht etwa an und für sich bereits vor dem Durchbruch standen, so wurde der Unterschied der Durchbruchszeiten klarer und prägnanter, dies zeigten die Versuche 8. und 9. in Tabelle II. Das Gegenstück bildete Versuch 10., bei dem ebenfalls die beträchtliche Zahl von 15 Pflanzen, aber mit 26 mm Länge (gegen 8 mm bei nr. 8 und 9) dem Versuch unterworfen wurden und die Blätter fast gleichzeitig durchbrachen.

Es hat somit das Alter der Objekte einen gewissen Einfluss auf den eben erwähnten Vorgang, jedoch wohl nur inso fern, als bei weiter entwickelten Exemplaren die Umstellung des Organismus auf die neuen Verhältnisse nicht schnell genug erfolgen kann, um noch eine Verschiebung der unter natürlichen Bedingungen gegebenen Durchbruchszeit zu bewirken.

Die von nr. 10 abweichenden Ergebnisse des Versuchs nr. 2 sind möglicherweise dadurch zu erklären, dass die mit niederer Temperatur verbundene späte Jahreszeit verlangsamend auf den gesamten Wachstumsprozess eingewirkt hat und infolgedessen die Wirkung des geringen O-Druckes noch hat zum Austrag kommen können, doch ist der hypothetische Charakter dieser Deutung wegen des gänzlichen Mangels von Temperaturangaben nicht zu vergessen.

Nach all dem wäre zunächst eine das Blatt-Wachstum nicht unbeträchtlich fördernde Beeinflussung des verringerten O-Partialdruckes, die sich neben dem frühen Durchbruch durch die Koleoptile auch in der Gesamtlänge des Blattes zu erkennen geben muss, nicht zu läugnen. Es wurden daher die Blätter gemessen und zwar von der Spitze bis zu der Stelle, wo die beiden Ränder der Koleoptile sich im spitzen Winkel treffen. Die Pflanzen wurden auf Millimeterpapier gelegt und, oh-

ne einen Zug auf sie auszuüben, möglichst gerade gestreckt. Auf diese Weise waren halbe bis Viertelmillimeter noch sehr gut zu schätzen. Auch alle andern Pflanzenteile wurden in der gleichen Weise auf ihre Länge geprüft (siehe Tab. III und IV).

Die Blätter der Kontrollpflenzen entfalteten sich nicht so stark, auch hatten sie gleich dem Hypokotyl weit geringere Behaarung als die Versuchspflanzen aufzuweisen, die bei diesen am Stengel auch weiter herabreichte. Letzterer zeigte nun des weiteren die bereits oben gestreifte, von den bisherigen Angaben vollkommen abweichende Erscheinung, dass er bei den Kontrollpflanzen durchweg länger wurde als bei den Versuchspflanzen (siehe die Mittelwerte Tab. III). Das Stengelwachstum war bei letzteren gegenüber dem der Kontrollpflanzen geradezu verlangsamt, das Verhältnis von Stengel zu Blatt, das bei diesen ein grosser unechter Bruch ist, nimmt bei den unter geringer Sauerstoff-Partiärpressung aufgezogenen Exemplaren unter Annäherung an 1 immer geringere Werte an. Der Einfluss auf die Länge der Koleoptile ist nach den wenigen vorhandenen Messungen, insbesondere den für die einzelnen Pflanzen in Tab. V und VI angeführten Zahlen nebst dem in Tab. XIII gegebenen Verhältnisse 1 : 0,99~1 dahin zu bestimmen, dass die Koleoptile kaum zu Abänderungen in der Intensität ihres Wachstums angeregt wird. Sie ist ja auch nur ein Schutzorgan der allerersten Keimzeit, das für die weitere Abwickelung der Lebensvorgänge in der Pflanze nicht weiter inbetracht kommt und demnach nach Vollendung seiner eigentlichen Aufgabe kaum noch in engerem innerem Konnex mit dem Gesamtorganismus steht, also die allgemeine Einstellung der Pflanze auf die durch Darbietung geringerer O-Mengen geschaffenen neuen Aussenbedingungen nicht mitzumachen braucht.

Die Länge der Wurzeln wurde gleichfalls gemessen, doch ist hier der diesbezügliche Unterschied bei weitem nicht so scharf wie bei den andern Teilen des Objekts.

Wo ein stärkeres Wachstum bei den Versuchspflanzen auftritt, handelt es sich nur um wenige Millimeter im Mittelwert, die sehr wohl durch besonders starke Förderung einzelner Exemplare bedingt sein können. Ein dem Stengelwachstum korrespondierendes Verhalten der Wurzel, wie es WIELER etwa zwischen Stengel und Wurzel bezüglich des durch O-Mangel hervorgerufenen Wachstumsstillstandes feststellen konnte (18), wurde demnach nicht gefunden. In der Beschaffenheit der Wurzelhaare sowie der Ausdehnung der sie erzeugenden Zone bestand kein Unterschied, dasselbe ist auch von der Dicke des Stengels und der Farbe des gesamten Vegetationskörpers zu sagen.

PHALARIS CANARIENSIS.

Diese Art war gleichfalls ein für die Beobachtung nicht ungünstiges Objekt, auch hier bereiteten die Kulturen sowie die zu treffende Auswahl unter den Samen und Keimlingen keine Schwierigkeiten. Dem Versuch unterworfen, verhielt sich *Phalaris* ganz analog der Hirse. Zwar trat das hypokotyle Stengelglied gar nicht oder nur wenig (Versuch 5) hervor, in letzterem Falle war dann jedoch stets ein dem bei Hirse entsprechendes Verhältnis der Stegellängen zu konstatieren. Leider sind diese bei Vorversuchen sowie bei Versuch 3, bei denen das geförderte Wachstum der Hypokotylen der Kontrollpflanzen gut zu erkennen war, nicht gemessen und zahlenmässig festgelegt worden. Das zeitigere Hervorbrechen des ersten Blattes durch die hier wesentlich längere Koleoptile war hingegen wieder ganz offensichtlich, das Optimum der Beschleunigung liegt zwischen 150 und 250 mm.

Die am Knoten zwischen Hypokotyl und Koleoptile sich bildenden Wirzelchen traten derartig unregelmässig bald mehr an den Kontroll-, bald an Versuchspflanzen auf, dass in ihrem Erscheinen kein Einfluss der verminderten O-Pressung erblickt werden kann. Auch das Wachstum der Koleoptile wurde, nach den in Tabelle VIII und XIII angeführten Mittelwerten und Verhältniszahlen zu urteilen, nicht beeinflusst. Der im Durchschnitt nach Tabelle XIII 1/10 betragende Wurzelunterschied ist zu gering, als dass man in ihm eine Wachstumsbeschleunigung der Versuchspflanzen erblicken könnte.

des Blattes war es auf unsern Schnitten stets mehrmals, zum mindesten zwei mal, getroffen. Diese beiden äusseren Durchschnitte sind es, die der mikroskopischen Durchsicht unterzogen wurden. Als Mass für die Wachstumsstärke kam die Zahl der Teilungsstadien inbetracht.

Dasselbe Verfahren fand sich bereits von KARSTEN (20) bei seinen Untersuchungen über die Tagesperiodizität der Kern- und Zellteilungen angewandt; es wurden des weiteren auch die übrigen von jenem Autor gegebenen Fingerzeige zu nutze gemacht, deren wichtigster wohl der ist, dass auf möglichste Gleichheit der untersuchten Strecken und Flächen zu achten ist. Anfangs wurde bei jedem Schnitt nur die Zahl der Teilungen angegeben, späterhin erwies es sich als für die Übersicht vorteilhafter, die einzelnen Phasen getrennt aufzuführen. Das Stadium der ersten Auflockerung wurde, wo es überhaupt mit berücksichtigt werden konnte, zu denen der Prophase hinzugezählt. Bei den Monokotylen wurde das erste Blatt von der Ansatzstelle am Stengel an aufwärts gemessen und zwar nur die in Breite des Gesichtsfeldes fallenden Kernteilungen mitgezählt, die Länge der untersuchten Strecke betrug meistens 1 mm. Die Untersuchungen über noch grössere Entfernungen auszudehnen hatte wenig Zweck, zeigte sich doch, dass die teilungsfähige Zone nur an den untersten Stellen des Blattes sich befand, dass schon nach wenigen Bruchteilen eines Millimeters die Teilungsstadien spärlicher wurden um, wie besonders bei *Hordeum*, oft noch innerhalb der untersuchten Zone sogut wie aufzuhören. Eine Verschiedenheit in der Ausdehnung der Zuwachszonen, die als Erklärung für das beschleunigte Wachstum hätte dienen können, war nirgends festzustellen. Die Zählungen wurden vorgenommen auf einem Objekt-Kreuztisch, der gleichmässigstes Verschieben des Objektes gestattete. Den genau median verlaufenden Schnitt aus der beträchtlichen Anzahl herauszufinden war nicht möglich, es wurden deshalb aus der Zone, in der er liegen musste, mehrere benachbarte Schnitte durchgezählt. Dies erwies sich auch in anderer Hinsicht als unbedingt erforderlich, da infolge der aus den Tabellen ersichtlichen stets auftretenden wenn auch in gewissen Grenzen gehaltenen Schwankungen der Teilungszahlen ein Schnitt allein nie ein klares Bild der Verhältnisse hätte geben können. Aus den gefundenen Summenwerten wurde das Mittel genommen. Ferner war auch nachzuprüfen, ob die Verhältnisse in den tangential gelegenen Pflanzenteilen etwa andere seien, auch diese Zonen wurden daher der Durchsicht unterworfen. Um die Stärke der Vegetationspunkte vergleichen zu können, wurde, allerdings nur bei einigen Präparaten, die Zahl der durch einen Spross-Vegetationspunkt gelegten Schnitte vermerkt.

