© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sitzung vom 26. Februar 1897.

Vorsitzender: Herr L. KNY.

Als ordentliches Mitglied ist vorgeschlagen Herr:

Jones, Charles E., B. Sc., University College, Liverpool (England) (durch P. MAGNUS und E. ZACHARIAS).

Der Vorsitzende giebt der Gesellschaft Nachricht von dem am 12. Februar erfolgten Ableben ihres Mitgliedes Herrn

Oberförster a. D. **C. Straehler**

in Jauer. Zum ehrenden Andenken an den Dahingeschiedenen erhoben sich die Anwesenden von ihren Sitzen.

Mittheilungen.

14. F. G. Kohl: Die assimilatorische Energie der blauen und violetten Strahlen des Spektrums.

Eingegangen am 4. Februar 1897.

In meinem Vortrag auf der Lübecker Naturforscher-Versammlung 1895 sowohl, als in meiner Publication über die Mechanik der Spaltöffnungsbewegung im Botanischen Beiblatt zur Leopoldina 1895 habe ich Versuche mitgetheilt, welche ich anstellte, um die Wirkung der verschiedenartigen Strahlen des Spektrums auf die Spaltöffnungen zu

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bestimmen. Unter Anwendung des REINKE'schen Spektrophors gelang es mir nachzuweisen, dass die Bewegung der Schliesszellen in den verschiedenen Regionen des Spektrums eine total verschiedene Schnelligkeit zeigt. Die gelben, grünen, violetten und ultrarothen Strahlen können den Mechanismus der Schliesszellen überhaupt nicht in Bewegung setzen. Die Strahlen im Roth zwischen *B* und *C* bewirkten die beginnende Oeffnung der Spaltöffnungen z. B. von *Trianea bogotensis* in 9 Minuten, die blauen Strahlen bei *F* in 7 Minuten; die Oeffnung war vollendet im Roth in 17 Minuten, im Blau in 25 Minuten. Hiernach kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Strahlen um *F* auf die Schliesszellen wirken, und man wird annehmen dürfen, dass es sich dabei entweder handelt um eine unmittelbare Wirkung des Lichtes auf die Turgor steigernden Substanzen resp. deren Erzeuger, oder aber um eine mittelbare, durch die Strahlen absorbirenden Chromatophoren der Schliesszellen. Sind bei der Inscenirung der Oeffnung der Stomata die Chromatophoren im Spiele, so wird das blaue Licht bei *F* auch die Assimilation spaltöffnungsfreier grüner Pflanzenorgane in Gang setzen müssen, weshalb es mir von besonderem Interesse erschien, die assimilatorische Energie der blauen Strahlen zu constatiren. Die vorliegenden Angaben in der Litteratur weichen ziemlich weit von einander ab. Ich greife nur einige der bekannteren heraus. Nach PFEFFER beträgt der Antheil der Assimilationsenergie der blauen und Indigo-Strahlen (leider ohne bestimmte Abgrenzung) 35,6 pCt. von der der gelben Strahlen und ist gleich derjenigen der rothen Strahlen. Die zum Zwecke der Elimination der Dispersion im Spektrum umgerechnete Zahlenreihe halte ich mit REINKE für nicht brauchbar.

ENGELMANN gelangt in seiner hochinteressanten Abhandlung „Farbe und Assimilation" (Bot. Ztg. 1883) zu folgenden relativen Werthen:

Grüne Zellen.

Sonnenlicht (Normalspektrum)

a	$B^1/_2C$	$C^1/_2D$	*D*	$D^1/_2E$	$E^1/_2b$	$E^1/_2F$	*F*	$F^1/_2G$	*G*	*H*
6,38	**100**	81,2	55,1	41.2	36,3	69,9	**86,1**	**80,9**	**47,2**	—
	Gaslicht (Normalspektrum)									
15,6	**100**	54,6	36,3	23,8	14,7	16	**16,9**	**18,8**	**4,5**	**2,6**

d. h. im Sonnenlicht-Normalspektrum erreicht die Assimilationsenergie eine Höhe von **86,1** pCt. bei *F*, von **80,9** pCt. bei $F^1/_2G$, von **47,2** pCt. bei *G* von der Maximalwirkung bei $B^1/_2C$. Im Gaslicht-Normalspektrum ist die Betheiligung der blauen und violetten Strahlen an der Assimilation ungleich geringer und bewegt sich zwischen 16,9 bei *F* und 2,6 bei *H*. In seiner späteren Publication „Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Assimilation in Pflanzenzellen“ (Bot. Ztg. 1884) theilt ENGELMANN in Tabelle I folgende Zahlen für grüne Zellen mit:

