

Mittheilungen.

I. Busch: Untersuchungen über die Frage ob das Licht zu den unmittelbaren Lebensbedingungen der Pflanzen oder einzelner Pflanzenorgane gehört.

Eingegangen am 10. September 1889.

Meine Versuche, verschiedene grüne vegetative Pflanzentheile bei konstanter Verdunkelung zu beobachten, führten sehr bald zu der Ueberzeugung, dass die Zerstörung des Chlorophylls keine primäre Dunkelheitswirkung ist, sondern dass das Chlorophyll als solches im Dunkeln beliebig lange unverändert persistiren kann, vorausgesetzt, dass dabei die Zelle selbst am Leben bleibt, dass dagegen, wenn das Chlorophyll im Dunkeln zerstört wird, dies nur eine sekundäre Erscheinung ist, die in Begleitung des durch den Lichtmangel bedingten Absterbens der Zellen eintritt, als Symptom der Entleerung, die hier dem Tode vorangeht, analog wie die Zerstörung des Chlorophylls bei der herbstlichen Entleerung der Blätter.

Die Versuche wurden mit *Phaseolus multiflorus*, *Zea Mais*, *Drosera rotundifolia*, *Pelargonium*, *Pinus Parceli*, *Helianthus annuus*, *Ceratophyllum*, *Spirogyra*, *Conferva*, *Plectogyne*, *Nerium Oleander*, *Hedera Helix*, *Tradescantia*, *Abies excelsa*, *Abies pectinata*, *Juniperus communis*, *Aspidium filix mas* und *Equisetum hiemale* angestellt und die Blätter durch Umlegen von schwarzem Papier völlig verdunkelt. Die eigentlichen grünen Assimilationsorgane gehen bei konstanter Verdunkelung unter vorheriger Entleerung sämtlicher Zellen in kürzerer oder längerer Zeit zu Grunde. Die Entleerung erfolgte je nach den Pflanzenarten ungleich schnell; bei den sommergrünen Gewächsen und bei Pflanzen, die an hellen Standorten zu wachsen pflegen, scheint sie am schnellsten, bei den immergrünen und im Schatten wachsenden Pflanzen viel langsamer einzutreten. So dauerte es z. B. bei Epheu, *Plectogyne*, *Nerium*,

bei Coniferen ein bis mehrere Monate. Auch die Wasserpflanzen halten es im Dunkeln lange aus.

Die Entleerung trat in allen Zellen ganz regelmässig ein. Die Chlorophyllkörner traten allmählich von der Epidermiswand zurück und zogen sich nach dem Grunde der Zellen,¹⁾ wo sie schliesslich nicht mehr differencirt, zu zwei, drei, auch vier Klumpen zusammengeballt, lagen. Ihre ursprüngliche Grösse war bei *Phaseolus multiflorus* 7 μ ,²⁾ nach sechstägiger Verdunkelung 5,6 bis 6,5 μ , nach zwölftägiger Verdunkelung nur noch 2,5 bis 3.

Die gleiche Auflösung war bei den Zellkernen zu beobachten. Nach der sechstägigen Verdunkelung waren sie zwar noch etwas grösser geworden, aber nicht mehr so scharf gerändert; nach weiteren sechs Tagen hatten sie nur noch die Hälfte ihrer ursprünglichen Grösse. Das weiche, teigig körnige Protoplasma war schliesslich völlig wässerig und die Zellkerne ganz in ihnen verschwunden. Die in den Chlorophyllkörnern eingeschlossene Stärke, welche in den belichteten Blättern in bedeutenden Mengen nachzuweisen war, war während der Verdunkelung natürlich ganz verschwunden. In welcher Form sie nach Verdunkelung der Blätter auswandert, konnte ich leider nicht beobachten. Als solche war sie in den Blattstielen nicht wahrzunehmen, während SACHS dieselbe bei der herbstlichen Entleerung auf mikrochemischen Wege durch die Gewebe der Blattstiele hindurch in die Sprossachsen hinein deutlich verfolgen konnte. Es ist wahrscheinlich, dass sie bei der verhältnissmässig schnellen Bewegung nicht zu sichtbarer Ausscheidung gelangte.

Dass mit den organischen Substanzen auch gleichzeitig die werthvollsten Mineralbestandtheile der Blätter, besonders das Kali und jedenfalls auch die Phosphorsäure während der Verdunkelung in die nicht verdunkelten Pflanzentheile auswandern, bewiesen die Aschenanalysen assimilirender grüner Blätter, verglichen mit denen der einige Zeit verdunkelten.