Als Gesamtresultat für eine Spezies sind die Durchschnitte aus den Mittelwerten aller Proben genommen worden, denn es war ja, wie sich vor allem bei *Lens* und *Sinapis* zeigen wird, ganz willkürlich, welche Versuchs- und Vergleichspflanzen eines Versuchs man jedesmal gerade miteinander in Vergleich brachte. Es können in jeder dieser beiden Reihen durch individuelle Verschiedenheiten Extremwerte hinsichtlich der Zahl der Teilungen auftreten, trotz der vor dem Fixieren getroffenen Auswahl.

PANICUM MILIACEUM.

Betrachten wir zunächst die Verhältnisse bei der Hirse. Die in den Tabellen hinter den fortlaufenden Nummern der Schnittproben in Klammern angegebenen Zahlen entsprechen, wie auch bei allen andern folgenden Tabellen, der Versuchsnumerierung des ersten, experimentellen Teils. Das Ergebnis von nr. 1. der Tabelle XV soll bei der Aufstellung des Gesamtresultats nicht mit berücksichtigt werden; ganz sicher handelt es sich hier um einen ausnahmsweise auftretenden Wert, der, da das Ganze nur eine noch etwas grob angestellte Vorprobe war, zum Teil auf Fehler der Untersuchungsmethode zurückzuführen sein wird. Derartig grosse Differenzen sind bei keiner weiteren Untersuchung festgestellt worden. Aber selbst wenn wir von diesem Verhältniswert absehen, bleibt das Resultat ein einwandfreies. Fast durchweg zeigen die unter geringem O-Druck gewachsenen Pflanzen in der interkalaren Zuwachszone weit mehr Teilungsstadien als die in gewöhnlicher Luft gezogenen. Nur in Versuch nr. 7 bzw. 8 der Tabelle XVI konnte Gleichheit bei

Kontroll- und Versuchspflanzen festgestellt werden; auch ein zweites Präparat der Versuchspflanze wies nicht mehr Teilungen, 15,2 im Durchschnitt, auf. Es ist dies derselbe Versuch, der bereits inbezug auf die Durchbruchszeit des ersten Blattes durch die Koleoptile sich einigermassen abweichend verhielt. Diese Parallelität des makro- und mikroskopischen Befundes ist recht interessant, wird doch damit der Beweis, dass es tatsächlich das stärkere Teilungsbestreben ist, durch welches das geförderte Wachstum bedingt wird, nur erhärtet. Bei nr. 5. wurde eine grössere Anzahl von aufeinanderfolgenden Schnitten durchgezählt, die tangential gelegenen ergaben das gleiche Bild, beim Verrücken nach der medianen Zone verschob es sich etwas derart, dass das Verhältnis 1 : 1 angestrebt wurde. Immerhin ist aber auch hier das Gesamtresultat so, dass es nicht als Ausnahme anzusprechen ist.

Bildet man jetzt in besagter Weise aus den gefundenen Mittelwerten aller 7 Untersuchungen (nr. 4 ausgenommen) den Durchschnitt, so ergibt sich das Verhältnis 1 : 2,2, das würde besagen, dass die Versuchspflanzen innerhalb der erwähnten O-Konzentrationsgrenzen durchschnittlich eine etwa 2,2 mal stärkere Teilungsintensität aufzuweisen haben als die unter Normaldruck stehenden Kontrollpflanzen; ihr ist die Wachstumsbeschleunigung zuzuschreiben.

PHALARIS CANARIENSIS.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim Glanzgras. Von den 6 angeführten Versuchen ist das bei dreien fixierte Material mikrotomiert worden, von den zu Versuch 4 und 5 gehörigen Exemplaren wurden Präparate hergestellt. Die von nr. 6 angefertigten waren leider beim Färben derartig verunglückt, dass nichts an ihnen zu erkennen war. Jedoch zeigen auch die vorhandenen sechs Untersuchungen schon zur Genüge, wie die Dinge liegen.

Besonders Versuch nr. 5 (2 a - c der Tabellen XVII und XVIII) wurde intensiver durchgearbeitet. Die drei Paralleluntersuchungen von nr. 2. zeigen ebenso wie nr. 1 die gesteigerte Teilungszahl der Versuchsobjekte. Abweichungen von der Regel, wie in nr. 2 b, mussten allerdings auch hier konstatiert werden. Wie bei der Hirse verhalten sich auch die tangentialen Schichten ganz entsprechend den medianen (siehe 2 a und 2 b). Das Gesamtresultat lautet hier: 1 : 1,3, mit einem wenn auch wesentlich geringeren, doch immerhin beachtenswerten Plus aufseiten der Versuchspflanzen.

HORDEUM.

Klarer sind wieder die Verhältnisse bei der Gerste; die aus Versuch nr. 2 u. 3 entnommenen Proben zeigen mit aller Deutlichkeit die schwächere Kernteilung unter Normaldruck. Nach dem Quotient 1 : 2 zu urteilen, haben die Versuchspflanzen etwa doppelt soviel Teilungsstadien aufzuweisen. Das einheitliche Verhalten monokotyler Pflanzen gegenüber den durch Sauerstoff-Verringerung geschaffenen neuen Verhältnissen kann somit auch in diesem Punkte als gewährleistet gelten.

LENS ESCULENTA.

Die bei Dikotyledonen angestellten Nachforschungen zeigen indes andere Ergebnisse. Wir hatten ja hier keine Blattwachstums-Förderung verzeichnen können, nur die Stengel wiesen Längenunterschiede auf. Sollten die Untersuchungen aber auch hier von demselben Gesichtspunkt wie bei *Panicum* etc. aus angestellt werden, so kam als einziger für die Wachstumsmodifikation verantwortlich zu machender Pflanzenteil nur der Spross-Vegetationspunkt infrage. Er wurde gerechnet von seinem obersten Ende bis zum nächsten Blatthöcker exklusive.

Das Ergebnis war ein unerwartetes. Die aus Versuch nr. 4 entnommenen zwei Proben zeigten fast völlige Gleichheit bei Versuchs- und Kontrollpflanzen hinsichtlich der Zahl der jedem Schnitt zukommenden Teilungsstadien, bei Versuch nr. 2. hingegen traten Exemplare auf, bei denen trotz eifrigstem Suchen auch nicht eine einzige Teilung ausfindig gemacht werden konnte und zwar bald bei den unter Nor-

mal-, bald bei den unter Versuchsbedingungen stehenden Objekten; deswegen wurden auch nach Möglichkeit mehrere ein und desselben Versuchs geprüft. Es resultierte die Gleichung: Kontrollpfl. : Versuchspfl. = 1 : 0,8 (ohne die Einzelprobe von nr. 3 glatt 1 : 1).

Da jedoch ausserhalb des Vegetationspunktes, mehr stengelabwärts, noch die stärkere Teilung bei den Versuchspflanzen hätte einsetzen können, wurden auch in diesem Falle die axialen Partien des unterhalb des Vegetationspunktes ansetzenden Stengels in Gesichtsfeldbreite durchgezählt, doch musste auch hier völlige Gleichheit, 15 : 14,3 im Mittel, festgestellt werden.

Die nicht unbedeutende Wachstumsbeschleunigung des Stengels von *Lens* kann demnach nicht einer geförderten Kern- und Zellteilung die Entstehung verdanken.

SINAPIS.

Zur weiteren Prüfung dieses Ergebnisses wurde noch *Sinapis* herangezogen. Das Resultat war das nämliche. Bei völlig intaktem Nucleolus war an den gut fixierten und gefärbten Präparaten des Versuchs nr. 2 der Tabelle XII auch nicht ein einziges Teilungsstadium zu entdecken. Die 3 Parallelunterssuchungen von nr. 3 ergaben als Summe für alle durchgezählten Schnitte 14 bzw. 15 Teilungen, welche auf 43 bzw. 35 Schnitte fielen. Das Ergebnis 1 : 1 war somit sicher gestellt.

Nach den bei *Lnes* und *Sinapis* ausgeführten Untersuchungen zu urteilen beruht das verstärkte Stengelwachstum der Dikotyledonen unter verringertem Sauerstoff-Druck nicht auf intensiverer Zellteilung.