Assimilationsenergie der Strahlen	$\lambda = 522$	**39,3** pCt.	der Maximalwirkung bei $\lambda = 680$.
	$\lambda = 506$	**59,7** „	
(bei F)	$\lambda = 486$	**66,1** „	
	$\lambda = 468$	**59,3** „	
(bei G)	$\lambda = 431$	**45,9** „	

Obgleich, wie man sieht, auch hier die Assimilationsgrösse in den genau bezeichneten Regionen der stark brechbaren Hälfte des Spektrums hohe Werthe aufweist, so würde man aus dem Verlauf der Absorptionscurve doch noch höhere erwartet haben; denn wie man aus der Tabelle I ebenfalls erkennt, steigt die Absorptionsgrösse von $\lambda = 558$, wo das Grün beginnt, dauernd und rapid bis $\lambda = 431$, also bis G, denn n, die Absorptionsgrösse, durchläuft folgende Zahlenreihe:

	n
$\lambda = 718$	23,7
680	81,2
622	52,6
589	47,5
558 (Beginn des Grün)	40,2
522	51,0
506	63,2
486 (F)	83,4
468	86,3
432 (G)	90,7

Während demnach verglichen mit A (Assimilationsgrösse) sich n (Absorptionsgrösse) vom äussersten Roth bis in's Grün in allen Fällen im gleichen Sinne ändert wie A, so sinken die Werthe von A im stärker brechbaren Theile trotz anhaltend steigender Absorption. Wie bekannt, führt ENGELMANN diese Erscheinung auf das ziemlich schnell erfolgende Sinken der Energie des Sonnenlichtes in der blauen Hälfte des Spektrums zurück. Damit wäre das auffallende Sinken der Absorptionscurve hinter F trotz Steigerung der n-Curve verständlich gemacht. Bei F aber, also im Blau, durchschreitet die Assimilationscurve das bekannte zweite Maximum, und die Assimilationsenergie in dieser Region beträgt **86,1** pCt. von der im Roth $B^1/_2C$ (ENGELMANN 1883) oder **66,1** pCt. (ENGELMANN 1884). Die Elevation der Curve entspricht den Zahlen 36,3, 69,9, 86,1 (1883) und 39,3, 59,7 und 66,1 (1884).

Bekanntlich hat sich zwischen ENGELMANN's und REINKE's Versuchsresultaten bezüglich dieses zweiten Maximums bei F eine eclatante Differenz gezeigt, insofern REINKE von einer zweiten Erhebung der Assimilationscurve überhaupt nichts bemerken konnte. Allein hierzu

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kommt noch, dass nach den REINKE'schen Tabellen den Strahlen im Blau und Violett überhaupt eine ungleich schwächere assimilationserregende Kraft zukommt. Ich habe aus den REINKE'schen Versuchs-Protokollen folgende Werthe berechnet (Bot. Ztg. 1884):

Es kommen den Strahlen $\lambda = 52—43$

nach Versuch α) 1. **11,1** pCt.
2. **18,1** „
3. **26,4** „
4. **12,9** „

} der Totalwirkung des weissen Sonnenlichts zu.

α) 7. **9,3** „
8. **21,1** „
β) 10. **6,5** „

} $\lambda = 53^1/_3—45$

α) 12. **11,3** „
13. **5,8** „
14. **6,2** „
15. **5,8** „
β) 17. **9,1** „

} $\lambda = 52—46$

} der Totalwirkung des weissen Sonnenlichts.

