Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XIII. Band. 1. März 1893. Nr. 4 u. 5.

Inhalt: **Keller**, Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie. — **Errera**, Ueber die Ursache einer physiologischen Fernwirkung. — **Weltner**, Bemerkungen über den Bau und die Entwicklung der Gemmulä der Spongilliden. — **Salensky**, Ueber die Entstehung der Metagenesis der Tunicaten. — **Braem**, Das Prinzip der organbildenden Keimbezirke und die entwicklungsmechanischen Studien von H. Driesch. — **Emery**, Intelligenz und Instinkt der Tiere. — **Zacharias**, Die mikroskopische Organismenwelt des Süßwassers in ihrer Beziehung zur Ernährung der Fische.

Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie.

Von Dr. **Robert Keller** in Winterthur.

Die Arbeiten, über welche im nachfolgenden referiert wird, gehören folgenden Gebieten an.

Energetik:

W. Pfeffer, Studien zur Energetik der Pflanze[1]).

Respiration und Assimilation:

M. E. Aubert, Recherches sur la respiration et l'assimilation des plantes grasses[2]).

Jumelle Henri, Recherches physiologiques sur les Lichens[3]).

Detmer, Beobachtungen über die normale Atmung der Pflanzen[4]).

Derselbe, Untersuchungen über die intramolekulare Atmung der Pflanzen[5]).

Lichtwirkungen auf den Pflanzenkörper:

A. Wagner, Zur Kenntnis des Blattbaues der Alpenpflanzen und dessen biologische Bedeutung[6]).

Géneau de Lamarlière, Recherches physiologiques sur les feuilles développées à l'ombre et au soleil[7]).

1) Abhandl. d. math.-phys. Klasse der k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, Bd. XVIII, S. 151—276, 1892.

2) Revue générale de Botanique, Tom. IV, 1892, Nr. 42—48.

3) Revue générale de Botanique, Tom. IV, 1892, Nr. 38—43.

4) Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch., Bd. X, S. 535—539.

5) Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch., Bd. X, S. 201—205.

6) Sitzungsber. d. kais. Akad. der Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Bd. CI, Abt. I, 1892, S. 1—62.

7) Revue générale de Botanique, 1892, Nr. 47 u. 48.

Oltmann, Ueber die photometrischen Bewegungen der Pflanzen[1]).
W. Rothert, Ueber die Fortpflanzung des heliotropischen Reizes[2]).

Orientierungstorsionen:

Schwendener und Krabbe, Untersuchungen über die Orientierungstorsionen der Blätter und Blüten[3]).

Pflanzliche Elektrizität:

O. Haacke, Ueber die Ursache der elektrischen Ströme in der Pflanze[4]).

Untersuchungen über mineralische Nährstoffe:

O. Löw, Ueber die physiologischen Funktionen der Kalium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus[5]).
C. Wehmer, Zur Frage der Entleerung absterbender Organe, insbesondere der Laubblätter[6]).

Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknen:

P. Bonnet, Note sur la Révivisecnce des plantules desséchées[7]).

Verhalten gegen Gifte:

E. Wütherich, Ueber die Einwirkung von Metallsalzen und Säuren auf die Keimfähigkeit der Sporen einiger parasitischer Pilze.

Adaption:

R. Hegler, Ueber den Einfluss von Zugkräften auf die Festigkeit und die Ausbildung mechanischer Gewebe in Pflanzen[8]).

Atavismus:

Prof. Heinricher, Versuche über die Vererbung von Rückschlagserscheinungen bei Pflanzen[9]).

I. Energetik.

In seinen Studien zur Energetik der Pflanze, einer Abhandlung, die in einem in bescheidenem Umfange sich haltenden Referate nicht allseitig und gleichmäßig gewürdigt werden kann, sucht uns Pfeffer einen Einblick in die Mittel und Wege zu verschaffen, vermöge welcher Energie zum Betriebe physiologischer Leistung nutzbar gemacht werden kann. Energetik ist der Energie- oder Kraftwechsel, auf welchem die Leistungen der Organismen beruhen. Da uns eine

1) Flora LXXV, 1892, S. 183—266.
2) Berichte der deutschen bot. Gesellsch., X, S. 374—390.
3) Abhandlungen der k. preuß. Akademie der Wissensch. zu Berlin, 1892, Phys. Abt. I, S. 1—116.
4) Flora LXXV, 1892, S. 455—487.
5) Flora LXXV, 1892, p. 368—394.
6) Landwirtschaftliche Jahrbücher, 1892, S. 513—570.
7) Revue générale de Botanique, Tom. IV, p. 193—201.
8) Berichte d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch., Mathem.-phys. Klasse, Dezember 1891.
9) Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, XXIV, S. 50—144.

klare Einsicht in die Mannigfaltigkeit der Bedingungen und Verhältnisse fehlt, die im Leben einer Pflanze in einander greifen, kann natürlich auch die Energetik nicht etwas abschließendes sein. Sie ist aber, um mit dem Verf. zu reden, eine wohlgerechtfertigte „fragmentarische Pionierarbeit".

Die Abhandlung gliedert sich in zwei Teile. In einem allgemeinen Teil bespricht Verf. die Leistungen und Energiepotentiale von allgemeinem Gesichtspunkte aus, erörtert die Beziehungen zwischen Stoffwechsel und Leistungen und bespricht die Einführung von Energie in die Pflanze. Der spezielle Teil befasst sich mit den Leistungen in Wachstums- und Bewegungsvorgängen, prüft die Wachstumsmechanik, die Leistungen in lokomotorischen Bewegungen, die Betriebsenergie in der Wasserbewegung und die Betriebskräfte in der Stoffwanderung.

Die Thätigkeit in der Stoffwanderung der Organismen erfordert den Umsatz von Spannkraft in lebendige Kraft, die Schaffung und Verwendung leistungsfähiger Energiepotentiale. Die Thätigkeit bedingt einen Verlust an Betriebsenergie. Die Zufuhr neuer Energie wird also nötig sein, wenn der Organismus seine Thätigkeit fortsetzen soll. Einführung materieller Körper, ferner Wärme, Licht, Elektrizität und mechanische Wirkung vermitteln die Zufuhr der Energie in der Pflanze. „Dieser Energiegewinn und insbesondere die Aufdeckung der Mittel und Wege, durch welche Energie im Dienste des Organismus umgesetzt und nutzbar gemacht wird, bildet den allgemeinen Rahmen des großen Problems der physiologischen Energetik".

Im Organismus treten uns die gleichen Energie- und Leistungsformen entgegen wie in toten Systemen. Eine spezifische nur dem Leben dienstbare Energie gibt es nicht. Alle wahrnehmbaren mechanischen Leistungen sind Bewegungen von größern Massen oder kleinsten Teilen. Vollziehen sich in den Bewegungen Umlagerungen von Molekülen, dann ist die Bewegungsenergie in der speziellen Form chemischer Energie vorhanden. Strahlende Energie sind die Energieformen, welche durch die Thätigkeit der Pflanze geschaffen nicht notwendig an wägbare Materie gekettet sind, wie Wärme, Licht und Elektrizität. Die zu einer Thätigkeit nötigen Spannkräfte können nun sowohl durch Veränderung im materiellen Substrate, als auch durch die Wirkung und Umwandlung strahlender Energie erzeugt werden. —

Die Thätigkeit, welche innere und äußere Widerstände zu überwinden hat, ist stets mit Arbeitsleistung verknüpft. Kann man auch das mechanische Aequivalent der innern Arbeit nicht sicher bestimmen, so lässt sich doch vermuten, dass in den Pflanzen der numerische Wert der innern Leistungen nicht hinter dem in den Tieren zurücksteht. Sehr veränderlich ist die Außenarbeit, da sie von den äußern Widerständen abhängig ist. So wird sie z. B. beim Wachsen in der Luft gering sein, während sie einen bedeutenden Wert haben kann, wenn eine Wurzel in zähem Boden wächst. Im allgemeinen wird sie ge-

ringere Werte erreichen als bei den Tieren, wo sie in Folge freier Ortveränderung gesteigert wird.