Einen kurzen Blick wollen wir noch auf die ökologische Bedeutung dieses Vorganges werfen. Einzelne unsere Frage berührende Angaben sind bei WIELER, der auch die ältere in unser Gebiet fallende Literatur erwähnt hat, gemacht worden; auf sie sei an dieser Stelle verwiesen. WIELER (21) selbst mass dem Umstande, dass in verdünnter Luft die Pflanzen ein gefördertes Wachstum erleiden, eine grosse praktische Bedeutung bei. Er sah darin direkt eine Anpassung an die verschiedensten Höhenlagen und eine Gegenwirkung gegen die damit verbundenen ungünstigen Existenzbedingungen wie Klima etc.

Bedenkt man aber, dass die Druckerniedrigung schon eine recht bedeutende sein musste, um die Wachstums-Beschleunigung in die Wege zuleiten, so würde in den allerwenigsten Fällen, nur in ganz beträchtlichen Höhen, eine fördernde Wirkung in Aktion treten können. Vielmehr ist gerade die innerhalb weiter Grenzen bestehende Unabhängigkeit der Pflanzen vom Luft- bzw. Sauerstoffdruck zu beachten, in ihr werden wir zunächst weit eher eine für das Gedeihen und die ungestörte Entwickelung wertvolle Eigenschaft zu erblicken haben, denn welchen Wert könnte es für die Pflanze mit sich bringen, auf jede noch so geringe Schwankung des O-Gehaltes sofort peinlichst reagieren zu müssen? - Eine Erklärung wie die WIELERsche scheint mir daher zum mindesten irreführend, wenn auch die Möglichkeit einer als Nebenerscheinung zu bewertenden schnelleren Entwickelung dahingestellt bleiben mag.

Die eigentliche Bedeutung des fraglichen Prozesses ist in anderer Richtung zu suchen. Es ist bereits hervorgehoben worden, dass wir in ihm ein Regulativ erkennen müssen, wobei jedoch nie vergessen werden darf, dass dies eine ungewöhnliche, in gewisser Hinsicht pathologische Erscheinung ist, eine Anstrengung, eine Abwehrmassnahme des Pflanzenorganismus für die Erhaltung seines Lebens, ähnlich dem schnelleren Pulsieren des menschlichen Blutes im Fieberzustand, das doch auch nicht als Ausfluss eines besonderen Wohlbefindens aufgefasst wird.

Betrachten wir den Vorgang etwas genauer: Der Sauerstoff der die Pflanze umgebenden Luft nimmt mehr und mehr ab, so weit, bis die in der Zeiteinheit gebotenen Mengen nicht mehr genügen, die Atmung nicht mehr unterhalten werden kann. Und das ist das Beachtenswerte, dass nämlich die Herabsetzung der zur Verfügung stehenden Sauerstoff-Menge schliesslich einmal auf die Atmung von Einfluss sein muss (diesbezügl. Literatur-Angaben siehe bei STICH (22)). Zwar ist durch WILSON

festgestellt worden, dass die Wachstumsbeschleunigung in verdünnter Luft keiner Zunahme der Atmung entspricht (23), wie ja überhaupt an ein festes Verhältnis zwischen Wachsen und Atmungstätigkeit nicht zu denken ist, man beachte nur die Umstände bei den oft äusserst energisch atmenden Blüten und Blütenständen. Ein dem WILSONschen ähnliches Ergebnis zeitigten auch die Untersuchungen WIELERs. Dass die überwiegende Mehrzahl aller Pflanzen zu ihrer Existenz unbedingt Sauerstoff braucht und dass bei völligem Fehlen desselben endlich Sistierung der Atmung und damit jeglicher Lebenstätigkeit eintritt, ist lange bekannt. Es fehlt die durch die O-Atmung geschaffene Betriebsenergie, und die Maschine stoppt. Gleich der Transpiration und Assimilation müssen wir in dem chemisch als Verbrennung zu deutenden Atmungsprozess physikalisch ein Diffusionsphänomen erblicken. Die Sauerstoffmolekel prallen an der Zellwand des Pflanzenkörpers an und dringen dank der hohen Partiärpressung leicht ein, selbst eine stark entwickelte Kutikula hindert nicht die zureichende Versorgung der Zellen mit Sauerstoff(24). Nun wird ja bekanntlich die Atmung aber nicht durch den absolut vorhandenen O-Vorrat geregelt, das deutet uns auch die in weiten Grenzen bestehende Unabhängigkeit der Pflanzen von der O-Partiärpressung an, sondern durch gewisse, den Sauerstoffeingriff bewirkende und vermittelnde Enzyme oder nach PFEFFER "Affinitäten", die der Sättigung durch O harren. Diese Stoffe sind stets in gewissen Mengen vorhanden und bewirken, dass bei völligem Mangel an Sauerstoff in der Pflanze vorhandenes Material veratmet wird, dass mit einem Wort "intramolekulare Atmung" eintritt. Bei den den unsrigen entsprechenden Versuchen WIELERs war dies nie der Fall (25), die Luftverdünnung hätte zu diesem Zweck noch weit grösser sein müssen.

Die bei geringem Sauerstoff-Druck in der Wachstumsförderung zutage tretende Erscheinung wäre nun als eine Vergrösserung der Sauerstoff aufnehmenden Oberfläche zu deuten, um die der Sättigung harrenden Affinitäten mit molekularem Sauerstoff versehen zu können und so die zum Bestehen der Pflanze notwendige Atmuns-Intensität aufrecht zu erhalten. Da die Zahl der an der Flächeneinheit anprallenden O-Molekel gesunken ist, denn darin besteht die Herabminderung des Partialdruckes, so muss eben die sie aufnehmende Gesamtfläche vergrössert werden, um den Ausfall wett zu machen, zumal auch noch infolge der geringeren Pressung das Eindringen der O-Molekel in die Zellmembranen erschwert werden mag. Erst im grössten Notfall, bei noch weiter sinkendem Sauerstoff-Gehalt, wird zu dem in seinem Nutzen recht zweifelhaften Mittel der intramolekularen Atmung gegriffen.

Ganz ähnliche diesbezügliche Verhältnisse haben wir übrigens im Tierreich. Es ist bekannt, dass die Bewohner der Gebirge eine höhere Zahl von Blutkörperchen aufzuweisen haben als die des flachen Landes (26), ja, sogar beim Besteigen von Bergen mit verbundenem relativ kurzem Aufenthalt in dünner Luft nimmt ihre Menge automatisch zu. Auch hier vergrössert sich dadurch die Sauerstoff absorbierende Oberfläche, allerdings ist es eine innere. - Gewaltsamer wird derselbe Zweck erreicht durch regere Herztätigkeit, die in der Zeiteinheit grössere Mengen Blutes durch die Lunge treibt, somit ebenfalls eine bedeutendere Fläche mit der Umwelt in Gasaustausch treten lässt, im extremen Fall zur bekannten Bergkrankheit führt.

Wie wir feststellen konnten, wurde diese Flächenvergrösserung bei den untersuchten Monokotylen mittels Förderung des Blattwachstums, das seinerseits auf einer stärkeren Zellteilung beruhte, erreicht. Dass gerade die Blätter es sind, die hierbei bevorzugt werden, oft sogar unter Hintansetzung des Stengelwachstums, ist leicht erklärlich. Um nach Möglichkeit einen Höchsterfolge zu erzielen, werden zweckmässig solche Organe die Förderung geniessen, die für gewöhnlich die bemerkenswerteste Atmungsgrösse aufzuweisen haben, denn bekanntermassen ist diese an Stengeln, Blättern und Blüten wie auch an Exemplaren unterschiedlichen alters nicht die gleiche (schon SAUSSURE (27) hat hierüber berichtet), insbesondere überragt die Atmungsgrösse der Laubblätter die der Wurzel und des Stengels. Deshalb konnte in unserm Fall der angestrebte Erfolg bei einer Vergrösserung der Blattfläche am ehesten erreicht werden.

In den beiden Versuchen mit Linse und Senf trat nur verstärktes Stengelwachstum hervor, und zwar ohne dass intensivere Zellteilung als seine Ursache

identifiziert werden konnte. Bei der Keimlingsnatur der Versuchsobjekte war leider nichts näheres zu erforschen, auch liess die kurze Versuchsdauer keinen Schluss bezüglich einer eventuellen Beeinflussung der ersten Blätter zu. Allein wie bei den ersten drei Objekten so deutete auch hier die stärkere Entfaltung der Kotyledonen bzw. der ersten winzigen Fiderblättchen unter den Versuchsbedingungen darauf hin, dass bei den Pflanzen ein Sauerstoffhunger bestand und sie möglichst viel molekularen Sauerstoff zu erfassen bemüht waren. Die nur auf Schätzung beruhende bei der Linse in 2 b und beim Senf in 1 a bemerkte grössere Zahl der Teilungsstadien der Versuchspflanzen in den zufällig mit vorhandenen Schnitten durch Blatt bzw. Kotyledo soll hier nur ohne jeden Anspruch auf Sicherheit erwähnt werden, möglicherweise ist jedoch das Verhalten der Dikotyledonen nur unter den speziellen durch das Keimlingsstadium gebotenen Bedingungen scheinbar ein von den Monokotyledonen aunterschiedliches. Bei letzteren wurden die ersten Blätter auch auf die Zahl der Spaltöffnungen einer Untersuchung unterworfen, es war zwischen Kontroll- und Versuchspflanzen keine Differenz festzustellen.