$\lambda = 50—40$ *Da* **9,7** pCt.
$\lambda = 52—50$ *b* **9,0** „
$\lambda = 52—48$ Vers. 25. **31,0** „
$\lambda = 52—48$ 26. **16,6** „
$\lambda = 52—48$ 27. **19,3** „

} des Maximalwerths im Roth

$\lambda = 70—65$
$\lambda = 67—68$
$\lambda = 70—68$
$\lambda = 70—66$
$\lambda = 70—66$

Die Zahlen bis zum Versuch β) 17 bedeuten Procent der Totalwirkung des weissen Sonnenlichtes in jedem einzelnen Versuche, die Zahlen von Versuch *Da* bis Versuch 27 dagegen stellen Procent der Maximalzahl im Roth dar, erstere würden sich also erhöhen nach dem Verhältnisse, in welchem die rothen Strahlen zur Totalwirkung des Weiss in den einzelnen Versuchen stehen.

Ich habe die Werthe für Roth im Verhältniss zum weissen Licht nach den Tabellen von REINKE von 1—18 (excl. 5) berechnet.

1. 75,7 pCt.	8. 48,2 pCt.	14. 50,0 pCt.
2. 59,5 „	9. 36,2 „	15. 34,9 „
3. 54,7 „	10. 54,5 „	16. 39,7 „
4. 59,9 „	11. 52,3 „	17. 36,6 „
6. 32,7 „	12. 30,9 „	18. 53,3 „
7. 52,4 „	13. 47,0 „	

Das ergiebt im Mittel: **48,1** pCt., d. h. die Wirkung des Roth beträgt 48,1 pCt. von der des weissen Sonnenlichtes, die Werthe von α) 1 bis β) 18 werden demnach ungefähr verdoppelt, also

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

a 1 = 23,0 pCt.	β 10 = 13,5 pCt.
2 = 37,6 „	a 12 = 23,3 „
3 = 54,9 „	13 = 12,0 „
4 = 26,8 „	14 = 12,8 „
a 7 = 19,3 „	15 = 12,0 „
8 = 43,8 „	β 17 = 18,9 „

im Mittel $\frac{2979}{12}$ = **24,8** pCt. von der Wirkung des Roth.

Vergleicht man diese Zahl mit den von ENGELMANN für die Wirkung der Strahlen im Blau und Violett erhaltenen, so springt der himmelweite Unterschied ohne Weiteres in die Augen. Wenn auch REINKE selbst bereits auf diese wesentliche Differenz aufmerksam machte hat und für die Erklärung derselben auf zwei Möglichkeiten hinwies, nämlich erstens auf die, dass die betreffenden Strahlen vielleicht durch die Substanz seiner Prismen und seiner Collectorlinse geschwächt worden seien, oder zweitens auf die, dass Eigenthümlichkeiten der Versuchspflanze Störungen veranlasst hatten, welche den wahren Sachverhalt nicht erkennen liessen, so werde ich im Folgenden den Beweis erbringen, dass auch unter Anwendung seiner Versuchsanstellung die Strahlen um *F* und im benachbarten Violett eine weit grössere Activität verrathen, als in seinen Versuchen der Fall war. REINKE stellte zwar 1884 in Aussicht, diese Frage einem erneuten Studium zu unterziehen, da es bis jetzt jedoch nicht geschehen ist, wird er es mir nicht übel nehmen, wenn ich hier das von ihm reservirte Gebiet beschreite und bereits vor Jahren angestellte Versuche mit in diesem Jahre ausgeführten vereinige, um endlich diese Angelegenheit wieder zur Discussion zu bringen, welche in vieler Beziehung von eminenter Bedeutung für die ganze Assimilationsphysiologie ist.

Die Wahl der Methode war für mich nicht schwierig. Die eudiometrische war wegen der zu langen Dauer der Versuche bei Anwendung des objectiven Spektrums zunächst ausgeschlossen. Gegen die Bacterienmethode bin ich auf Grund der PRINGSHEIM'schen und meiner eigenen Erfahrungen misstrauisch geworden. PRINGSHEIM spricht bekanntlich gerade der successiven Methode ENGELMANN's, die für meine Zwecke allein in Betracht kommen konnte, aus näher angegebenen Gründen jeden Werth ab, und ich muss gestehen, dass meine Erfahrungen mit der Bacterienmethode, in welche ich mich wiederholt einzuarbeiten versuchte, mich nicht gerade zu weiterem Gebrauch derselben ermuthigt haben. Auch das von mir gezüchtete *Bacterium termo* Cohn erwies sich als sehr variabel in seiner Empfindlichkeit gegen Sauerstoff, ein Umstand, welcher die Resultate nach einander angestellter Versuche zum Vergleich wenig tauglich macht. Ein zweiter, ebenfalls schwer zu beseitigender Nachtheil der Methode