Unter den Faktoren, welche in mannigfaltiger Verkettung und verschiedenartigem Zusammengreifen die Lebensthätigkeit bedingen, steht die chemische Umsetzung oben an, „da an sie der Gewinn und das Zusammenfügen des Baumateriales gekettet ist und da ferner die volle Lebensthätigkeit nicht fortdauert, wenn chemische Zertrümmerungen sistiert sind, unter denen auch solche sich finden, in welchen chemische Energie in Wärme transformiert wird". Doch nicht alle Betriebskraft entspringt direkt aus chemischer Energie. Nicht chemischen Ursprungs ist z. B. die Verwandlung von potentieller in aktuelle Energie d. h. von Spannkraft in lebendige Kraft; ferner osmotische Energie, durch welche Druck und Spannung erzeugt werden; ferner Imbibition, Quellung, Transpiration, welche zu Wasserbewegungen führt, Stoffausscheidung oder Krystallisationsenergie.

Eine Energiedifferenz oder ein Energiepotential ist Bedingung für eine Veränderung, also für das Geschehen in den Organismen. Ungleiche Stoffverteilung ist z. B. das Energiepotential für Diffusion.

Eine direkte Umwandlung der chemischen Energie in mechanische kann man dann annehmen, „wenn durch eine chemische Reaktion eine Volumenänderung oder eine Ausscheidung eines Körpers herbeigeführt und damit Arbeit nach außen geleistet wird". Treten z. B. in der Zellhaut Kryställchen von oxalsaurem Kalk auf und wachsen, dann werden die Teile der Zellhaut auseinander gedrängt werden. Die chemische Krystallisationsenergie verrichtet also eine Arbeit, die nötig ist, um die Kohäsion kleinster Zellhautteilchen zu überwinden. Dem Wesen nach wird aber in entsprechender Weise Arbeit geleistet, wenn beim Intussuszeptionswachstum auch die unsichtbaren Teilchen eingelagert werden. Die Größe der geleisteten Arbeit wird innerhalb ziemlich bedeutender Grenzen sich bewegen. Gering wird die zu leistende Arbeit im weichen Protoplasmakörper sein, wo z. B. entstehende Stärkekörner sich Raum schaffen. Denn sie haben nur die geringe Kohäsion der Protoplasmateilchen zu überwinden. Sofern aber der molekulare Zusammenhalt getrennt wird, liegt eine Leistung durch chemische Energie vor. Diese bewirkt alsdann die Trennung einerseits und in den Reaktionsprodukten einen neuen Gleichgewichtszustand anderseits. „So führt der Verfolg unserer Betrachtung unvermeidlich auf chemische Energie und die durch diese vermittelten Vorgänge, welche offenbar im Protoplasten in nicht übersehbarer, aber sicher sehr mannigfacher Weise die erste und vornehmste Triebfeder im Wachsen, Gestalten und überhaupt im ganzen Getriebe in direkter oder indirekter Weise vorstellen". Wird die chemische Umsetzung von einer Stoffausscheidung oder Volumveränderung begleitet, dann verwandelt sich, wie gesagt, chemische Energie direkt in mechanische Arbeit. Es sind also hier die chemischen Affinitäten die diese Vorgänge bedingenden Energiepotentiale. —

Dass auch in der aufbauenden Thätigkeit im Protoplasten die chemische Energie eine wesentliche Rolle spielt, sei es nun, dass ein entstehendes Produkt durch seine Affinität etwa zur Auslösung und Angliederung an bestimmter Stelle gelangt oder dass ein Produkt oder ein Umsatz irgendwie zu Leistungen durch chemische Energie führt, ist wohl nicht sicher erwiesen, doch wahrscheinlich. Da der Aufbau und die Erhaltung des Organismus ohne ein Zusammenwirken von Stoff- und Kraftwechsel unmöglich ist, so sind alle Vorgänge direkt oder indirekt mit dem chemischen Umsatz verkettet. Eine Bestimmung des Verhältnisses zwischen Stoffwechsel und Kraftwechsel scheitert aber an unserer unzureichenden Einsicht in die Mechanik der einzelnen Funktionen. Dabei hat man nicht etwa nur an die komplizierteren Funktionen zu denken. Es sind auch verhältnismäßig einfache Vorgänge mit einzuschließen. So kann z. B. gezeigt werden, dass eine Veränderung in der Turgorkraft, d. h. in dem vom Zellinhalte ausgeübten Druck, die Reizbewegung der Staubfäden von Cynarien bei unveränderlicher Elastizität der Zellhaut veranlasst. Wie aber der Stoffwechsel, also chemische Energie, in diesen Turgorwechsel eingreift, wissen wir nicht. Ungleich schwieriger aber gestalten sich die Verhältnisse, sobald man eine Einsicht in die Kausalität des Wachstums, der Gestaltungs- und Bewegungsvorgänge in dem lebensthätigen Protoplasmakörper zu gewinnen sucht. —

Die Veränderung eines Stoffwechselprozesses, z. B. das Steigen und Fallen der Atmung mit einer bestimmten Leistung beweist eben noch nicht, dass dieselbe unmittelbar dem betreffenden Stoffwechselprozess, also z. B. der Atmung, entspringt. Diesem kann auch nur eine auslösende Wirkung zukommen. Ein positiver Einblick in das Verhältnis zwischen Atmung und mechanischer Leistung fehlt, so dass man nicht weiß, „ob die in der Atmung freiwerdende chemische Energie direkt einen großen Teil oder gar keinen derjenigen Betriebskraft liefert, welche beim Wachsen u. s. f. Verwendung findet“. Das Verhältnis zwischen Atmung und mechanischer Leistung ist auch durch den Stillstand des Wachstums, der Bewegung u. s. f. beim Sauerstoffentzug nicht bestimmt. Denn dieser Stillstand beweist noch nicht, dass die Betriebskraft für diese Leistungen direkt aus der Atmung entspringt. Er müsste ja auch dann eintreten, wenn der Atmung nur eine auslösende Rolle zukäme.

Wenn der Versuch lehrt, dass die Sauerstoffatmung, ein Wärme erzeugender Vorgang, für das Pflanzenleben nötig ist, so kann man sich fragen, warum sich im pflanzlichen Organismus Vorgänge abspielen, welche mit starker Wärmeproduktion verbunden sind, da doch diese einen Energieverlust bedeutet. Vielleicht ist diese Umsetzung mit hoher Wärmeströnung trotz dieses Verlustes für die Pflanze ökonomisch am vorteilhaftesten oder die vom Protoplasma die geringste Arbeit erfordernde deshalb, „weil im allgemeinen am leichtesten die unter starker

Wärmeentwicklung verlaufenden oder richtiger gesagt, diejenigen chemischen Reaktionen eintreten, in welchen unter Austritt von Wärme die gesamte Entropie wächst". —

Chemischer Energie entspringt das Leuchten gewisser Pflanzen, welches an die Sauerstoffatmung gebunden ist.

Ebenso ist der Quell der pflanzlichen Elektrizität die chemische Energie, „zu deren Erzeugung wieder in hervorragender Weise der Atmungsstoffwechsel beiträgt". —

Die Energie wird zum größten Teil mit der Nahrung in den Pflanzenkörper eingeführt. Ein Teil derselben wird zu seinem Aufbau verwendet, „während ein anderer und oft der größere Teil, in tiefgreifenden Zertrümmerungen, unter freiwerdender chemischer Energie, zu einer durchaus unerlässlichen Quelle der Betriebskraft für den Organismus zu dienen hat". Die Art der Einfuhr ist dabei nebensächlich.

Der Stoffwechselprozess, im allgemeinen mit Verlust an chemischer Energie verbunden, kann auch zu einer Vermehrung derselben führen, „indem chemische Energie aus einem andern System übertragen wurde", wie z. B. die Produktion organischer Substanzen durch die Salpeterbakterien aus Ammoniumkarbonat. Eine Sauerstoffzufuhr ist aber auch bei diesen zum Gedeihen nötig, d. h. sie bedürfen der strahlenden Energie der Sonne, die ihrerseits in chemischen Vorgängen ihre Ursache hat.