Das Gesamtergebnis unserer Untersuchungen wäre in Zusammenfassung:

1. Die unter verändertem Sauerstoff-Druck wachsenden Pflanzen werden in ihren einzelnen Teilen ganz verschieden beeinflusst. Monokotyledonen erleiden unter Hemmung des Stengelwachstums eine Förderung in der Blatt-Entwickelung, die sich bereits nach relativ kurzer Zeit in dem frühen Durchbrechen der gleich der Wurzel nicht beeinflussten Koleoptile kundtut. Bedingt wird diese Wachstumsförderung durch eine in der interkalaren Blatt-Zuwachszone eintretende intensivere Zellteilung.

2. Die Dikotyledonen zeigen im Gegensatz dazu unter geringem Sauerstoff-Druck vor allem beschleunigtes Stengelwachstum, doch rührt dieses nicht von stärkerer Zellteilung her.

3. Alle Versuchsobjekte zeichnen sich durch weitgehende Entfaltung der vorhandenen Blattflächen und zum Teil durch dichtere Behaarung an Stengel und Blatt gegenüber den Kontrollpflanzen aus.

4. Wachstumsbeschleunigung, sei es an Blatt oder Stengel, sowie stärkere Entfaltung sind aufzufassen als eine durch Sauerstoffhunger hervorgerufene pathologische Erscheinung, die auf eine Vergrösserung der am Atmungsprozess beteiligten Oberfläche der Pflanze und damit auf eine Milderung des Sauerstoffmangels hinzielt.

TABELLEN.

Tabelle 1. Panicum miliaceum.

Nr.	Datum	50	100	150	200	Kontr.-Pfl.	Norm Luft-dr.	Bemerkungen
1.	6. IX. 21.			0		0	755	Anges. 5.IX.21 Nm. 6h
	7.IX. 11h Vm.			0		0		Abgebr. 9.IX. Vm. 8.30
	" 4,30 Nm.			3		0		Merkel-Fixage.
	8.IX. 11h Vm.			4		0		5 Pfl.
	" 5h Nm.			5		1		
	9.IX. 8,30h Vm.			5		4		

Nr.	Datum	50	100	150	200	Kon-tr.-Pfl.	Norm Luft -dr.	Bemerkungen
2.	13.IX. 9,30h Vm. 14.IX. 11,30 Vm. 15.IX. 1,30 Nm. 16.IX. 9 Vm.			0 2 3 3		0 0 0 3	748	Anges. 12.IX. Vm. Abgebr. 16.IX. 9h Vm. 5 Pfl.; 25 - 26 mm lang. Bei Kontrollpfl am 16. 1. Blatt nur sehr wenig durch.
3.	19.V. 22. 4h Nm. 20. 10,30 h Vm. 21. 10h Vm.			0 7 8		0 3 8	762	Anfg. 19.V.22. Vm. Abgebr. 21.V. 10h Vm. Die 8 Pflanzen zerfielen in 5 je 15 mm, 3 je 12 mm
4.	23. V. 9,30 Vm. 23. V. 6,30 Nm. 24. V. 9,15 Vm. 24. V.12 Mittags		1 2 3 4	1 3 3 3	3 7 7 7	3 4 6 6	758	Anges. 22.V.22 6h Nm. Abgebr. 24.V. 12 Mitt. 7 Pfl., 20 mm lang.
5.	25.V. 8,30 Vm. 25.V. 7h Nm.	3 6		3 7	7 7	6 7	757	Anges. 24.V.22 Ch Nm. Abgebr. 25.V. 7h Nm. Bei 200 (t=20°u. Nm. 12°) und Kontrollpfl. (Vm. 20,5, Nm. 22,5°) Thermometer. - Bei Kontrollpfl. wurde übersehen, dass bereits b. Ansetz. d. Vers. 1 Blatt durchgebrochen war. - Am 25 war das Hg. ca 4 - 5 cm gefallen, es wurde nachgepumpt. - 7 Pfl. 20 mm lang.

Tabelle 2. Panicum miliaceum.

6.	28.V. 5h Nm.	t21,4 t18,6 4 t19,2 5 t19,5 7		t21,3 t18,5 3 t19,6 4 t19,9 8	760		Anges. 28.V.22 5h Nm. Abgebr. 30.V. 5,30 Nm. 8 Pfl., 13 mm lang
7.	26.V. 4,14 Nm. 27.V. 8,30 Vm. 27.V. 6,15 Nm. 28.V. 8,45 Vm.		0 3 3 3	0 3 4 4.	758		Anges. 26.V.21. 10,30 Vm. Abgebr. 23.V. 8,45 Vm. 4 Pfl., 16 - 17 mm lang.
8.	20.VIII. 11h Vm.	0 5 14 14		0 0 3 10	759		Anges. 19.VIII.21. 6h Nm. Abgebr. 23.VIII. 10,30 Vm. 14 Pfl.; 8 mm lang Wurzeln bei Kontrollpfl. länger als 150 mm. Glasplatten!

Nr.	Datum	50	100	150	200	Kontr.-Pfl.	Norm Luft-dr.	Bemerkungen
9.	18.VIII. 9h Vm. 18.VIII. 4,45h Nm.		3 11	4 14		0 5	759	Anges. 17.VIII.21. Abgebr. 18.VIII.4,45 Nm. 14 Pfl., 8 mm lang; Sand!
10.	13.VIII. 15.VIII,	Kein Unterschied zwischen Kontrollpfl. u. Versuchspfl. weder in Behaarung noch Blattlänge.	15	14+)		15	742	Anges. 12.VIII.21.5,30Nm. Abgebr.15.VIII. 2h Nm. 15 Pfl.; 26 mm lang. Sand! Vorher 5,5h in Wasserst. +) 1 Pfl. verkümmert

Tabelle 3. Panicum miliaceum.

	Nr.	50	100	150	200	Kontr-pfl.	Bemerkungen
Stengellänge (Hypokotyl). D. Zahlen d. obersten Horizontalreihe (50-200) geben d. Drucke in mm Hg an, bezogen auf den jeweiligen Barometerstand.	1			17,8		37,2	86h.5Pfl.,25-26mm lg.
	2			28,9		46,3	96h.8Pfl.,12-15mm lg.
	3			12,0		13,3	48h.7Pfl.,20 mm lang.
	4		15,7	14,0	18,6	20,6	42h.7Pfl.,20mm lang.
	5	14,4		14,4	18,4	19,5	25h.8Pfl.,13 mm lang.
	6			10,3		18,9	48h.4Pfl.,16-17mm lg.
	7					27,4	46 Stunden.
Koleoptile.	1			-		-	In Versuch 1-4 ist stets nur d. Koleoptile + Blatt gemessen worden.
	2			-		-	
	3			-		-	
	4			-		-	
	5	7,6		7,6	7,7	8,2	
	6			6,9		7,1	
	7				8,1	7,6	

Tabelle 4. Panicum miliaceum.

Länge des ersten Blattes.	1			5,8		2,8	Bei 7, 7,0 ist der Wert eines Exempl. nicht inbegr., Samen nicht hell, sond. braun gestreift.
	2			4,4		2,1	
	3			5,6		4,4	
	4		1,9	2,0	5,6	3,3	
	5	3,1		3,7	7,1	6,6	
	6			3,7		4,9	
	7				7,0 (5,3)	5,7	
Wurzellänge.	1			80,7		83,0	
	2			-		-	
	3			-		-	
	4		65,8	63,7	80,1	75,3	
	5	42,3		47,9	64,0	58,2	
	6			56,8		81,8	
	7				(57,4) 62,2	57,0	s. oben.

Alle Masse sind in mm angegeben; die Werte sind Mittelwerte.

Tabelle 5. Panicum miliaceum.