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ist die Thatsache, dass die minimalsten Sauerstoffreize, welche für die Bewegung der Bacterien genügen, noch bei Lichtintensitäten hervorgerufen werden, die schon die Grenzen berühren, bei welchen die deutliche Sichtbarkeit der Bacterien und ihrer Bewegung aufhört. Diese Schwierigkeit, die niedrigsten Lichtintensitäten, die für die Bacterienbewegung nöthig sind, numerisch genau durch die Grösse der betreffenden Spaltweite, bei welcher die Bewegung eben noch gesehen wird, festzustellen, ist so gross, dass die erhaltenen Zahlen als zuverlässig kaum betrachtet werden können. Ich sah mich daher zunächst genöthigt, zur Blasenzählmethode zu greifen, obgleich ich mir der Mängel derselben, wie ich weiter unten erläutern werde, aus eigener Erfahrung wohl bewusst war. Wenn ich trotzdem aus einer Sammlung früherer Notizen hier eine kleine Anzahl von Versuchen mittheile, so geschieht dies nur, um sie mit späteren, nach anderer Methode angestellten vergleichen zu können.

Versuch I. *Elodea.*

Hinter Kupferoxydammoniak (1 *cm* Schichtendicke) im Sonnenlicht: 1 Blase in (14). 10. 9. 9. 10. 8. 7. 8. 8. 8. 9. 8, im Mittel **8,5** Secunden.

Im weissen Licht: 1 Blase in (8). 6. 6. 6. 6. 6. 6. 7. 6. 6. 7. 6. 7. 7. 6. 8. 8. 7, im Mittel **6,6** Secunden.

Versuch I.

Hinter Kupferoxydammoniak (1 *cm* Schichtendicke) im Sonnenlicht: 1 Blase in (24). 14. 13. 13. 14. 15. 15. 14. 13. 13. 13, im Mittel **13,7** Secunden.

Im weissen Licht: 1 Blase in (10). 8. 8. 8. 8. 8. 9. 8. 9. 8. 8, im Mittel **8,2** Secunden.

Hieraus ergiebt sich das Verhältniss der Assimilationsenergie von Blau : Weiss wie **9,0 : 13,5**, oder der assimilatorische Effect des blauen Lichtes beträgt **66,6** pCt. von dem des gemischten weissen Sonnenlichts.

Versuch II. *Elodea.* Schichtendicke der absorbirenden Lösung 1,5 *cm*.

Es entwickeln sich im Mittel von 5—11 Zählungen:

Hinter	Kaliumbichromat	1 Blase in	**33,6**	Secunden,
„	Kupferoxydammoniak	1 „ „	**43,0**	„
„	Wasser	1 „ „	**24,7**	„

Es entwickelten sich demnach in 100 Secunden:

Hinter	Kaliumbichromat	**2,9**	Blasen,
„	Kupferoxydammoniak	**2,3**	„
„	Wasser	**4,4**	„

oder es verhalten sich die Assimilationsintensitäten in der rothen Hälfte, blauen Hälfte und im Weiss wie **65,8 : 5,22 : 100.**

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Versuch III. *Elodea.* Lichtquelle eine Skioptikonlampe von 30 N-Kerzen Lichtstärke.

Temperatur 30° C.

Im weissen Lichte: 1 Blatt in 16. 16. 16. 16. 17. 16. 16. 17. 16. 17. 16. 16. 16. 16. Secunden, im Mittel **16,2** Secunden.

Hinter Kaliumbichromat: 1 Blatt in 29. 30. 31. 30. 31. 31. 33. 32. 32. 33. 32. 33. 34. 33. 32 Secunden, im Mittel **31,7** Secunden.

Das ergiebt für gleiche Zeiten ein Verhältniss der Assimilationsenergie von 7,4 im Weiss zu 3,7 im Roth, also eine Energie im Roth von **50** pCt. derjenigen im Weiss.

Versuch IV. *Elodea.* Lichtquelle dieselbe Skioptikonlampe.
Temperatur 30° C.