40 assimilirende Blätter von *Phaseolus multiflorus* ergaben procentisch berechnet:

für Calcium 31,9 pCt.

für Kalium 16,3 pCt.

40, 21 Tage verdunkelte Blätter von *Phaseolus multiflorus* ergaben:

für Calcium 37,8 pCt.

für Kalium 13,0 pCt.

1) Eine Abbildung findet sich in meiner Dissertation. (Erlangen 1889) auf Tafel 1.

2) In meiner Dissertation ist in Folge eines lapsus calami überall statt tausendstel Millimeter: tausendstel Mikromillimeter gesetzt worden.

Gehört das Licht zu den unmittelbaren Lebensbedingungen der Pflanzen? (27)

Helianthus annuus belichtet,

1320 gcm einer Topfkultur:

für Calcium 14,1 pCt.

für Kalium 49,1 pCt.

380 gcm einer Gartenkultur:

für Calcium 20,8 pCt.

für Kalium 27,6 pCt.

Helianthus annuus, 20 resp. 27 Tage verdunkelt,

1320 gcm einer Topfkultur:

für Calcium 24,0 pCt.

für Kalium 37,1 pCt.

380 gcm einer Gartenkultur:

für Calcium 24,3 pCt.

für Kalium 21,8 pCt.

Aus den Zahlen dieser Analysen geht hervor, dass der Calciumgehalt, nach den Salzen procentisch berechnet, eine scheinbare Zunahme in den verdunkelten Blättern erfahren hat. Da dieses in Wirklichkeit nicht möglich ist und auch bei der analogen herbstlichen Entleerung bis jetzt nicht konstatiert worden ist, so kann dieses Plus nur der Abnahme der übrigen mineralischen Bestandtheile zugeschrieben werden. Aus den Analysen geht jedoch deutlich hervor, dass nach jeder Verdunkelung eine Abnahme von Kalium stattgefunden hat. Dieselbe betrug bei *Phaseolus multiflorus* 3,3 pCt., für *Helianthus annuus* 12 pCt. in der Topfkultur und 5,8 pCt. in der Gartenkultur. Der hohe Kaliumgehalt in der Topfkultur rührte wohl aus dem kalireichen Boden. Die grosse Abnahme nach der Verdunkelung liefert den Beweis, dass die Pflanzen möglichst viel werthvolle Stoffe, also namentlich Kali, den verdunkelten Blättern entziehen, während Calcium nicht resorbirt wird.

Das so werthvolle Chlorophyll wird durch die Verdunkelung nicht ohne weiteres zerstört und chemisch zersetzt, sondern unter chemischer Umwandlung in die belichteten Theile übergeführt.¹⁾ Diese Ueberführung ist nicht immer von gleichmässiger Dauer, sondern richtet sich nach der Widerstandsfähigkeit der Zellen gegen Verdunkelung. Sind diese nur kurz am Leben, so wandert die Chlorophyllsubstanz sehr bald aus, wenn sie aber lange im Dunkeln weiter existiren, bleibt auch das Chlorophyll längere Zeit in ihnen erhalten. Es lag mir daran, diese Chlorophyllmengen quantitativ zu bestimmen und benutzte ich zu der Bestimmung die auch von anderen Forschern schon viel-

1) Vergl. auch die diesbezügliche Bemerkung in Tschirch's Angewandter Anatomie, pag. 61.

fach als ebenso scharf wie leicht durchführbar erkannte Methode von TSCHIRCH.¹⁾

In der nachfolgenden Tabelle sind die Chlorophyllbestimmungen von *Phaseolus* aufgeführt, die dabei angegebene Zeit bezeichnet die Verdunkelungsdauer.

	Milligramme pro Quadratmeter Blattfläche	
1. normales Blatt	383,0	
2. 4 Tage verdunkelt	299,0	
3. 6 " "	252,0	
4. 9 " "	175,0	
5. 10 " "	18,0	die Spitze eines Blattes.
6. 10 " "	15,0	die linke Seite desselben Blattes.
7. 10 " "	8,4	die rechte Seite desselben Blattes.
8. 12 " "	7,7	die linke Seite.
9. 12 " "	7,3	die rechte Seite.
10. 14 " "	1,7	
11. 15 " "	—	

Hieraus ist ersichtlich dass die Entleerung bei *Phaseolus* eine sehr unregelmässige ist. Drei Stücke von ein und demselben Blatte zeigten einen wesentlichen Unterschied in der Chlorophyllmenge. Dieser Unterschied war auch schon äusserlich sichtbar.