So sind also, wenn auch für bestimmte Einzelleistungen, die Betriebskraft nicht durch Verwandlung chemischer Energie gewonnen wird, chemische Umsetzungen oder chemischer Energiewechsel stets nötig um das Gesamtleben der Organismen zu erhalten. Von diesem hängt der Aufbau des Pflanzenkörpers ab und damit das Wachsen und die Thätigkeit des Organismus, wenn schon hiebei auch anderer als chemischer Energiewechsel thätig eingreift. Wie aber das geschieht, ob nur durch den produzierten Körper, oder was wahrscheinlicher ist, auch dadurch, dass die freiwerdende chemische Energie direkt zu mechanischen Operationen Verwertung findet, lässt sich zur Zeit mit Bestimmtheit nicht sagen.

Nachdem in dem kurz skizzierten allgemeinen Teile der Verfasser vor allem dargethan, wie gering im allgemeinen unsere Einsicht in den Kausalzusammenhang zwischen Betriebskräften und Vorgängen im Pflanzenkörper ist, wie wenig es bisher gelang eine Leistung in lückenloser Weise in den Komplex bewirkender Ursachen zu gliedern, so sucht er nun im speziellen Teil an einzelnen Vorgängen diese Beziehungen deutlicher hervortreten zu lassen.

In erster Linie prüft Verf. die nächsten und allgemeinsten Mittel für Erzielung von Wachstums- und Bewegungsvorgängen. „Da wir, unter Vernachlässigung aller Besonderheiten, nur die allgemeinsten und fundamentalen Bedingungen der Mechanik von Wachstums- und Bewegungsvorgängen berücksichtigen, können wir allen unseren Betrach-

tungen eine einzelne von Zellhaut umkleidete Zelle zu Grunde legen. Denn Wachstum und Bewegung spielt sich auch im einzelligen Organismus ab und in Geweben ist ebenso immer die aktive Thätigkeit einzelner Zellen Bedingung für ein Geschehen, so sehr auch der Erfolg von einfacher oder verwickelter Beeinflussung der mit einander vereinigten Elemente abhängen mag".

Wir erinnern zunächst wieder daran, dass jede Thätigkeit in der Zelle und durch dieselbe einen Energiewechsel in ihr fordert, dass jede Bewegung mit Ueberwindung innerer und äußerer Widerstände verknüpft ist.

Die mechanische Zug- oder Druckkraft, welche die Zellhaut von dem umschlossenen Inhalt aus erfährt, ist die Turgorkraft, die ihrerseits der Hauptsache nach durch die osmotische Leistung der gelösten Stoffe herbeigeführt wird. In der Richtung der Zellfläche wirkt die Turgorkraft als Zug. Dieser wird aber, bis eine Gegenwirkung erfolgt, eine Flächendehnung bewirken. Macht sich auf die Zelle ein der Turgorkraft gleicher Druck geltend, dann hört die Turgorspannung auf und der einwirkende Druck trägt jetzt die Turgorkraft. Daraus folgt, „dass dünnwandige Zellen gegen eine äußere Widerlage im Maximum einen der Turgorkraft gleichen Druck auszuüben vermögen, dass dann aber die Turgordehnung der Zellwand aufgehoben ist".

Die Veränderung der Hautspannung und damit die Vergrößerung oder Verkleinerung einer Zelle kann also, wenn sie von Außenwirkungen unabhängig ist, nur durch Veränderung der Turgorkraft bedingt sein, „d. h. also die osmotische Energie leistet die für die Wanddehnung nötige Arbeit".

Beim Flächenwachstum kann die für die bleibende Verlängerung nötige Energie durch die Turgorkraft geliefert werden. Dies ist das passive Wachstum. Dabei kann die Haut ihre elastischen Eigenschaften bewahren oder aber es kann die Dehnung erst durch Herabsetzung der Elastizität möglich gemacht werden. Die durch die Turgorkraft geleistete Wachstumsarbeit bedingt in jedem Falle eine plastische Dehnung, d. h. eine Dehnung über die Elastizitätsgrenze.

Es kann aber die Energie für die Verlängerung auch durch Quellung oder durch ein aktives Eindringen fester Substanz, also durch Intussuszeptionswachstum geliefert werden. Dies ist das aktive Wachstum. Erfolgt das Wachstum durch die Quellungskraft, dann wird die Vergrößerung wegen des zunehmenden Wassergehaltes nur eine beschränkte sein können, während diese Begränzung beim Wachstum durch Intussuszeption nicht eintreten wird. Durch die Ausscheidung der festen Bestandteile in der Wandsubstanz wird alsdann eine Energie für die Vergrößerung der Zellhaut gewonnen, durch welche die widerstrebende große Kohäsion der Haut, sowie der sehr hohe Druck gegen Widerlagen überwunden wird. Sie kann sehr hohe mechanische Werte erreichen, „gegen welche eine Turgorkraft von selbst 10 Atmosphären

eine geringe Größe ist". Wird durch diese hohe Energie der Ausscheidungskraft der Turgordruck überwunden, dann kann ein Dickenwachstum der Haut zu einer Verkleinerung des Lumens der Zelle führen.

Fällt die Ausscheidung mit der sie veranlassenden chemischen Reaktion zeitlich zusammen, dann „kann man wohl auch chemische Energie als Betriebskraft für die Wachstumsarbeit ansprechen".

Zwischen der mechanischen Energie des Wachstums und der die notwendige Stoffbildung bedingenden chemischen Energie besteht zwar kein bestimmtes Verhältnis. Aber immerhin wird eine vermehrte Wachstumsthätigkeit eine gesteigerte Stoffwechselthätigkeit nach sich ziehen, mit dem Wachstum diese steigen und fallen.

Klar zeigt sich diese Beziehung an osmotischen Vorgängen. Hier lehrt die Beobachtung, dass der chemische Prozess nur Mittel zum Zwecke ist, und die gewinnbar osmotische Energie in keiner Weise eine direkte Funktion der im Stoffwechsel aufgewandten chemischen Energie ist.

Zur Darlegung des Kausalzusammenhanges zwischen bewirkender Ursache und dem Zustandekommen und der Größe der Außenleistungen knüpft Verf. wieder an die Einzelzelle an, die wir uns zylindrisch zu denken haben. Ihr Querdurchmesser sei unveränderlich und die eine Endfläche ruhe auf einer unverschiebbaren Widerlage. Die Verlängerung der Zellhaut führt also zu einem Fortrücken des einen Endes. Die nach außen wirkende Kraft wird bestimmt durch den Gegendruck, welcher den Gleichgewichtszustand bedingt. Das Produkt aus der wirksamen Energie und dem zurückgelegten Wege ist das Maß für die geleistete Arbeit. Ist die Wandung zart, dann wird die Zelle nur durch ihre Turgorkraft wirken. Die Außenleistung kann dieser höchstens gleich sein. Fehlt der Widerstand, dann kommt auch eine Arbeitsleistung, die nach außen gerichtet ist, nicht zu stande. „In diesem Falle ist folglich die ganze Turgorkraft durch die entgegenwirkende Spannung der Zellhaut äquilibriert und diese Gleichheit von Druck und Gegendruck besteht dann ebenfalls in jedem Zeitdifferential bei Flächenwachstum der Zellhaut. Die Turgorkraft kann also ebensowohl zur Spannung der Zellhaut als zu Außenleistungen ausgenutzt und ebenso in ihrem Nutzeffekte auf beide Wirkungen in jedem Verhältnis verteilt werden".

Die Zelle bedient sich zweier Mittel um gegen eine in den Weg tretende hemmende Widerlage einen Druck zu erzielen. „Entweder muss die Turgorkraft anwachsen oder bei konstanter Turgorkraft ein geringerer Teil dieser durch die Wandung äquilibriert werden, d. h. also die Spannung der Wand muss abnehmen".

Ersteres wird eintreten, wenn die Zellhaut unverändert bleibt, letzteres bei einer Spannung der Zellhaut, wobei diese durch passives oder aktives Wachstum eintreten kann. Eine Hemmung des Wachs-

tums durch eine Widerlage veranlasst eine Steigerung der Turgorkraft, in einzelnen Fällen z. B. *Vicia faba* um 9,5 Atmosphären, so dass die Zugkraft auf 18 Atmosphären stieg.