Im weissen Licht: 1 Blatt 28. 29. 29. 28. 29. 29. 29. 28. 29. 28. 29. 29 Secunden, im Mittel **28,6** Secunden.

Hinter Kaliumbichromat: 1 Blatt in 60. 60. 72. 64. 66. 64. 63. 64. 66. 67. 66. 64. 65 Secunden, im Mittel **64,7** Secunden.

Woraus sich berechnet ein Antheil von **51,48** pCt. der Wirkung des Roth von der Gesammtwirkung im Weiss.

Versuch V. *Elodea.* Lichtquelle obige Skioptikonlampe.
Temperatur 23° C.

Im weissen Licht: 1 Blase in 12. 11. 11. 11. 11. 13. 10. 12. 10. 12. 11. 15. 11. 10. 13. 9. 8. 9. 10. 10. 9. 10. 10. 10. 10. 11. 10. 10 Secunden, im Mittel in **10,7** Secunden.

Hinter Kaliumbichromat: 1 Blase in 29. 22. 25. 26. 31. 24. 21. 24. 21. 25. 20. 23. 24. 24. 23. 22. 24. 24. 23. 24. 22. 24. 22. 24. 23 Secunden, im Mittel in **24,6** Secunden.

Im weissen Licht: 1 Blase in 8. 9. 8. 8. 8. 9. 9. 9. 9. 8. 9. 9 Secunden, im Mittel **8,6** Secunden.

Die Mitwirkung des Roth beträgt hiernach **38,4** pCt. von der des Weiss. Die Temperatur war hier um 7° C. niedriger.

Versuch VI. *Elodea.* Im Schwefelkohlenstoff - Spektrum ohne Spektrophor.

Zahl der Secunden zwischen je zwei Blasen im Mittel aus je 6 Zählungen:

im Blau-Violett	160,0
„ Gelb	87,5
„ Roth	39,3

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Auf 1000 Secunden kommen darnach

im Blau-Violett . .	6,25	Blasen,	also auf	24
im Gelb	11,40	„	„ „	44
im Roth	25,40	„	„ „	**100**

Versuch VII. *Elodea*-Spross.

Im rothen Theil des Spektrums: 1 Blase in 10. 10. 9. 9. 9. 16. 7. 11. 11. 13. 3. 3. 14. 9. 7. 8. 8. 5. 5. 7,5. 7,5. 5,5. 5,5. 5. 5. 8. 8. 10. 10. 8. 8. 8. 8. 8. 7,5. 7,5. 8,5. 8,5. 7,5. 7,5 Secunden, im Mittel **8,2** Secunden.

Im blau-violetten Theile des Spektrums: 1 Blase in 10. 7. 5. 8. 7,5. 7,5. 7,5. 7,5. 9. 9. 13. 13. 8,5. 8,5. 10. 10. 5. 5. 8,5. 8,5. 7. 7. 7. 7. 5. 5. 9. 9. 8. 8. 7. 7 Secunden, im Mittel **7,9** Secunden.

Im rein violetten Theile des Spektrums: 1 Blase in 5,5. 5,5. 5. 5. 5. 4. 4. 4,5. 4,5. 6. 6. 5,5. 6. 6. 5. 5. 5. 5. 4,5. 4,5. 5. 5. 4. 4. 4,5. 4. 5. 5. 5. 6. 5. 4,5. 5. 5 Secunden, im Mittel **5,0** Secunden.

Es werden demnach in 100 Secunden entwickelt im Roth 12,0, im Blau 12,5, im Violett 20 Blasen; es verhalten sich die Wirkungen zu einander wie **50 : 52,4 : 83,2.**

Versuch VIII. *Elodea*-Spross.

Im rothen Theil des Spektrums: 5 Blasen in 12. 12. 12. 10. 11. 11,5. 13. 11. 13. 16. 11. 12. 11. 11. 12. 13 Secunden, also 1 Blase in **2,4** Secunden.

Im blauen Theil des Spektrums: 5 Blasen in 10. 9. 11. 15. 10. 10. 11. 12. 12. 16. 11. 10. 12. 14. 12. 11. 16. 11. 10. 10. 17. 13. 17 Secunden, also 1 Blase in **2,3** Secunden.