Nr.	Pflanzenteil.	1	2	3	4	5	6	7	8	Mittelwert
1,2.	Beim 1. und 2. Versuch wurden keine Messungen notiert.									
150 mm.										
3.	Hypokotyl	13	13,5	10	11,5	12,5	14,5	13	8	12,0
	Blatt	4,5	7	6,5	4,5	5	6	5,5	5,5	5,6
Kontrollpflanzen.										
	Hypokotyl	14	15	(3)	12	10	13	15	14	13,3
	Blatt	5	4	(4)	3,5	4	3	7	4	4,4
100 mm.										
4.	Hypokotyl	20	14,5	16,5	18,5	15	12	13,5		15,7
	Blatt	0	0	0	2	2	5	4		1,9
	Wurzel	65	65	58	69	56,5	74	73		65,8
150 mm.										
	Hypokotyl	11,5	13	15,5	15	15	13,5	14,5		14
	Blatt	0	0	5	4	5	0	0		2
	Wurzel	59	63	65	70	52	68	69		63,7
200 mm.										
	Hypokotyl	18	18	20	17	17	20	20		18,6
	Blatt	6,5	6,5	4,5	5	4	7	6		5,6
	Wurzel	75	69	64	89	73	92	99		80,1
Kontrollpflanzen.										
	Hypokotyl	19	20	19,5	23,5	21	23	18,5		20,6
	Blatt	4,5	3	0	3,5	6	4	2		3,3
	Wurzel	69	72	86	67	87	71	-		75,3
50 mm.										
5.	Hypokotyl	13,5	15,5	15,5	17	13	12	14		14,4
	Coleoptile	7,5	7,5	8	8	7,5	7	8		7,6
	Blatt	5,5	3	3	3	5	2,5	0		3,1
	Wurzel	41	47,5	42,4	42	47	35	41		42,3
150 mm.										
	Hypokotyl	14,5	16	13,5	14	12	15,5	15		14,4
	Coleoptile	7	7	7,5	7,5	8	7	7,5		7,4
	Blatt	3,5	1,5	4,5	4	5	4,5	3		3,7
	Wurzel	38	54	52	42	52	50	47		47,9
200 mm.										
	Hypokotyl	17	18	15	22	21	21	15		18,4
	Coleoptile	8	7	7	7,5	9	7,5	8		7,7
	Blatt	9	6	8	6	6,5	5	9		7,1
	Wurzel	65	62	66	68	73	62	53		64
Kontrollpflanzen.										
	Hypokotyl	21,5	18,5	17	21	22	18	18,5		19,5
	Coleoptile	8	8	8,5	7	9	9	8		8,2
	Blatt	8	7,5	7	5,5	3	6	9		6,6
	Wurzel	55	58	64	59	53	60	(34±)		58,2

Die Striche unter den Zahlen geben die fixierten Pflanzenteile an. - ±) Wurzelspitze an eines der Hölzchen an den Glasplatten gestossen und im Wachstum zurückgeblieben.

Tabelle 6. Panicum miliaceum.

Nr.	Pflanzenteil.	1	2	3	4	5	6	7	8	Mittelwert
150 mm.										
C.	Hypokotyl	8,5	10,5	8,5	10,5	13,5	7,5	11	9,5	10,3
	Coleoptile	7	7,5	7	6	7,5	7	7	6,5	6,9
	Blatt	6,5	0	6	2,5	2,5	3,5	4	4,5	3,7
	Wurzel	68,5	55	62	54	55	+	45	58	56,8
Kontrollpflanzen.										
	Hypokotyl	20	16	18	17	19,5	19,5	23,5	18	18,9
	Coleoptile	7,5	8	7	6,5	6,5	7,5	7	7	7,1
	Blatt	6	5,5	4	4,5	5,5	5	3	6	4,9
	Wurzel	73	86	77	67	82	95	77	91,5	81,8
200 mm.										
7.	Hypokotyl	23	22	27	20					23
	Coleoptile	8	8	8,5	8					8,1
	Blatt	8	6	7	0					7
	Wurzel	60	68	59	44±					62,3
Kontrollpflanzen.										
	Hypokotyl	27	27,5	28,5	26,5					27,4
	Coleoptile	8	8	7	7,5					7,6
	Blatt	6,5	5	5,5	6,5					5,7
	Wurzel	(42)§	54	55	61					57

+ Die Wurzel war etwa nur 3 mm lang; bei Aufstellung des Mittels wurde 6 nicht berücksichtigt. - ± cf. Anm. Tab. 4 bei nr. 7. - § Wurzel an ein Hölzchen angestossen und verkümmert.

Tabelle 7. Phalaris canariensis.

Nr.	Datum	100	150	200	250	300	Kontr.-pfl.	norm Luftdruck	? gelüft.	Bemerkungen
1	9.V.21.	0 9 12	4 12 12	2 12 12			0 11 12	751		Anges.8.V.21 Abgebr.11.V.21 Sand! Optimale wirkung bei 150 mm.
2	4.IX.12,30h Nm.		7 11		8 11		0 7	757		Anges.3.IX.21 4h Nm., Abgebr. 5.IX. Nm.-11 Pfl. 20 mm lang. - Glasplatten!
3.	6.VII. 9h Vm. 6.VII. 2,30 Nm. 7.VII. 11h Vm. 7.VII. 3,30h Nm.			t=23,4 1 t=25° 4 t=23,4 9 t=22,2 10		1 2 5 5	t=23,6 1 t=25,5 2 t=23,3 7 t=22° 9	754	 abg. gel. gel.	Anges. 5.VII.22. 2,30 Nm. Abgebr. 9.VII. 10,30 Vm. 11 Pfl., 25 mm lang u. 5 Tg. alt. Hypokotyl oft nur wenig sichtbar, aber

Nr.	Datum	100	150	200	250	300	Kontr.-pfl.	norm Luft druck	? gelüft.	Bemerkungen
	8.VII. 9,45 h Vm. 9.VII. 10,30 h Vm			t=19,8 11 t=20,8 11		10 10	t=20 10 t=21,3 11			am Knoten Würzelchen, bes. bei 200 mm.
4.	25.VII. 1 h Nm. 25.VII. 5 h Nm. 26.VII. 2 h Nm.			9 12 13			5 7 8	746	gel.	Anges. 24.VII.22 1,30 Nm; abgebr. 26.VII. 2h Vm.- 13 Pfl., 32 - 37 mm lang.
5.	26.VII. 10,30 Vm. 26.VII. 5,30 Nm. 27.VII. 10,30 Vm. 27.VII. 5,30 Nm. 28.VII. 9,30 Vm. 28.VII. 5,30 Nm.			0 0 4 5 10 10			0 0 0 2 8 9	753	gel.	Anges. 26.VII.22. 2,30 Vm.; abgebr. 28.VII, 5,30 Nm. 10 Pfl. 20 mm. Hier ist der Würzelchenansatz bes. bei d. Kontrollpfl. zu bemerken.
6.	31.VII. 10,45 Vm. 31.VII. 5 h Nm. 1.VIII. 10h Vm. 1.VIII. 7,15 Nm.			0 3 8 8			0 1 8 8	757	gel.	Anges. 30.VII.22. 4h Nm.; abgebr.1. VIII. 7,15 Nm. 8 Pfl.; 20-22 mm lang.

Tabelle 8. Phalaris canariensis.

Nr.	Pflanz. teil.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Mittelwert
200 mm.															
4.	Blatt	10	7	14	33	15	18	13	23	15	7	15	21	11	15,5
Kontrollpflanzen.															
	Blatt	6	23	0	0	25	11	31	0	10	0	18	1	8	10,2
200 mm.															
5.	Wurzel	91	85	10+	102	88	85	104	93	90	82				91,1
	Hypokot.	0,5	0	3,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0				0,5
	Coleopt.	44	39	43	42	43	36	39	41	41	39				40,7
	Blatt	17	32	14	26	36	33	18	18	12	32				23,8
Kontrollpflanzen.															
	Wurzel	108	77	99	92	87	104	110	100	60	77				91,4
	Hypokot.	3,5	1	3	3	4	6	6	3	2	5				3,7
	Coleopt.	42	48	46	40	43	45	45	42	42	44				43,7
	Blatt	19	16	11	14	9	19	18	0	17	3				12,6
200 mm.															
6.	Wurzel	83	56	88	100	88	100	93	87						87
	Hypokot.	0	0	0	0	0	0	0	0						0
	Coleopt.	40	39	35	36	36	32	41	31						36,3
	Blatt	27	19	22	30	25	30	24	27						25,5

Nr.	Pflanz. teil.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Mittel wert
6 cont.	*Kontrollpflanzen.*														
	Wurzel	83	88	88	64	70	50	58	54						72
	Hypokot.	0	0	0	0	0	1	0	0						0,125
	Coleopt.	36	37	40	35	38	40	34	38						37,3
	Blatt	26	17	14	15	11	10	21	21						17

Tabelle 9. Hordeum.

Nr.	Datum	150	200	250	Kontr.-pffl.	-Normal. Luftdr.	Bemerkungen
1.	29.VIII.2,30Nm 30.VIII.10,15V. 31.VIII.7h Vm.	3 3 3	3 3 3		2 3 3	757	Anges. 28.VIII.22, 3,15 Nm. Abgebr. 31.VIII. 7 Vm. 3 Pfl.; 25-28 mm lang. 3 Tg. alt. Am 30. bie 150 u. 200 mm bereits grosser Unterschied gegenüber d. Kontr. bezügl. Blattlänge.
2.	1.IX. 10h Vm 2.IX. 9h Vm.	8 8		8 8	6 8	751	Anges. 31.VIII.22. 5,30 Nm. Abgebr. 2.IX.22 9h Vm.- 8 Pfl., 25-30 mm lang.
3.	4.IX. 10h Vm. 4.IX. 8,30 Nm. 5.IX. 2,15 Nm. 6.IX. 2,30 Nm.	5 5 5 5			3 4 5 5	751	Anges. 3.IX.22 6,30 Nm. Abgebr. 6.IX. 2,30 Nm. 5 Pfl., 30-35 mm lang. - Am 4.IX. Vm. gelüftet.

Tabelle 10. Hordeum.