Die weiteren Bestimmungen stelle ich in der nachfolgenden Tabelle zusammen.

	Die Tage bedeuten die Verdunkelungszeit	Milligramme pro Quadratmeter Blattfläche
<i>Plectogyne</i>	assimilirendes Blatt	623
"	40 Tage verdunkelt	— völlig gelb.
"	75 Tage "	607 intensiv grün.
<i>Pelargonium</i>	assimilirendes Blatt	449
"	6 Tage verdunkelt	279
"	8 Tage "	159
<i>Oleander</i>	assimilirendes Blatt	440
"	30 Tage verdunkelt	222
"	60 Tage "	183
<i>Helianthus</i>	assimilirendes Blatt	439
"	18 Tage verdunkelt	328
<i>Tradescantia</i>	assimilirendes Blatt	325
"	24 Tage verdunkelt	25

1) Ber. d. Botan. Ges. 1887, pag. 132, der TSCHIRCH'sche Apparat ist abgebildet in dessen Angewandter Pflanzenanatomie, pag. 17 u. Arch. d. Pharm. 1884, pag. 136.

Gehört das Licht zu den unmittelbaren Lebensbedingungen der Pflanzen? (29)

Einige Blätter sind, wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, gegen Verdunkelung sehr widerstandsfähig. Bei *Plectogyne* ist ein Blatt mit 623 mg Chlorophyll nach 40 Tagen völlig entleert, ein zweites, mit anfänglich demselben Chlorophyllgehalt, nach 70 Tagen fast ebenso wie ein assimilirendes Blatt. Es mag dies wohl mit dem Alterszustand der Blätter zusammenhängen. Die Oleanderblätter zeigten sich gegen Verdunkelung ebenfalls weniger empfindlich. In allen Beobachtungen ist aber auch hierdurch eine allmähliche Entleerung durch Verdunkelung wahrzunehmen.

Werden assimilirende grüne Blätter partiell verdunkelt, so zeigen sich ganz ähnliche Erscheinungen wie bei den total verdunkelten Blättern. Aber gerade hierdurch lässt sich beweisen, dass das Verschwinden des Chlorophylls keine direkte Dunkelheitswirkung ist, sondern mit dem jeweiligen Absterben der Zellen zusammenhängt. Es kommt hierbei speciell auf die Art der partiellen Verdunkelung an. Wird die obere Hälfte des Blattes z. B. von *Phaseolus* verdunkelt, so tritt in diesem verdunkelten Theile eine allmähliche Entleerung ein. Dieselbe ist gegen den vierzigsten Tag vollständig und dieser Theil fast durchsichtig.¹⁾ Die untere Hälfte bleibt bis zum Tode der Pflanze völlig grün. — Wird das mittlere Drittel verdunkelt, so tritt in diesem die Entleerung ein; dieselbe vollzieht sich bis auf die Leitbahnen. Sind diese Zellen leer, so wird das obere Drittel entleert und erst wenn dieser Theil abgestorben ist, sterben auch die Leitbahnen des mittleren Drittels ab. Aehnlich ist es mit der Verdunkelung der unteren Hälfte.

Wir sehen also aus diesen Versuchen sehr deutlich, dass die Blattrippen bei Verdunkelung nur dann rasch absterben, wenn ihre Funktion als Leitbahnen erloschen ist, in Folge des Todes desjenigen Blattstückes, welches sie zu versorgen haben, dass sie aber selbst unter Grünbleiben ihres benachbarten Gewebes unbegrenzte Zeit im Dunkeln sich am Leben erhalten, wenn sie zu Blattstrecken führen, welche am Lichte befindlich weiter leben. Es zeigt sich also darin sehr deutlich, dass nicht die Verdunkelung an und für sich die Zellen des Blattes tötet, sondern dass ihr Tod erst eine Folge der Funktionslosigkeit ist.

Werden grüne Pflanzentheile, z. B. Blattstiele und Internodien verdunkelt, so bleiben dieselben beliebig lange am Leben, so lange nur die darüber liegenden Assimilationsorgane am Leben sind. Meine Versuche mit den Blattstielen und Internodien von *Pelargonium* und *Phaseolus* lieferten hierfür den Beweis. Ein Blattstiel von *Pelargonium* war während sechs Monate verdunkelt, das daran befindliche Blatt

1) Herr Dr. TSCHIRCH hat diese Farbendifferenzen, die in den ersten Stadien nur sehr gering sind, mit Hilfe der neuer farbenempfindlichen Eosinsilberplatten (diese Berichte 1888, Heft 7) photographisch fixirt. Unter Benutzung dieser Bilder sind meine Skizzen entworfen worden.