Im violetten Theile des Spektrums: 5 Blasen in 11,5. 12,5. 8. 9. 13. 10,5. 11. 13. 12. 15. 11. 11. 6,5. 7. 8. 9. 10. 8. 8. 12. 9. 10. 11,5. 10. 10. 11 Secunden, also 1 Blase in **2,0** Secunden.

Hiernach werden in 100 Secunden entwickelt im Roth 41,6, im Blau 43,4, im Violett 50 Blasen; es verhalten sich darnach die Wirkungen zu einander wie **50 : 52,1 : 60,0.**

Da diese und ähnliche Zahlenreihen hier nicht angeführter Versuche trotz genauester Berücksichtigung aller Vorsichtsmassregeln unter einander abweichende Resultate besonders in Bezug auf die Energie der violetten Strahlen aufwiesen, entschloss ich mich, die Methode der Blasenzählung nochmals auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen. Bevor ich zu diesem Punkte übergehe, möchte ich die mitgetheilten Versuche noch einer kurzen Discussion unterwerfen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

In Versuch I stellte sich bei der spektroskopischen Untersuchung der 1 *cm* dicken Schicht der Kupferoxydammoniaklösung heraus, dass noch eine Spur Roth von derselben durchgelassen wurde; dadurch musste die Wirkung der blauen Hälfte des Spektrums zu hoch ausfallen. Die von mir angewandte Kupferoxydammoniaklösung lässt bei 2 *cm* Schichtendicke ausser Blau und Violett noch etwas Grün und eine minimale Spur Roth durch. Bei 2 *cm* Schichtendicke dagegen nur noch eine minimale Menge Grün neben Blau und Violett; bei 4,5 *cm* Schichtendicke passirt nur noch Blau und das gesammte sichtbare Violett die Lösung. Dies gilt sowohl für Gas- wie Sonnenlicht.

Daher ist im Versuch II bei etwas dickerer Kupferoxydammoniakschicht die Wirkung in der blauen Spektralhälfte bereits etwas herabgesetzt, denn die rothe Hälfte verhielt sich zur blauen und zum Totallicht wie 65,8 : 52,2 : 100.

Versuche III, IV und V beweisen, dass der Antheil der rothen Hälfte an der Totalwirkung des Lichtes einer Skioptikonlampe beträgt 38,40, resp. 50,00, resp. 51,48 pCt. In Versuch V wurde die Temperatur des Wassers absichtlich auf 23° C. gebracht, wodurch die Assimilation entschieden gesteigert wurde, sowohl im Roth als im Volllicht.

Versuch VI. Trotz des Vorhandenseins der Dispersion, es wurde ohne Spektrophor gearbeitet, ist die Wirkung des Blauviolett doch pCt. von der im Roth.

Aeusserst interessant sind die beiden Versuche VII und VIII. In ihnen kam das Spektrophor zur Verwendung. Ueberraschend war die starke Wirkung im Violett. Es machte schon früher in einigen Versuchen auf mich den Eindruck, als ob die Blasen im Violett sich mitunter geradezu überstürzten; jedenfalls habe ich häufig schon, ohne genaue Zählung anzustellen, ein besonders hastiges Entweichen der Sauerstoffbläschen im violetten Lichte bemerkt und war dann um so erstaunter, mitunter wieder in derselben Region eine abnorm langsame Blasenentwickelung zu finden. Wollte man die Resultate der Versuche VII und VIII als richtig ansehen, so überträfe die Wirkung des Violett die des Blau um ein Beträchtliches, während Blau und Roth einander etwa gleich wären.

Jedem, der sich mit der Blasenzählmethode viel beschäftigt hat, wird es aufgefallen sein, dass gelegentlich auch bei völliger Constanz der Lichtquelle das Tempo der Blasenentwickelung plötzlich sich ändert; ja es kommt sogar nicht selten vor, dass trotz fortgesetzter Belichtung der Blasenstrom ganz aussetzt, um bald wieder zu beginnen oder ganz auszubleiben, wenn man nicht durch Herstellung einer neuen Schnittfläche am Versuchsspross eingreift. Wechselt man Lichtintensität und Lichtart plötzlich, so wird man immer eine Unregelmässigkeit im Tempo des Blasenstromes bemerken, das Object muss sich gleichsam erst der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