Nr.	Pfl.-Teil	1	2	3	4	5	6	7	8	Mittelw.	Bemerkungen
150 mm.											
1.	Blatt	67	79	61						69	Wurzeln wurden nicht gemessen, da an jedem Keimling eine grosse Zahl vorhanden.
	Coleopt.	35	34	30						33	
200 mm.											
	Blatt	71	64	47						61	
	Coleopt.	38	34	33						35	
Kontrollpflanzen.											
	Blatt	53	21	40						38	
	Coleopt.	32	30	33						32	
150 mm.											
2.	Blatt	36	37	31	28	36	30	36	33	33	
	Coleopt.	32	36	31	31	30	28	33	31	31,5	
250 mm.											
	Blatt	38	31	35	29	38	47	37	36	36	
	Coleopt.	34	25	27	30	30	35	32	40	31,6	
Kontrollpflanzen.											
	Blatt	22+	27	31	11	25	15	43	34	28	+Blatt an der Spitze angekränkelt
	Coleopt.	33	30	33	32	35	28	33	31	31,9	

Nr.	Pfl.-Teil	1	2	3	4	5	6	7	8	Mittelw.	Bemerkungen
150 mm.											
3.	Blatt	53	77	70	65	41				61	
	Coleopt.	34	37	31	37	31				34	
Kontrollpflanzen.											
	Blatt	73.	72	45	34	51				55	
	Coleopt.	38	40	43	41	34				39	

Tabelle 11. Lens esculenta.

Nr	Pfl.-Teil.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert	Norm. Luft Druck	Bemerk.
200 mm.													751	Anges. 28. Vi. 22 3h Nm., abgebr. 30. Vi. 2,45 Nm. – 9 Pfl., 50 mm lg. Wurzeln. Stengel gleich. Am 29. Nm. gelüftet. + an Spitze krank.
1.	Wurzel	90	63	70	76	78	83	65+	71	85		77		
	Stengel	32	42	23	40	37	31	26	33	34		34		
300 mm.														
	Wurzel	75	64	64	80	89	87	64	72	79		75		
	Stengel	18	14	15	16	14	30	11	19	19		17,3		
Kontrollpflanzen.														
	Wurzel	67	82	83	80	81	99	87	92	96		85,2		
	Stengel	20	31	8	17	17	22	25	11	23		19,3		
200 mm.														
2.	Stengel a	20	23	26	24	20	21	30	19	21	20	22,4		Anges. 2. VII 3,30 Nm; abgebr. 5. VII 12,30 Nm. 10 Pfl. Stengel 5 mm lg. Stengelst. a vom Samen bis 1. Niederbl., b von dort b. Spitze.
	Stengel b	14	21	14	8	16	22	16	20	27	9	16,7		
												39,1		
Kontrollpflanzen I.														
	Stengel a	13	12	12	17	12	14	14	12	13	13	13,2		
	Stengel b	18	9	5	12	20	15	10	16	6	6	11,7		
												24,9		
Kontrollpflanzen II.														
	Stengel a	14	20	18	14	14	12	12	20	16	15	15,7		
	Stengel b	4	7	13	4	14	22	9	12	15	6	10,6		
												26,3		
200 mm.														
3.	Stengel a	22	20	18	16	37	15	32				23		Anges. 9. VII 11h Vm, abgebr. 13. Vii 22, Nm. 5h. 7 Pfl. 25 mm lg. Steng. Teil b vom 1-2 Niederblatt.
	Stengel b	33	30	31	40	37	26	38				33,6		
	Stengel c	17	45	25	27	13	66	33				32		
												88,6		
Kontrollpflanzen.														
	Stengel a	16	14	17	34	18	17	13				18,4		
	Stengel b	17	17	26	40	20	39	22				26		
	Stengel c	37	36	34	--	40	23	32				29		
												73,4		

Tabelle 12. Sinapis alba.

Nr.	Pfl.-Teil	1	2	3	4	5	6	7	8	Mitt. wert	Norm. Luft druck	Bemerkungen.
200 mm.												
1.	Wurzel	81	95	86	55+	69+	93	106	-+	92	758	Anges. 26.V.22.10, 30 Vm; abgebr. 28. V. 8,45 Vm. 8 Pfl. 17 mm lg. - + krank; § am Holz angestossen.
	Stengel	35,5	45	39,5	47	44	40	46	36	41,2		
Kontrollpflanzen.												
	Wurzel	82	50§	64	78	108	74	98	60	80,6		
	Stengel	35	43	25,5	33,5	36	36	29	40	33,6		
350 mm.												
2.	Wurzel	61	127	68	72	108	85	102		89	752	Anges. 15.VI.22 9h Nm; Abgebr. 16.VI. 5,30 Nm. 7 Pfl. 20 mm lang. - + krank und verkrüppelt
	Stengel	30	36	36	34	29	33	35		33,3		
Kontrollpflanzen.												
	Wurzel	86	82	100	40+	71	80	46+		84		
	Stengel	29	26	27	28	25	24	37		26,2		
250 mm.												
3.	Stengel	38	34	35	51	35	44	33		39	759	Anges. 7.IX.22 2h Vm; Abgebr. 9.IX. 7h Vm. 7 Pfl. 4 = 12, 3= 20 mm lang
Kontrollpflanzen.												
	Stengel	28	32	18	22	22	21	20		23		

Unterstrichene Zahlen = fixierte Objekte.

Tabelle 13 a. Panicum miliaceum.

Nr.	Stengel	Coleoptile	Blatt	Wurzel	Bemerkungen
1	1 : 0,48	-	1 : 2,1	1 : 0,97	Bei d. Aufstellg. d. Verh. Kontr.: Versuchspfl. sind d. f. erstere sich erg. Werte = 1 gesetzt worden.
2	1 : 0,62	-	1 : 2,1	-	
3	1 : 0,90	-	1 : 1,3	-	
4	1 : 0,90	-	1 : 1,7	1 : 1,06	
5	1 : 0,94	1 : 0,94	1 : 1,1	1 : 1,10	
6	1 : 0,54	1 : 0,97	1 : 0,8	1 : 0,70	
7	1 : 0,84	1 : 1,06	1 : 1,2	1 : 1,10	
Mittelw.	1 : 0,75	1 : 0,99	1 : 1,5	1 : 0,99	

Tabelle 13 b. Phalaris canariensis.

4	-	-	1 : 1,5	-	
5	1 : 0,14	1 : 0,93	1 : 1,9	1 : 1	
6	1 : 1	1 : 0,97	1 : 1,5	1 : 1,2	
Mittelw.	1 : 0,57	1 : 0,95	1 : 1,63	1 : 1,1	

Tabelle 14.

Nr.	Hordeum		Lens	Sinapis	
	Coleoptile	Blatt	Stengel	Stengel	Wurzel
1	1 : 1	1 : 1,8	1 : 1,76	1 : 1,23	1 : 1,14
2	1 1	1 : 1,3	1 : 1,60	1 : 1,3	1 : 1,06
3	1 0,9	1 : 1,1	1 : 1,20	1 : 1,7	-
Mittelw.	1 : 0,97	1 : 1,4	1 : 1,52	1 : 1,41	1 : 1,1

Vers. nr.	1		2		3		4		5		Bemerkungen
Schnitt nr.	Kontr pfl.	Vers. pfl. 100mm	Kontr pfl.	Vers. pfl. 150mm	Kontr pfl.	Vers pfl. 150mm	Kontr pfl.	Vers. pfl. 150mm	Kontr pfl.	Vers. pfl. 150mm	
1	12	66	3	11	5	28	5	7	3	20	Versuche 2-4 aus
2	13	58	4	15	6	19	6	7	3	16	d. Schicht d. Me-
3	6	59	4	15	8	25	6	8	3	19	dianschnittes 3
4	6	44	10	19	4	22	3	11	11	19	genommen.-Bei Vers
5	4	65			4	36	7	11	6	20	1 liegen d. Schn.
6									12	21	mehr tangential.
7									10	19	Bei Vers.5 wurde
8									7	21	von tangent. Schn.
9									6	23	ausgegangen, bis
10									14	22	an Medianschn.
11									11	16	heran & noch 2
12									19	16	Schnitte weiter.
13									21	20	
Sa.	41	292	21	60	27	130	27	44	126	252	Bei Aufstellung
Mittel	8,02	58,4	5,25	15,0	5,4	26,0	5,4	8,8	9,7	19,3	d. Verh. ist d.
Verh.	1 : 7		1 : 3		1 : 5		1 : 1,6		1 : 2		Zahl d. Kontr. pfl.=1 gesetzt u. dann Kontr.pfl.: Versuchspfl. gebildet worden.

Tabelle 16. Panicum miliaceum.

Versuchspfl. bei 150 mm. Medianschn. Die beiden äussersten Durchschn. durch das 1. Blatt von der Ansatzstelle 1 mm aufwärts untersucht. 5 μ.