Der Wirkung einer unüberwindbaren Widerlage sind auch andere Wachstumshemmungen analog. Sie veranlassen eine Steigerung der Turgorkraft, so z. B. der in der Längsrichtung wirksame mechanische Zug, der eine Verzögerung des Wachstums verursacht. Ferner tritt unter Umständen bei Hemmung des Flächenwachstums der Haut ein vermehrtes Dickenwachstum ein.

Bei der Leistung der zylindrischen Zelle entstammt alle Energie der Turgorkraft. Eine Ausdehnung nach erfolgter Verkürzung wird so lange verhindert werden, bis die osmotische Wirkung ihren höchsten Wert erreicht. Erfolgt nach Ueberwindung des Hemmnisses die Verlängerung, dann wächst in entsprechendem Maße die elastische Kraft der Wand. Die osmotische Energie aber nimmt entsprechend ab wegen der Wasseraufnahme und der dadurch erfolgenden Verdünnung. Die Arbeit, welche diese Zelle leistet, ist dann in ähnlicher Weise zu bestimmen, wie die Arbeit eines sich ausdehnenden Gases, das den abschließenden Stempfel bewegt. —

Ueber das wirkliche Geschehen des Wachstums (im Gegensatze zu den theoretischen Möglichkeiten) äußert sich Verf. der Hauptsache nach in folgender Weise. Bedingung für das Flächenwachstum ist eine Veränderung in der Zellhaut. Sie wird nötig — sei es nun, dass sie in einem Wechsel der Kohäsion oder in aktivem Wachstum besteht — sobald die zur Verfügung stehende Kraft für plastische Dehnung der unveränderlichen Haut nicht hinreicht, Nun bleibt aber die Turgorkraft bestehen, auch wenn der Sauerstoff entzogen wurde, während das Wachstum aufgehoben wird. Daraus ergibt sich, „dass die mit Sistierung der vollen Lebensthätigkeit invariable Haut weder durch die normal wirksame Turgorkraft, noch durch einen erheblich gesteigerten Zug über die Elastizitätsgrenze gedehnt wird. Denn fände plastische Dehnung statt, so hätte in dem sauerstofffreien Raume die gleiche Spannung sich nicht erhalten, resp. hätte bei dauernder Zugkraft eine, und zwar mit zunehmender Verdünnung der plastisch verlängerten Haut beschleunigte bleibende Verlängerung eintreten müssen. Ist folglich für Erzielung von Flächenwachstum ein von der Lebensthätigkeit abhängiger Einfluss auf die Zellhaut notwendig, so lässt sich aus unseren Erfahrungen nicht präzisieren, ob dieser Einfluss auf eine Steigerung der Plastizität oder ein aktives Wachstum der Haut, resp. auf Kombinationen beider, hinausläuft“. Wachstumstheorien, die sich also auf die plastische Dehnung der unveränderlichen Zellwand stützen, sind nach diesen Erwägungen Pfeffers nicht haltbar. Wahrscheinlich spielen bei diesen Veränderungen in der Zellhaut verschiedenartige Vorgänge eine Rolle. „So ist aktives Wachsen durch Intussuszeption oder durch Quellung in bestimmten Fällen wahrschein-

lich, doch dürfte auch plastische Dehnung in Folge anderweitiger Veränderungen in der Haut vorkommen. Denkbar sind solche die Kohäsion der Wandung beeinflussende Veränderungen in sehr verschiedener Weise und gleichviel, ob sie dauernder oder rückgängiger Natur sind, können sie sehr wohl durch den lebenden Organismus so reguliert werden, dass immer nur begrenzte plastische Verlängerung eintritt und die Kontinuität dieser Verlängerung durchaus von der Fortdauer der vitalen Beeinflussungen abhängt".

Ueber die Darlegungen, über aktive Ortsveränderungen, welche für die Pflanzen das Vorhandensein eines Stützpunktes durch Wasser oder einen festen Körper fordern, können wir hinweggehen. Der Inhalt dieses Kapitels besteht weniger in der Erschließung neuer Einsicht als der Feststellung mangelnden Einblickes in die Kausalität der Entstehung der Bewegungsthätigkeit im Körper der Pflanzen. —

Klar liegen die Verhältnisse der Wasserbewegung, welche den Inhalt eines folgenden Abschnittes bilden, für jene Fälle, wo sie durch eine unvollständige Sättigung gewisser Gewebepartien mit Wasser veranlasst werden. Die Bewegung ist gegen die Zelle geringerer Turgescenz gerichtet. „Durch die Wasserentziehung mittels Transpiration wird das Energiepotential geschaffen, von welchem Betrieb und Ziel der Wasserbewegung abhängen. An dem Orte, von welchem die Wasserbewegung ausgeht, muss die Energie der Wasserentziehung geringer sein, als an dem Orte nach, welchem sie hingeht. Wenn also z. B. im Blatte die Wasserbewegung von den Gefäßbündeln aus in benachbartes Gewebe erfolgen soll, so hat das zur Voraussetzung, dass hier die Kraft der Wasserentziehung größer sei als dort. „Der höchste zulässige Wert der wasseranziehenden Energie in den angrenzenden Gefäßbündelelementen wird also durch das bezügliche Energiepotential im lebenden Parenchym bemessen. Dieses findet seinen Ausdruck in der Senkung der Turgorkraft unter den in den gegebenen Bedingungen maximalen Turgescenzzustand, denn mit Erreichung des letzteren ist, wie hoch auch die osmotische Kraft sein mag, eine wasserbefördernde Wirkung ausgeschlossen". Wäre das Minimum der Turgorkraft bekannt, bei welchem noch eine Wasserbewegung in einem Blatte erfolgen kann, dann würde die Energie gegeben sein, mit welcher im höchsten Falle die Gefäßbündel rückwärts eine wasserentziehende Wirkung ausüben. „Maßgebende Untersuchungen fehlen, doch macht es den Eindruck, als ob bei reichlicher Wasserversorgung der Wurzeln und bei mäßiger Transpiration die am Gipfel hoher Bäume befindlichen Blätter nur wenig von dem maximalen Turgescenzzustande abweichen. Dieses zulässige Minimum ist zunächst von besonderer Bedeutung und wohl zu unterscheiden von den möglichen höheren Energiepotentialen, welche mit dem Welken der Blätter schließlich den vollen Wert der Turgorkraft (also oft 4—8 Atmosphären) erreichen können. Solche Steigerung der Saugkraft ist aber natürlich für die Wasserversorgung

der Blätter von wesentlicher Bedeutung, da damit Beschleunigung der Wasserbewegung bei vermehrter Transpiration und auch die Fähigkeit erreicht wird, einem wasserärmer gewordenen Gefäßbündel noch Wasser zu entnehmen".

Die geringe Energie, die wohl als Triebkraft in den Gefäßbündelendungen zulässig ist, ist nach Verf. unzureichend um die Bewegung des Wassers durch eine längere Strecke des Holzkörpers zu bestimmen. Es muss also das Wasser durch Kräfte, die sich in den Leitungsbahnen entwickeln, gehoben werden. Weder Imbibition der Wandung noch Kapillarität und Luftdruck dürften für sich allein eine hinreichende Kraft zur Hebung auf ansehnliche Höhen besitzen. Man muss vielmehr annehmen, dass die Hebeenergie auf viele einzelne Punkte der Leitbahnen verteilt sei, „vermöge welcher das Wasser von Stufe zu Stufe auf immer höheres Niveau gehoben wird. Dabei können natürlich Kapillaranstieg und Imbibition von jedem neuen Niveau ab als Hebungs- und Beförderungsmittel für begrenzte Strecken im Betriebe dienstbar sein". Ob hierbei die Mitwirkung der lebendigen Zellen unbedingt nötig ist, darüber fehlen bestimmte Anhaltspunkte.