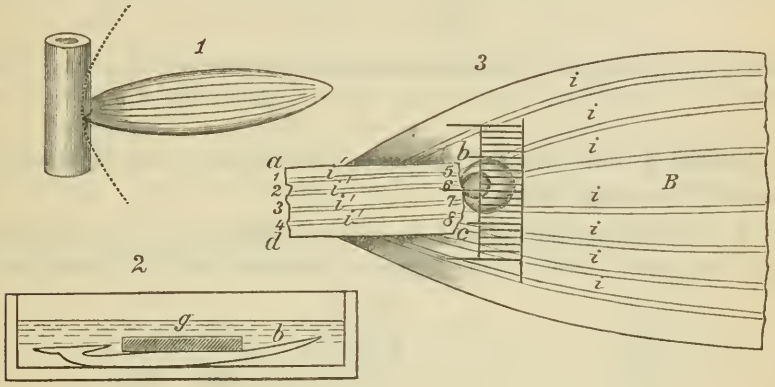
neuen Lichtquelle anpassen (was übrigens mit Umlagerungen der Chloroplasten in Zusammenhang stehen mag) und erst nach mehr oder minder langer Zeit kommt es wieder zu regelmässiger Blasenentwickelung. Häufig ist es leicht zu beobachten, dass die Blasengrösse auch am gleichen Object nicht dieselbe bleibt, und im Allgemeinen machte es mir den Eindruck, als ob die Blasen bei starker Sauerstoffproduction kleiner seien als bei schwacher; ich werde weiter unten den Erweis erbringen, dass diese Vermuthung eine richtige war. Daraus folgt nun ohne Weiteres, dass bei allen Untersuchungen, welche unter Anwendung der „Blasenzählmethode" angestellt wurden, die Zahlen für die schwächer wirksamen Lichtarten zu niedrig ausfallen mussten.

Um diesen Unannehmlichkeiten der alten Methode zu entgehen, bediene ich mich seit geraumer Zeit einer neuen, gleichsam einer mikroskopischen Blasenzählmethode, d. h. ich lasse von einem *Elodea*-Blatte, welches ich in bestimmter, unten näher beschriebener Weise vom Stengel abschneide, unter dem Mikroskop Blasen entwickeln. Indem ich gleichzeitig das Bild der Mikrometerscala in das Gesichtsfeld projicire, bin ich im Stande, den Durchmesser jeder sich entwickelnden Sauerstoffblase mit grosser Genauigkeit zu messen. Dabei ist entweder nur der stetig wachsende Durchmesser einer Blase zu bestimmen, wenn letztere während der ganzen Versuchszeit, welche ja in den meisten Fällen eine kurze ist, hängen bleibt, oder ich messe und zähle zugleich, wenn mehrere Blasen auf einander folgen. Schon dass an einem Versuchsobject je nach der Lichtwirkung etc. einmal kleinere Blasen auf einander folgen, ein anderes Mal eine einzige Blase lange Zeit hindurch verbleibt und sich vergrössert, ehe sie sich ablöst, beweist die Unzulänglichkeit der bisherigen Blasenzählmethode. Das unbewaffnete Auge hält die sich ablösenden Blasen für volumengleich, was sie häufig durchaus nicht sind. Nach meiner Methode, welche ich die „volumetrische Blasenzählmethode" nennen will, ist es ganz gleichgiltig, ob die Blasen kleiner oder grösser sind im Moment der Ablösung, sie werden gezählt und gemessen, so dass man alsdann sogar mit wenig Mühe das Volumen des jeweilig erzeugten Sauerstoffs berechnen kann. Ein weiterer Vorzug meiner Methode ist der, dass man stets dieselbe Blattfläche und diese stets mit senkrecht auffallenden Strahlen belichtet. Arbeitet man nach der alten Methode, so ist man nie im Klaren über die Belichtung, denn man mag den *Elodea*-Spross orientiren wie man will, immer werden grössere Blätter- und Stengeltheile sich im Schatten befinden, auch haben die Blätter des Versuchssprosses die verschiedenste Lage im Raume und werden von den einfallenden Strahlen in der verschiedensten Richtung getroffen. Alle diese und noch eine Reihe anderer Mängel sind bei meiner Methode beseitigt. Sie bietet überhaupt nur eine Schwierigkeit, das ist die Herrichtung des Versuchsobjectes. Ich trenne ein Blatt vom Stengel,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