	Kontrollpflanze.					Versuchspflanze				
Nr.	Proph.	Metaph.	Anaph.	Telep.	Sa.	Proph.	Metap.	Anaph.	Telep.	Summa
1	2	5		3	10	10	5	1	10	26
2	3	4		5	12	14	9	2	9	34
3	4	4		4	12	13	6	3	12	34
4	4	7	1	4	16	6	7	2	9	24
					Sa. 50					Sa. 118
	Mittelwert: 12,5				1 : 2,4	Mittelwert: 29,5				
1	4			1	5	8	3	1	4	16
2	3	1			4	6	3	2	1	12
3	3			2	5	4	2		3	9
4	6			2	8	6	2	3	6	17
5	3	1		2	6	5	6		1	12
6	2	1			3	6	3		3	12
					Sa. 31					Sa. 78
	Mittelwert: 5,1				1 : 2,5	Mittelwert: 13				

Von medianen Schnitten nach aussen zu. 1 mm. 5 μ. Versuchspfl. bei 200 mm.

1	9	1		5	15	13	3	2	3	21
2	10	2		3	15	8	2	1	3	14
3	8		1	7	16	3	8		1	12
					Sa. 46					Sa. 47
	Mittelwert: 15,3					Mittelwert: 16.				

Vom Medianschnitt nach aussen zu. 1,5 mm. 5 μ. Versuchspflanze bei 200 mm

Tabelle 17. Phalaris canariensis.

Kontrollpflanze.						Versuchspflanze				
Nr.	Proph.	Metaph.	Anaph.	Telep.	Sa.	Proph.	Metap.	Anaph.	Telep.	Summa
1	66	30	7	7	110	114	12	9	13	148
2	78	20	8	7	113	85	21	16	18	140
	Mittelwert: 112				Sa 223	Mittelwert: 144.				Sa288

1 : 1,2

Die Reihenfolge der Untersuchungen entspricht der der Versuche in Tabelle 8, also 1. entspr. 4 u.s.w.- Der untersuchte Streifen hatte die Breite des Gesichtsfeldes. 1 mm weit untersucht.

1	58	15	1	13	87	73	16	5	27	121
2	69	8	1	9	87	81	22	6	23	132
3	63	17	1	11	92	61	18	9	13	101
	Mittelwert: 89				Sa.266	Mittelwert: 118				Sa 354

1 : 1,33

Es wurden 3 tangentiale Schnitte untersucht; der Vegetationspunkt erschien in Schnitt nr. 7 auf dem Bild. - 5 µ. - Untersuchte Strecke 1 mm.

1 (9)	41	13	6	7	67	46	11	3	6	66
2 (10)	37	9	7	11	64	50	12	3	12	77
3 (11)	32	11	4	10	57	61	11		15	87
4 (12)	30	4	2	4	40	50	12		11	73
	Mittelwert: 57				Sa.228	Mittelwert: 76				Sa.303

1 : 1,33

Vom 3., den Veg.-Punkt enthaltenden Schnitt an untersucht. Die Zahlen in Klammern geben die obiger Tabelle entsprechenden fortlaufenden Schnittnummern.

Tabelle 18. Phalaris canariensis.

1	30	15	3	14	62	32	12	1	13	58
2	24	17		21	62	34	14	1	21	70
3	29	11	1	15	56	30	15	2	24	71
	Mittelwert: 60				Sa180	Mittelwert: 66				Sa.199

1 : 1,1

Schnitte durch den Vegetationspunkt untersucht. 5 µ. Untersuchte Strecke 1 mm

1	46	9	3	18	76	47	21	2	17	87
2	40	10		23	73	45	15	2	11	73
3	42	14		10	66	43	19	2	17	81
	Mittelwert: 72				Sa.215	Mittelwert: 80				Sa.241

1 : 1,1

Auch eine Untersuchung mehr tangentialer Schnitt, bei 2 erschien der Vegetationspunkt gerade im Bild, ergibt das gleiche Resultat.

1	20	12		7	39	26	10	2	5	43
2	14	8		3	25	32	8	3	11	54
3	22	7	1	3	33	27	9	1	12	49
4	18	7	1	2	28	37	13	1	10	61
5	20	2	2	7	31	27	12	1	2	42
6	12	7	1	4	24	25	5	3	6	39
	Mittelwert: 30				Sa.180	Mittelwert: 48				Sa.288

1 : 1,6.

Vom 6. Schnitt durch d. Veg.-Punkt incl. wurde untersucht u. zwar nur die eine Seite des getroffenen Blattes in Länge von 1 mm. - 5 µ.

Tabelle 19. Hordeum.

	Kontrollpflanze.					Versuchspflanze				
Nr.	Proph.	Metaph.	Anaph.	Telep.	Sa.	Proph.	Metap.	Anaph.	Telep.	Summa
1	3	3	1	2	9	16	25		2	43
2	8	8	1	1	18	11	15		1	27
3	3	3	3	3	12	12	23		2	37
4	5	10	1	1	17	7	25			32
5	5	12	3	2	22	9	24		1	34
6	5	15			20	10	18		2	30
	Mittelwert: 16,2				Sa. 98	Mittelwert: 34				Sa. 203

1 : 2

Gebiet des Veg.-Punkts vom 6. Schnitt durch denselben ab untersucht. 10 μ. - Zahl der Schnitte durch den Veg.-Punkt bei Kontrollpfl. = 27, bei Versuchspfl. = 25. Untersuchte Strecke 1 mm. - Auch hier ist die Reihenfolge der Tab. 10 eingehalten.

1	18	16	1		35	22	24	5	5	56
2	5	17	2	2	26	17	21	9	4	51
3	6	8		3	17	30	17	4	6	57
4	7	9	1	2	19	19	16		5	40
	Mittelwert: 24				Sa. 97	Mittelwert: 51				Sa. 204

1 : 2.

Tangentiale Schnitte nahe der Zone des Vegetationspunktes untersucht. 10 μ. Untersuchte Strecke 1 mm.

Tabelle 20. Hordeum.

1	1	1			2	4	4	2	2	12
2	1	2			3	5	7	1	2	15
3		6		1	7	5	2		1	8
4	4	5			9	5	3	4	2	14
	Mittelwert: 5,2				Sa. 21	Mittelwert: 15,5				Sa. 49

1 : 2,2

Gebiet des Veget.-Punktes. Nur die eine Seite des getroffenen Blattes in Länge von 1 mm geprüft. 5 μ. - Bei den Kontrollpfl. wurde noch ein 5. Schnitt untersucht, da ein ev. Steigen der Zahl der Teilungsstadien möglich, Ergebnis für nr. 5 = 8 Teilungen.

Tabelle 21, 22. Lens esculenta.

1					0					0
2					0	1				1
3				1	1		1			1
4	1				1	1				1
5	2		1		3	2			1	3
6	1				1	3	2	2		7
7	2	1	1		3	3		1		4
8	4	2			6	1				1
9	1	1			3	4				4
10		4			4	1.	2	1		4
11	4		1		5	1	2		1	4
12	6				6	3	1			4
13	4	2	2		8	2	1			3
14	6				6	3	2			5
15	6				7	5	1		1	7

	Kontrollpflanze.					Versuchspflanze				
Nr.	Proph.	Metaph.	Anaph.	Telep.	Sa.	Proph.	Metap.	Anaph.	Telep.	Summa
16	7	1	1		9	3				3
17	5		1	1	7	7	1			8
18	5			1	6	6	1			7
19	4				4	5	2	1	1	9
20	3	1			4	2	2			4
21	3	1	1		5	3				3
22	4		1	1	6	9		1		10
23	2	1		1	4	2	1	1		4
24	5		1	1	7	1		1		2
25	1	3	1		5	3	1			4
26		2		1	3	3	2			5
27	3				3	1	3			4
28	2	2	1		5	2	1			3
29	Schnitt zusammengeschoben					4		1		5
										Sa, 120
30	2	1			3					
31		1			1					
32		1			1					
33	1				1					
34	4	1			5					
35	1	1			2					
36					0					
	Mittelwert: 4.				Sa. 135	Mittelwert: 4. 4 : 4 = 1 : 1.				

Bei den Versuchspflanzen fehlten zum Schluss einige Schnitte beim Präparat.

Tabelle 23, 24. Lens esculenta.

1					0					0
2	1				1	1				1
3			1		1	5	1	1		7
4	1	1			2	4	1	2		7
5	1				1	5				5
6	4	1			5	4		1	1	6
7	3	1			4	4	2	1		7
8	3				3	5	1		1	7
9	4	1			5	2	1	2		5
10	5	2	1		8	3	2	2		7
11	3	3			6	1	2	1		4
12	4				4	1	4			5
13	6				6	3	2			5
14	5				5	3				3
15	5				5	1	2	1		4
16	4	4	1		9	3	4	2	2	11
17	Schnitt faltig				–	1	3	1		5
18	Schnitt faltig				–	3	1	2		6
19	2	1			3	2	4	2		8
20	Schnitt gefaltet				–	1	4	2		7
21	5	2	2		9	3	1			4
22	7	2			9	2	2	2		6
23	3	4			7	4	5			9
24	3	4	1		8	3	1	3		7
25	3	2			5	3	1	1		5
26	4	1			5	3	4	3		10
27	1	3			4	2	2	2		6
28					0	4	4			8
					Sa. 115					

	Kontrollpflanze.					Versuchspflanze				
Nr.	Proph.	Metaph.	Anaph.	Telep.	Sa.	Proph.	Metap.	Anaph.	Telep.	Summa
29						6	1	2		10
30						5		2		7
31						2				2
32						1		2		3
33						2	1	1		4
34						1	1		1	3
35						3				3
	Mittelwert: 4,6				Sa. 115		Mittelwert: 5,5			Sa. 197

4,6 : 5,5 = 1 : 1,2

Tabelle 25 u. 26. Lens esculenta.