Im letzten Abschnitte behandelt Verf. die Betriebskräfte in der Stoffwanderung. Es mag hier genügen den Leser auf Pfeffers Arbeit „Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vakuolen", über die früher referiert wurde und die im wesentlichen die in diesem Kapitel ausgesprochenen Grundsätze entwickelt, hinzuweisen.

II. Respiration und Assimilation.

Aubert's Untersuchungen über die Atmung und die assimilatorische Thätigkeit der Fettpflanzen, der Crassulaceen, Mesembryanthemeen, Cacteen etc., ergeben, dass diese eigenartigen Pflanzen in diesen Thätigkeiten in mehr als einer Hinsicht nicht das Verhalten der gewöhnlichen Pflanzen zeigen.

In erster Linie konstatiert Verf. durch zahlreiche Versuche, dass das Verhältnis zwischen der bei der Atmung ausgeschiedenen Kohlensäure und dem aufgenommenen Sauerstoff mannigfachen Veränderungen unterworfen ist, dass es wechselt, je nachdem die Versuchspflanzen während des Tages im Dunkeln atmen oder während der Nacht; dass es sich ändert je nach dem Alter der Pflanze, nach ihrem Wassergehalte, nach der Temperatur und der Dauer der Verdunkelung.

Die Veränderlichkeiten der Relation zwischen den beiden Gasen, je nachdem die Fettpflanze im Dunkeln während des Tages oder während der Nacht atmet, sind folgender Art.

Mit J wollen wir das Verhältnis zwischen der ausgeschiedenen Kohlensäure zur aufgenommenen Sauerstoffmenge $\left(\frac{CO_2}{O}\right)$ für die Atmung während des Tages bezeichnen, mit N den gleichen Wert für die Atmung während der Nacht.

Für *Sedum reflexum* sind diese Werte: J = 1; N = 0,85. Eine andere *Sedum*-Art wurde bei successive sich steigernden Temperaturen untersucht. Der Wert von J stieg dabei ebenfalls successive, näherte sich mehr und mehr der Einheit und wurde zu 1, als die Lebensthätigkeit der Pflanze ihr Maximum erreichte. Die Werte für J bewegten sich zwischen 0,88—1, der Wert für N blieb 0,82. Zahlreichere andere Crassulaceen wurden in ähnlicher Weise geprüft. Sie stimmen alle darin mit einander überein, dass das Verhältnis $\frac{CO_2}{O}$ höchstens gleich 1 ist und dass die Werte für die Nachtatmung immer kleiner sind, als die für die Tagesrespiration gefundenen. Ein ähnliches Resultat ergaben die Mesembryanthemeen (J = 0,87—0,93; N = 0,85). Größere Verschiedenheiten im Ergebnis der respiratorischen Thätigkeiten des Tages und der Nacht weisen die Cacteen auf. Zwar gibt es solche, bei denen die Differenz eine sehr geringe ist, wie z. B. bei *Pereskia aculeata* (J = 0,89; N = 0,85); im allgemeinen aber ist sie sehr bedeutend, so bei *Opuntia tomentosa* (J = 0,73—0,41; N = 0,05—0) oder *O. maxima* (J = 0,9; N = 0,035). Nur selten wird J = 1. Bei gewissen Euphorbiaceen geht der Wert von J öfters über 1 hinaus, so bei *Euph. rhipsaloides*, bei welcher J = 1,18—1,2 ist, während N = 0,32—0,34 ist. Bei einer fetten Composite ist das Verhältnis ähnlich wie bei den Cacteen.

Werden also Fettpflanzen ins Dunkle gebracht, dann nehmen sie immer mehr O auf als sie CO_2 ausscheiden (Ausnahme: gewisse Euphorbien). Im Gegensatze zu den gewöhnlichen Pflanzen, für welche nach Verf. Untersuchungen wie auch nach Versuchen von Bonnier und Magnin das Verhältnis von CO_2 zu O konstant ist, zeigen die Fettpflanzen zwei Reihen von Werten, Tagesergebnisse und hiervon verschiedene Nachtresultate. Die Werte der Reihe J sind stets größer als die Werte der Reihe N; d. h. die während der Nacht aufgenommene Sauerstoffmenge ist im Vergleich zur ausgeschiedenen Kohlensäuremenge größer als während des Tages. Es nahm z. B. *Crassula arborescens* während der Nacht bei einer Temperatur von 18° pro 1 g frisches Gewicht in der Stunde 25,7 mm³ O auf und schied nur 6,1 mm³ CO_2 aus. Für *O. tomentosa* betrug bei 20° die Sauerstoffaufnahme 23,7 mm³, während die Abgabe von CO_2 Null war; bei *Mamillaria Newmanniana* erhob sich die Aufnahme von Sauerstoff sogar auf 25,3 mm³, während die CO_2-Abgabe ebenfalls Null war.

Für gewöhnliche Pflanzen, d. h. Nichtfettpflanzen, ist die Aufnahme und Abgabe von CO_2 ungefähr gleich z. B. für *Triticum vulgare* bei 8° die Kohlensäureabgabe 186,2 mm³, die Sauerstoffaufnahme 179 mm³.

Der während des Tages sich vollziehende Gaswechsel nimmt bei Fettpflanzen folgende Dimensionen an. Blühende Stengel von *Sedum reflexum* nahmen bei 26° 128 mm³ O auf und gaben 125 mm³ CO_2 ab; ausgewachsene Triebe von *Sedum Telephium* gaben bei 31° 206,8 CO_2

ab und nahmen 204,7 O auf; Blätter von *Crassula arborescens* schieden 57,1 mm³ CO_2 aus und nahmen gleichzeitig 65,1 mm³ O auf u. s. f.

Eine gewisse Abhängigkeit des Verhältnisses der ausgeatmeten Kohlensäure zum eingeatmeten Sauerstoff vom Alter der Versuchsobjekte zeigen eine Reihe von Versuchen. So ergaben ungleichalterige Teile von *Phyllocactus grandiflorus* folgende Resultate:

	Temperatur	J	CO_2 ab	O auf.	Temp.	N	CO_2 ab	O auf
Junge Zweige	24	0,96	62,1	64,5	18	0,63	20,4	32,4
Ausgewachsene Zweige	20	0,92	45,1	48,7	15	0,33	9,5	28,7
Sehr alte Zweige	20	0,78	50,3	64,4	18	0,09	2,55	27,2

Aus diesen Zahlen geht also hervor — und sie ließen sich durch ähnliche Versuchsergebnisse an andern Cacteen leicht vermehren, dass je älter eine Fettpflanze ist, je fleischiger also mit andern Worten ihre Teile sind, um so größer die Differenz zwischen dem aufgenommenen O und dem abgegebenen CO_2 wird, um so kleiner also der Wert des Verhältnisses von $\frac{CO_2}{O}$.

Zu analogem Ergebnis führt auch die Vergleichung verschiedener Arten von Fettpflanzen, deren Teile in ungleichem Grade fleischig sind. Vor allem aber zeigen sie eine gewisse Abhängigkeit, wie nachfolgende Zusammenstellung ergibt, zwischen dem Verhältnis des Wertes J und N zum Saftreichtum.