(30) BUSCH: Gehört d. Licht zu d. unmittelbaren Lebensbedingungen d. Pflanzen?

war nach dieser Zeit wohl noch schöner grün als alle anderen, dabei war das Chlorophyll aus dem Blattstiel verschwunden.

Ein 10 cm langer *Pelargonium*-Blattstiel enthielt, belichtet, 0,13 mg Chlorophyll. Nach fünfzig Tagen 0,004 mg und nach weiteren zwanzig Tagen 0,002 mg. Wenn also auch bei ihnen eine allmähliche Chlorophyllauflösung stattfindet, so bleiben doch die einzelnen Zellen lebenskräftig.

Wir sehen also, dass die Erhaltung des Chlorophylls in der lebenden Zelle nicht direkt eine Wirkung des Lichtes ist, denn dasselbe kann in konstanter Dunkelheit sehr lange sich erhalten, dafern nur die Zelle selbst am Leben bleibt. Sein rasches Verschwinden ist also erst eine sekundäre, mit der Entleerung der Zelle zusammenhängende Erscheinung.

Auch Früchte und Samen bilden sich bei konstanter Verdunkelung voll und ganz aus, sobald eine genügende Anzahl assimilirender grüner Blätter vorhanden ist, welche das für den Aufbau dieser Organe notwendige Stärkemehl hervorbringen. Die Samen erreichen unter diesen Umständen normale Keimfähigkeit, wie die Versuche mit *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris*, *Brassica Rapa* und *Lupinus luteus* gezeigt haben. Sind nur wenige Blätter vorhanden, so fangen die Früchte sehr bald an zu verdorren und gehen dann zu Grunde. Den Beweis hierfür lieferte mir ein zweiter Versuch mit *Brassica Rapa*. Aus den obigen Versuchen scheint jedoch hervorzugehen, dass Früchte und Samen, welche Chlorophyll enthalten, im Lichte besser als im Dunkeln sich entwickeln können, was wohl mit der eigenen Assimilationsthätigkeit dieser chlorophyllhaltigen Organe zusammenhängen dürfte.

Anhangsweise möchte ich noch — obwohl dies nicht direkt unter das in dem Titel genannte Thema fällt — eine Reihe von Chlorophyllbestimmungen mittheilen, die ich in Gemeinschaft mit meinem Lehrer, Herrn Dr. TSCHIRCH, vorgenommen habe und die sämtlich nach der TSCHIRCH'schen Methode (vergl. oben) ausgeführt wurden. Dieselben betreffen ausschliesslich Blätter. Aus den Zahlen ergibt sich, dass die von TSCHIRCH in seiner Anatomie (pag. 57) angeführten Werthe auch für eine grössere Anzahl von Pflanzen zutreffend sind.

Es enthalten pro Quadratmeter Blattfläche absorbirende Chlorophyllsubstanz in Milligramm die Blätter von:

<i>Datura Stramonium</i>	667	<i>Reseda luteola</i>	397
<i>Syringa vulgar</i>	641	<i>Malva vulgaris</i>	388
<i>Vitis vinifera</i>	555	<i>Phaseolus multiflor.</i>	383
<i>Rheum undulatum</i>	521	<i>Borago officinalis</i>	370
<i>Rumex Patientia</i>	505	<i>Delphinium ajacis</i>	335
<i>Cannabis sativa</i>	496	<i>Salvia pratensis</i>	334
<i>Brassica Rapa</i>	489	<i>Tradescantia spec.</i>	325
<i>Quercus Robur</i>	468	<i>Fragaria elatior</i>	305
<i>Atropa Belladonna</i>	463	<i>Coleus Verschaffeldtii</i>	256
<i>Cynoglossum officinale</i>	460	<i>Valeriana officinalis</i>	249
<i>Nerium Oleander</i>	444		
<i>Helianthus annuus</i>	439	Der Thallus von:	
<i>Rumex alpinus</i>	427	<i>Laminaria Cloustoni</i>	191
<i>Tropaeolum majus</i>	399	<i>Delesseria sanguinea</i>	20,4

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Busch I.

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Frage ob das Licht zu den unmittelbaren Lebensbedingungen der Pflanzen oder einzelner Pflanzenorgane gehört. 1025-1030](#)