1	1	2			3					0
2		1			1		1			1
3	1	2	2		5	2				2
4	1	2	2		5	1	1			2
5	4			2	6	1				1
6	4	2		1	7	6	1		1	8
7	4			1	5	7				7
8	3	2		1	6	5	4		1	10
9	5	2			7	7	4			11
10	5	4	1		10	6	3	1		10
11	6	2	1		9	2		3	1	6
12	5		1		6	1				1
13					0	3	1			4
14	4	3	1		8	4	2			6
15	4	2			6		2			2
16	3	3			6					0
17	4		1		5	5	1			6
18	5	1			6	3	1			4
19	4	3			7	4	2			6
20	9	1	1		11	2	1			3
21	3	1			4	4				4
22	3				3	2	2		1	5
23	5				5	3				3
24	3				3	2			1	3
25	3				3	2				2
26	2	1			3		Mittelwert 4,3			Sa. 107
	Mittelwert 5,4				Sa. 140					

a. Kontrollpflanzen: Alle durch den Vegetationspunkt gelegten Schnitte untersucht. 5 µ. - Die Prüfung der dazugeörigen Versuchspflanzen stellte den gänzlichen Mangel von Teilungsstadien im Vegetationspunkt fest. Bei den letzten 24 Schnitten fanden sich einige an den getroffenen Blatteilen vor. - Material gut fixiert und gefärbt (rot und blau scharf in ihrem Tinktionsvermögen der einzelnen Zellteile geschieden). Also: 5,4 : 0.

b. Versuchspflanzen: Alle durch den Vegetationspunkt gelegten Schnitte sind gezählt worden. Bei den ersten 5 Schnitten waren die Pro phasestadien bes. schlecht zu erkennen. - 5 µ. - Die Prüfung der Kontrollpflanzen gab nicht ein einziges Teilungsstadium in 31 gut fixierten und gefärbten Schnitten. Also: 0 : 4,3.

Tabelle 27 a. Lens esculenta. Kontrollpflanze.

	Kontrollpflanze.					Versuchspflanze				
Nr.	Proph.	Metaph.	Anaph.	Telep.	Sa.	Proph.	Metap.	Anaph.	Telep.	Summa
1	1				1					
2	1	1			2					
3	5				5					
4	1	3			4					
5	3	1			4					
6	5	1	1	1	8					
	Mittelwert : 4.				Sa.24					

Die ersten 6 Schnitte durch den Vegetationspunkt sind untersucht. 5 μ. - Bei den Versuchspflanzen nicht eine Teilung zu finden. Also: 4 : 0.

Tabelle 27 b. Lens esculenta. Stengel.

1	9	7			16	7	7	1		15
2	9	6	1		16	7	6	5	1	19
3	7	4	1		12	4	4	1	1	10
4	5	9	1		15	8	4	1		13
5	9	5	3		17	6	5	2		13
6	10	4			14	8	3	4	1	16
	Mittelwert: 15.				Sa. 90	Mittelwert: 14,3				Sa.86
					1 : 1					

Vom 5. Schnitt durch den Vegetationspunkt an untersucht und zwar den Stengel vom Vegetationspunkt exclusive abwärts in einer Breite, die dem des Vegetationspunktes gleich war. Länge der untersuchten Strecke = 1 mm. - 5 μ.

Tabelle 28 a. Sinapis.

Alle Schnitte 1	1	2	12 12

Alle Schnitte durch den Vegetationspunkt untersucht. - Zahl der Schnitte : Kontrollpflanzen: 17; Versuchspflanzen: 14. - Rein schätzungsweise schienen die getroffenen Blätter von der Versuchspflanze in regerer Teilung zu sein als die der Kontrollpflanze.

Tabelle 28 b. Sinapis.

Alle Schnitte 1	9	10	0

Zahl der Schnitte: Kontrollpflanze:11; Versuchspflanze: 11. - 10 μ.

Tabelle 28 c. Sinapis.

Alle Schnitte 1	1	2	3 3

Zahl der Schnitte: Kontrollpfl. - 15; Versuchspfl. - 10; 10 μ.

Kontrollpflanzen: Summe aller Teilungsstadien 28 a - c = 14;
Versuchspflanzen " " " " " = 15; = ± 1 : 1.

LITERATUR-VERWEISE.

(1) WIELER, Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partialpressung des Sauerstoffs, in PFEFFER, Unters. Bot. Inst. Tübingen I, p. 189 - 192 und die dort angegebene Literatur. - (2) DÖBEREINER, Experiences sur la germination dans l'air condensé ou rarifié, in GILBERTs Annalen LXXII (1822). - (3) BERT, La pression barometrique, Recherches de physiologie éxpérimentale. Paris 1878. - (4) BERT, l.c. p. 583 ff. - (5) WIELER, l.c. p. 194. - (6) WIELER, l.c. p. 206 ff. - (7) WIELER, l.c. p. 225. - (8) WUND, Feststellung der Kardinalpunkte der Sauerstoff-Konzentration für Sporenkeimung und Sporenbildung etc. Diss. Marburg 1906. - (9) JENTYS, Über den Einfluss hoher Sauerstoffpressungen auf das Wachszum der Pflanzen, in Unters. Bot. Inst, Tübingen 1886-88, II, p. 455 - 456. - (10) JACCARD, Influence de la pression des gaz sur le developpement des végétaux in Rev. Gen. de Bot. I (1893). - (11) JACCARD, l.c. p. 290. - (12) JACCARD, l.c. p. 291. - (13) JACCARD, l.c. p. 354. - (14) JENTYS, l.c. p. 455. - (15) JACCARD, l.c. p. 383. - (16) WIELER, l.c. p. 214 ff. - (17) JACCARD, l.c. p. 298. - (18) WIELER, l.c. p. 203 und 215. - (19) LUNDEGARDH in COHNs Beitr. 1912. - (20) G. KARSTEN, Über embryonales Wachstum und seine Tagesperiode in Zeitschr. f. Bot. 1915, p. 6. - (21) WIELER, l.c. p. 226. - (22) STICH, die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffpressung und bei Verletzungen, in Flora 1891. - (23) WIELER, l.c. p. 225. - (24) PFEFFER, Pflanzenphysiologie, 2. ed. p. 167. - (25) WIELER, l.c. p. 220 - 223. - (26) SCHENK und GÜRBER, Physiologie des Menschen (1917) p. 51. - (27) JOST, Pflanzenphysiologie, 3. ed. (1913) p. 252.

Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Blattes auf Grund volumetrischer Messungen.

Von HERMANN BUDDE (Kiel).

I. EINLEITUNG.

Bei den nicht gerade zahlreichen Versuchen, die Grösse und die Grössenverhältnisse von Zellen und Zellbestandteilen zu bestimmen, beschränkte man sich meistens auf die am ebenen Schnittbild des Mikroskopes messbaren Flächen- und linearen Dimensionen. Da es sich aber um die Messung von Körpern handelt, wenn auch von solchen kleinster Ausdehnung, so sollten stets die räumlichen Masse bestimmt und berechnet werden. Flächen- und lineare Messungen werden häufig zu Fehlschlüssen führen, denn gleichen Flächen im Gesichtsfelde des Mikroskopes können Körper von sehr verschiedenen Volumina entsprechen. Ein Beispiel mag dies erläutern: Man denke sich nebeneinander Kugel, runde Scheibe, Rotationsellipsoid und Zylinder. Alle erscheinen uns als Kreisfläche, wenn die Ebene der runden Scheibe senkrecht zur Richtung der Sehstrahlen steht, und wenn die Axe des Rotationsellipsoides u. des Zylinders mit der Richtung der Sehstrahlen zusammenfällt. Sind nun die Kreisflächen inhaltsgleich, so ist man bei alleiniger Berücksichtigung des ebenen Bildes versucht, diesen verschiedenen Körpern ein gleiches Volumen zuzusprecehn. So führt Unkenntnis der Tiefendimensionen zu Fehlschlüssen. Auf wirklliche Verhältniss übergehend, sei an dem bekannten Bilde des Bonner Lehrbuches gezeigt, wie sich Volumen-, Flächen- und lineare Bestimmung unterscheiden (vergl. Tabellen 1 und 2 auf der folgenden Seite).

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: 1923

Band/Volume: 4

Autor(en)/Author(s): Heumann Martin

Artikel/Article: Ueber die Wachstumsbeschleunigung der Pflanzen bei vermindertem Sauerstoff - Druck . 413-443