Name der Pflanze	Mittlerer Wert von $\frac{CO_2}{O}$ J	N	Differenz von J—N	Wassergehalt auf 1 g Trockengewicht
Mirabilis Jalapa . .	0,98	0,98	0,00	11,6
Pereskia aculeata . .	0,89	0,85	0,04	11,9
Mesembryanth. deltoides	0,90	0,85	0,05	17,3
Sedum carneum . . .	0,95	0,82	0,13	18,5
Crassula arborescens .	0,88	0,38	0,5	20,8
Opuntia cylindrica . .	0,58	0,06	0,52	21,5
Opuntia tomentosa . .	0,59	0,03	0,56	22,7
Opuntia maxima . .	0,90	0,03	0,87	28,0

Auf das Verhältnis $\frac{CO_2}{O}$ ist bei gewöhnlichen Pflanzen der Wechsel der Temperatur ohne Einfluss. Die Fettpflanzen dagegen zeigen ein ungleiches Verhalten. Für *Crassula arborescens* war der Wert J bei 12°, 13°, 14° und 32° = 0,88; die Temperatursteigerung auf 36° verwandelte diesen Wert in 1,14; gleichzeitig aber vollzogen sich in der

Pflanze Veränderungen, so dass man hier nicht mehr einen normalen Zustand der Pflanze vor sich hat. Unabhängigkeit des Verhältnisses $\frac{CO_2}{O}$ für die Tagesatmung zeigten allgemein die Crassulaceen und Mesembryanthemeen. Bei den besonders fleischigen Cacteen dagegen ändert sich mit der Temperatur der Wert des Verhältnisses und zwar, wie früher schon beiläufig bemerkt wurde, in dem Sinne, dass es mit wachsender Temperatur wächst, mehr und mehr der Einheit sich nähert. So ist der Wert J

bei 13°	gleich 0,41,	der von 1 g per Stunde aufgenommene O war	11,4 mm³
„ 24°	„ 0,49,	„ „ „ „ „ „ „ „	22 mm³
„ 28°	„ 0,73,	„ „ „ „ „ „ „ „	26,8 mm³
„ 35°	„ 0,98,	„ „ „ „ „ „ „ „	37,2 mm³

Anders verhält sich der Wert N. Bei allen Fettpflanzen, auch bei jenen, deren Wert J von der Temperatur nicht beeinflusst wird, ändert er sich mit der Temperaturveränderung z. B.

Crassula arborescens 18° N = 0,24
„ „ 23° N = 0,52

Der Einfluss einer längern Verdunklung äußerte sich in folgender Weise.

Es wurde *Phyllocactus grandiflorus* während verschieden langer Zeiträume verdunkelt. Die Temperatur blieb sich näherungsweise gleich. Das Resultat war: Nach ca. 17 Stunden betrug das Verhältnis $\frac{CO_2}{O}$ 0,33. Es wurden auf 1 g Frischgewicht per Stunde ausgeschieden 19,23 mm³ CO_2 und 57,7 g O absorbiert. Dauerte die Verdunklung 26 Stunden, dann stieg der Wert $\frac{CO_2}{O}$ auf 0,56 und zwar hauptsächlich deshalb, weil die Menge der ausgeatmeten Kohlensäure eine beträchtlich größere war, während fast die gleiche Menge Sauerstoff eingeatmet wurde. Diese betrug 57,9 mm³, jene 32,53 mm³. Nach 40 Stunden der Verdunklung war das Verhältnis $\frac{CO_2}{O}$ 0,72. Die Werterhöhung wurde bedingt durch die Vermehrung der CO_2-Aufnahme und Verminderung der Sauerstoffabgabe. Nach 54 Stunden endlich war $\frac{CO_2}{O}$ 0,85. Die abgegebene Kohlensäuremenge betrug 40,6 mm³ und die aufgenommene Sauerstoffmenge 47,9 mm³.

So nähert sich also das Verhältnis $\frac{CO_2}{O}$ der Einheit um so mehr, je länger die Verdunkelung andauert.

Sind die Teile der Pflanze, welche diesen Verdunklungsversuchen dienen, besonders fleischig, dann macht sich, wie die nachfolgende Tabelle zeigt, der verändernde Einfluss viel weniger rasch geltend.

Opuntia cylindrica.

Datum der Gasanalyse	Temperatur	Wert von $\frac{CO_2}{O}$	Volum in mm³ p. 1 g Frischgewicht, in 1 Stunde	
			CO_2-Abgabe	O-Aufnahme
8. IV. 10h 50 vormitt.	12°	—	—	—
8. IV. 6h 15 abends	12°	0,42	1,7	4,1
9. IV. 8h 55 vormitt.	10°	0,42	1,43	3,42
9. IV. 5h 40 abends	12°	0,46	1,7	3,7
10. IV. 7h 20 vormitt.	10°	0,43	1,46	3,44
12. IV. 8h 30 „	8°	0,44	1,05	2,37
13. IV. 9h 30 „	10°	0,7	1,48	2,13

Das Verhältnis bleibt also während 4 Tagen der Verdunkelung nahezu konstant.

Wir sahen früher, welch bedeutenden Veränderungen das Verhältnis $\frac{CO_2}{O}$ bei der Tag- und Nachtatmung unterworfen ist. Es erübrigt uns nunmehr zu prüfen, welche Umstände den Wechsel des Wertes J gegenüber N bedingen. Hat die Aufnahme des Sauerstoffes während des Tages und während der Nacht sehr variable Werte oder ist die Kohlensäureabgabe das Inkonstante?

Wir wählen aus den vielen Beispielen einige wenige aus. Für *Sedum acre* wird der Tageswert angegeben J = 0,96. Die aufgenommene Sauerstoffmenge beträgt dabei 72,3 mm³, die abgegebene Kohlensäuremenge 69,5 mm³. In der darauffolgenden Nacht wurde das Verhältnis $\frac{CO_2}{O}$ bei nahezu gleicher Temperatur 0,84. Die zur Aufnahme gelangte Sauerstoffmenge war der während des Tages aufgenommenen fast gleich, nämlich 71,35 mm³, während die abgegebene Kohlensäure auf 60 mm³ sank. Während also die Sauerstoffaufnahme um 1,4 % sank, war die Kohlensäureabgabe um 13 % geringer.

Ein anderes Beispiel. Für *Crassula arborescens* gestalteten sich diese Verhältnisse in folgender Weise.

I. Atmung während des Tages:

$$\frac{CO_2}{O} = 0{,}89 = \frac{19{,}4 \text{ mm}^3 \text{ Kohlensäureabgabe}}{21{,}7 \text{ mm}^3 \text{ Sauerstoffaufnahme.}}$$

II. Atmung während der Nacht:

$$\frac{CO_2}{O} = 0{,}24 = \frac{6{,}1 \text{ mm}^3 \text{ Kohlensäureabgabe}}{25{,}75 \text{ mm}^3 \text{ Sauerstoffaufnahme.}}$$

Während also die Sauerstoffaufnahme um ca. 20 % stieg, fiel die Kohlensäureabgabe um ca. 66 %.

Endlich ein drittes Beispiel, die Atmung von *Phyllocact s grandiflorus.*

I. Atmung während des Tages:

$$\frac{CO_2}{O} = 0{,}92 = \frac{45{,}14 \text{ mm}^3 \text{ Kohlensäureabgabe}}{48{,}75 \text{ mm}^3 \text{ Sauerstoffaufnahme}} \text{ und}$$

II. Atmung während der Nacht:

$$\frac{CO_2}{O} = 0{,}33 = \frac{19{,}2 \text{ mm}^3 \text{ Kohlensäureabgabe}}{57{,}7 \text{ mm}^3 \text{ Sauerstoffaufnahme.}}$$

Die Verhältnisse sind denen des 2. Beispieles ähnlich.

So lehren also die Vergleichungen, dass bei einer Fettpflanze die eingeatmete Sauerstoffmenge nur verhältnismäßig geringen Veränderungen unterliegt, dass dagegen die während des Tages ausgeschiedene Kohlensäuremenge stets erheblich größer ist als die während der Nacht ausgeschiedene Menge.

Es ist schon für die gewöhnlichen Pflanzen von zahlreichen Physiologen gezeigt worden, dass die Atmungsintensität mit der Temperaturzunahme wächst. Die Fettpflanzen verhalten sich analog, wie sich entweder durch die Bestimmung der Kohlensäure oder des Sauerstoffes zeigen lässt.

Für *Crassula arborescens* gibt Verf. folgende Zahlen an:

12,5° . . .	11,2 mm³	Sauerstoff	
13 ° . . .	16,6 „	„	
14 ° . . .	21,7 „	„	
23 ° . . .	57,1 „	„	
31 ° . . .	65,1 „	„	

Nähert sich die Temperatur 0°, dann ist die Atmungsintensität fast 0. So absorbierte *Cereus grandiflorus* bei 5° 4,4 mm³ Sauerstoff pro 1 g Frischgewicht in der Stunde.

Auch das Alter der Pflanze übt einen Einfluss auf die Atmungsintensität aus. Schon Saussure konnte konstatieren, dass diese um so größer ist, je jünger die Versuchspflanze war.

Für die Fettpflanzen gilt dieses Gesetz ebenfalls. Beblätterte Triebe von *Sedum acre* lieferten folgende Resultate.

Datum	Temperatur	Sauerstoffvol. absorb. durch 1 g pro Stunde
6. VI.	23°	102,04 mm³
20. VI.	24°	92,2 „
29. VI.	23°	71,35 „

Dies zeigt auch ein Vergleich der Atmungsintensität der verschiedenaltrigen Blätter an einem Triebe. Für *Sedum dendroideum* gibt Verf. folgende Versuchsergebnisse an. Die Blätter sind hierbei geordnet in der Reihenfolge von der Endknospe aus.

Blätter	Frischgewicht	Sauerstoffvolumen absorbiert durch 1 g Frischgewicht pro Stunde
1	0,044 g	166,8 mm³
3	0,230 „	101,3 „
5	0,557 „	60,1 „
8	1,127 „	51,4 „
11	1,200 „	46,65 „

Von großem Interesse sind die vergleichenden Zusammenstellungen über die Atmungsintensität bei gleichen Temperaturen. Es dürfte sich lohnen einen Teil der genauen Zahlen, die Verf. fand, auch an diesem Orte zusammenzustellen.

Pflanzenname	Temperatur	Sauerstoffvolumen absorbiert durch 1 g Frischgewicht pro Stunde
Cereus macrogonus . .	12°	3,00 mm³
Mamillaria elephantidens	12°	5,60 „
Opuntia cylindrica . .	13°	6,80 „
„ *tomentosa* . . .	13°	11,40 „
Aloe spinosa	10°	14,9 „
Crassula arborescens . .	13°	16 „
Sedum dendroideum . .	12°	19 „
Picea excelsa	15°	44,1 „
Sedum acre	14°	72,45 „
Lupinus albus	12°	73,7 „
Galanthus nivalis . . .	13°	77,6 „
Tulipa europaea . . .	13°	89,60 „
Mirabilis Jalapa . . .	15°	120,00 „
Triticum sativum . . .	13°	291,00 „

Es zeigt sich also, dass die Atmungsintensität um so größer ist, je weniger fleischig die Pflanze ist. Die gewöhnlichen Pflanzen atmen deshalb energischer als die Fettpflanzen. Unter diesen selbst sind die Crassulaceen und Mesembryanthemeen, d. h. die Arten mit dünnerer Oberfläche, durch größere Atmungsenergie ausgezeichnet als die Cacteen.

Eine weitere Versuchsreihe gilt der Untersuchung über den Einfluss des Wassergehaltes eines Organes auf die Atmungsintensität. Zu dem Behufe vergleicht Verf. die Atmungsgröße welker Blätter mit der frischer Blätter, natürlich bei gleichen Temperaturverhältnissen. Erstere schieden in der Stunde auf 1 g Frischgewicht 6,26 mm³ CO_2 aus, letztere 3,16 mm³; erstere nahmen 11,14 mm³ Sauerstoff auf, letztere 4,64 mm³. Auf 1 g Trockengewicht berechnet ergibt sich für die welken Blätter CO_2-Abgabe 113 mm³, O-Aufnahme 201; für die frischen Blätter 70 mm³ CO_2-Abgabe und 103 O-Aufnahme. Die Turgescenz der Crassulaceen ist also dem Gasaustausch hinderlich. In welkem Zustande atmen sie energischer. Sie nehmen dabei vor allem erheblich mehr Sauerstoff auf.

Den zweiten Teil seiner Untersuchung widmet Aubert der assimilatorischen Thätigkeit des Chlorophylls der Fettpflanzen verglichen mit jener von Nichtfettpflanzen.

Boussingault hat wohl als erster festgestellt, dass die grünen Blätter am Lichte ein Sauerstoffvolumen ausscheiden, das näherungsweise dem gleichzeitig aufgenommenen Kohlensäurevolumen gleich ist.

Von Mayer wurde gezeigt, dass diese Sauerstoffabgabe bei Fettpflanzen auch in einer kohlensäurefreien Atmosphäre sich vollzieht. Aubert verfolgte in seiner Untersuchung der assimilatorischen Thätigkeit der Fettpflanzen diesen sie von den gewöhnlichen Pflanzen nicht unwesentlich unterscheidenden Punkt des einlässlichsten. Auch er stellt fest, dassalle Fettpflanzen — er untersuchte 8 Crassulaceen, 1 *Mesembryanthemum*, 6 Cacteen, 1 Euphorbiacee und 1 Liliacee — in der anfänglich kohlensäurefreien Atmosphäre Sauerstoff ausscheiden.

Die Sauerstoffabgabe vollzog sich in seinen Versuchen sowohl in diffusem Lichte als bei starker Beleuchtung, bei verhältnismäßig niederer Temperatur (8°), wie bei höherer (bis 33°).

Von Bedeutung ist ferner die Beobachtung, dass Fettpflanzen gleichzeitig Sauerstoff und Kohlensäure abgeben. Es dürfte nicht ohne Interesse sein die tabellarische Zusammenstellung der Versuchsergebnisse zu durchgehen. Hatte man bisher diese Erscheinung als eine gelegentlich eintretende aufgefasst, so zeigten die Versuche von Aubert, dass bei den Fettpflanzen der Erscheinung eine viel allgemeinere Bedeutung zukommt, dass sie namentlich auch innerhalb viel weiterer Temperaturgrenzen auftritt, als man bisher glaubte.

(Zusammenstellung nächste Seite.)

Was in dieser Zusammenstellung besonders auffällt, ist, dass die CO_2 in der Regel in sehr geringer Menge zur Ausscheidung gelangt. Verf. hält dafür, dass sie auf den Abzug zurückzuführen sei, welcher durch den aus der Pflanze austretenden Sauerstoff bewirkt werde.

„In einer Fettpflanze ist die tiefere Partie des Parenchyms chlorophyllos, während dort die organischen Säuren nicht weniger als Reservestoff abgelagert werden, als in oberflächlichen Gewebepartien. Nun zersetzen sich unter dem Einfluss des Lichtes und der Wärme diese Säuren, während zugleich die tiefern Teile des Parenchyms atmen und nicht assimilieren. Der durch die Zersetzung der organischen Säuren ausgeschiedene Sauerstoff, im allgemeinen mehr als die Pflanze für ihre Atmung verbraucht, dieser Ueberschuss des Sauerstoffes zieht bei seiner Ausscheidung die Kohlensäure mit, welche von der Atmung des ungefärbten Parenchyms herrührt. Nur ein Teil dieser Kohlensäure wird auf seinem Wege durch das chlorophyllhaltige Parenchym zurückgehalten, der andere Teil tritt aus der Pflanze aus“.

Treten wir nun nach diesen wenigen allgemeinen Bemerkungen auf die speziellern Ergebnisse über die assimilatorische Thätigkeit der Fettpflanzen ein.

Tabellarische Zusammenstellung über die gleichzeitige Abgabe von Sauerstoff und Kohlensäure.

Pflanzenfamilie	Art	Datum	Temperatur	Belichtung	Anfänglich O-Gehalt in %	O-Gehalt am Schlusse des Versu. im Verhältnis	im Verh. auf N CO_2	Vol. in mm³ per 1 g Frischgew. in der Stunde: O Abgabe	Vol. in mm³ per 1 g Frischgew. in der Stunde: CO_2 Abgabe
Crassulaceen	*Sedum album*	10. VI.	20°	Sonne	20,44	21,63	0,22	15,6	2,9
	„ *carneum*	2. VII.	33°	„	20,79	22,48	0,11	39,7	2,6
	„ *acre*	6. VI.	23°	Wechselnd. Sonnenschein	20,53	22,47	0,67	34,1	11,8
	„ *reflexum*	2. VII.	33°	Sonne	20,79	21,64	0,21	34,3	8.6
	„ „	13. VII.	26°	„	28,83	21,96	0,09	28,6	2,3
	Crassula arborescens	2. VII.	33°	„	20,79	38,61	0,57	124,3	4
	Rochea falcata	6. VII.	23°	Wechselnd. Sonnenschein	20,53	27,1	0,44	36,6	2,44
Mesembryanthemeen	*Mesembryanthemum crystallinum*	23. VII.	24°	Himmel bedeckt, selten etwas aufhellend	20,79	20,81	0,14	0,8	5,5
Cacteen	*Phyllocactus grandiflorus*	28. V.	20°	Zerstreutes Licht	20,79	23.18	0,21	29,7	2,6
	Opuntia tomentosa	27. VI.	35°	Himmel bedeckt	20,61	21.15	2,18	4,7	18,9
	„ „	29. VI.	26°	Diffuses Licht	20,74	28.70	0,43	85,3	4,6
	„ *cylindrica*	14. I	15°	„	20,53	20.74	0,50	0,85	2
	„ „	4. IV.	14°	Himmel bedeckt	20,60	26,79	0,32	8,9	0,46
	„ *maxima*	10. VI.	20°	Sonne	20,44	29,35	0,5	25,2	1,4
	„ *subulata*	30. IV.	16°	Diffuses Licht	20,67	22,46	1,04	0,3	3.7
	„ *dejecta*	30. IV.	16°	„	20,67	22,66	3,43	7	12
	„ *robusta*	11. VII.	30°	Sonne	20,62 u. 0,08 CO_2	42,80	0,93	30,11	1,21
	Cereus macrogonus	16. IV.	22°	„	20,66	29	0,23	16,7	0,46
	Mamillaria Newmanniana	2. VII.	33°	„	20,79	28,94	0,27	43.2	1,4
Euphorbiaceen	*Euphorbia maxillaris*	9. VII.	24°	„	20,77	39,66	0,20	145,5	1,54
Compositen	*Kleinia articulata*	9. VII.	24°	„	20,77	27,35	0,23	28,2	1

Der durch die Chlorophyllthätigkeit bewirkte Gaswechsel folgt in mehrfacher Hinsicht den Gesetzen des Luftwechsels durch Respiration. Die Intensität des Gaswechsels wächst, gleiche Beleuchtungsverhältnisse vorausgesetzt mit der Zunahme der Temperatur. So beträgt die durch die Assimilation ausgeschiedene Sauerstoffmenge und aufgenommene Kohlensäuremenge bei *Sedum carneum* bezogen auf 1 g Frischgewicht in der Stunde

bei	18°	72,2 mm³	O und	60,95 mm³	CO_2
„	21°	109,9 „	O und	85,5 „	CO_2
„	32°	147,3 „	O und	95,2 „	CO_2

Bei gleicher Belichtung und gleicher Temperatur ist die Assimilationsenergie älterer Versuchsobjekte geringer als diejenige jüngerer, z: B. *Opuntia monacantha.*

Sehr junger Trieb	Sauerstoffabgabe	139,2 mm³	CO_2aufnahme	89,2 mm³
Aelterer Trieb .	„	109 „	„	51,26 „
Alter Trieb . .	„	116 „	„	40,06 „

Noch entschiedener äußerte sich dieser Einfluss des Alters bei *Opuntia tomentosa.* Ein Trieb von einigen Wochen schied 170,4 mm³ O aus und absorbierte 36,4 Kohlensäure, ein Trieb von einem Jahre 41,9 mm³ O und 17,6 CO_2.

Gleiche Beleuchtung, gleiche Temperatur und gleiche Entwicklungsphase vorausgesetzt beobachten wir, dass der Assimilationsgaswechsel um so intensiver ist, je weniger fleischig die Versuchspflanze ist z. B.

Pereskia aculeata . . .	Sauerstoffabg.	286,9	Kohlensäureaufn.	253,8
Phyllocactus grandiflorus	„	91,9	„	45,1
Opuntia maxima . . .	„	49,9	„	21,1

Inbezug auf das Verhältnis der durch die assimilatorische Thätigkeit des Chlorophylls ausgeschiedene Sauerstoffmenge zur absorbierten Kohlensäuremenge ergeben Aubert's Versuche folgendes. Bei Nichtfettpflanzen ist dieser Wert stets nahe gleich 1, indem das Mittel einer größern Versuchsreihe 1,1 beträgt mit den Grenzwerten 1,04 und 1,23. Bei den Fettpflanzen ist dieser Wert ebenfalls stets größer als 1, meist erheblich größer, nämlich bei den Crassulaceen im Mittel 1,5, mit den Grenzwerten 1,12 und 3,57; bei den Cacteen 1,13—7,59, im Mittel 3,1.

Es geht also aus diesen Zahlen wieder hervor, dass der Wert $\frac{O}{CO_2}$ um so größer ist, je fleischiger die Teile einer Fettpflanze sind. Aus diesem Grunde ändert sich dieser Wert bei Individuen oder Teilen eines Individuums gleicher Art mit dem Alter.

Verf. erklärt diese Erscheinung in folgender Weise: „Der Sauerstoff der von diesen Pflanzen im Dunkeln aufgenommen wird, wird in Form sehr sauerstoffreicher organischer Säuren gespeichert. . . . Nun zersetzen diese Pflanzen, wenn sie dem Lichte ausgesetzt werden, ihre

organischen Säuren, ohne dass sie einer Absorption von Kohlensäure unmittelbar bedürfen. Außer den organischen Säuren, welche sie einschließen, zerstören sie die Kohlensäure, welche von der Atmung der tieferliegenden chlorophyllosen parenchymatischen Gewebepartien herrührt.

So nehmen diese Pflanzen für gewöhnlich von außen wenig Kohlensäure auf und scheiden nichts destoweniger Sauerstoff aus, eben den Sauerstoff, welcher aus den organischen Säuren stammt, die sich während der Nacht bildeten. Je fleischiger sie sind, um so reichlichere Mengen dieser Säuren haben sie aufgespeichert, um so mehr Sauerstoff scheiden sie also am Lichte aus".

(2. Stück folgt.)

Ueber die Ursache einer physiologischen Fernwirkung [1]).

Von **Leo Errera** in Brüssel.

Die meisten pflanzlichen Organe sind empfindlich gegen Einflüsse der Umgebung und reagieren, so lange sie wachstumsfähig sind, gegen solche Reize durch Beugungen nach einer bestimmten Richtung. In der That fühlen sie, sozusagen, jede asymmetrische Verteilung der Materie oder Energie in ihrer Umgebung. Auf diese Weise entstehen die geotropischen, heliotropischen, hydrotropischen, haptotropischen Krümmungen, welche allen Pflanzenphysiologen wohlbekannt sind.

Aber die vor zwei Jahren von Elfving beschriebenen, sehr interessanten Erscheinungen schienen zu keiner dieser bekannten Kategorien zu gehören und führten den ausgezeichneten Botaniker zur Annahme einer neuen Kraft, welche sich als eine „physiologische Fernwirkung" äußert, wie er sich ausdrückt.

Er fand nämlich, dass Stücke von Eisen und, in geringerem Grade, von Zink oder Aluminium sowie verschiedene organische Substanzen, wie Siegellack, Harz, Wurzeln lebender Pflanzen, die wachsenden, sporangientragenden Haare von *Phycomyces nitens*, eines wohlbekannten, zu den Mucorinen gehörigen Pilzes, anziehen. Alle anderen von Elfving untersuchten Metalle waren unwirksam, während die Haare von *Phycomyces* selbst sich gegenseitig abstießen.

Letztere Thatsache hatte ich selbst oft beobachtet und negativem Hydrotropismus zugeschrieben. Es entstand daher die Frage, ob nicht die von Elfving entdeckten Anziehungen einer ähnlichen Ursache zuzuschreiben seien. Denn da wir wissen, dass eine Oberfläche, welche Feuchtigkeit abgibt, die Haare von *Phycomyces* abstößt, so schien es wahrscheinlich, dass Wasserdampf absorbierende Stoffe die entgegengesetzte Wirkung haben und jene Haare anziehen könnten. Nun absorbiert Eisen sicherlich Wasserdampf beim Rosten, und seine besondre

1) In der Sektion *D* in der British Association gelesen am 5. Aug. 1892.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Keller Robert

Artikel/Article: Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie. 97-117