indem ich den Schnitt mit scharfem Rasirmesser führe, wie in der Fig. 1 durch die punktirte Linie angedeutet ist und lege das abgeschnittene Blatt so auf den Boden eines mit wenig Wasser gefüllten Glasschälchens, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Ein kleines Glasstück verhindert jede Lagenänderung des Blattes. Die Intercellulargänge des *Elodea*-Blattes, in denen der Sauerstoff nach dem Stengel wandert, setzen in der Blattinsertionsgegend an der Achse parallel und nahe der Stengel-Epidermis verlaufend an. Das Versuchsobject nimmt sich daher unter dem Mikroskop folgendermassen aus: (Fig. 3.)

a b c d ist der mitabgeschnittene Stengelrest, *B* das Blatt mit den Intercellulargängen *i i*, welche mit denen des Stengels *i' i'* in Communication stehen. Unmöglich würde das Blasen-Zählen und -Messen



sein, wenn im vorliegenden Falle etwa an allen acht Oeffnungen der Stengelintercellulargänge Blasenentwickelung erfolgte Glücklicher Weise scheint dies nie einzutreten; ich habe immer nur aus einer Oeffnung, selten aus zwei, Blasen kommen sehen; die Intercellulargänge *i' i'* stehen also seitlich in Verbindung und der gesammte Assimilations-Sauerstoff tritt vereint, hier etwa bei *6* aus. An diese Stelle bringt man nun das Bild der Mikrometerscala und kann dann mit grosser Genauigkeit den Durchmesser der Gasblase messen.

Eine kleine Fehlerquelle liegt bei meiner Methode darin, dass die Sauerstoffblasen nicht genau Kugelgestalt haben, so lange sie noch nicht losgelöst sind, sondern mit einer konischen Verlängerung an der Austrittsöffnung ansitzen. Allein vergleichende Messungen haben mir gezeigt, dass der entstehende Fehler nur bei ganz kleinen Blasen in Betracht kommen kann. Solche aber braucht man nicht zur Messung zu benutzen, da man die Beobachtungszeit und damit die Blasengrösse ja beliebig steigern kann.

Mit Hülfe dieser verbesserten Methode habe ich eine Reihe von Bestimmungen der Assimilationsenergie vorgenommen, von welchen ich nur ein paar hier anführen will; in extenso werde ich dieselben an

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

anderem Orte mittheilen, wenn meine diesbezüglichen Untersuchungen, die ich wegen mangelnden Sonnenscheins unterbrochen habe, zum Abschluss gekommen sind.

Versuch IX mit *Elodea*-Blatt unter Anwendung des Spektrophors.

Versuchszeit: 5 Minuten. Durchmesser der Blase 1. 14,5, 2. 14,3, 3. 14,0, 4. 14,0, 5. 14,0 Theilstriche des Ocular-Mikrometers.

Berechnet man hieraus die Volumina der Gasblasen, so ergeben sich folgende Zahlen:

1.	12 270	Cubik-Einheiten
2.	12 249	„
3.	11 394	„
4.	11 394	„
5.	11 394	„

welche man leicht in Cubikmikromillimeter umrechnen kann, da 1 Theilstrich der verwendeten Ocularmikrometer-Scala = 0,015 *mm* ist.

Versuch X mit *Elodea*-Blatt unter Anwendung des Spektrophors (Schwefelkohlenstoffprisma).

Aus 24 Messungen, je vier im weissen Licht resp. in einer Spektralregion angestellt, erhielt ich folgende Mittelwerthe in Cubikeinheiten:

weiss	73 920	
roth	32 067	($- \lambda =$ 620)
gelb	9 203	($\lambda =$ 590 – 570)
grün	14 127	($\lambda =$ 565 – 510)
blau	18 482	($\lambda =$ 490 – 430)
violett	7 238	($\lambda =$ 430 – 395).

Diese Zahlen berechtigen zu folgenden Schlüssen, sofern nicht fortgesetzte Versuche andere Resultate ergeben; alle mir jetzt bereits vorliegenden, hier noch nicht zum Abdruck gebrachten Messungen stehen mit obigen Befunden in hinreichendem Einklange.

1. Der Antheil des Roth an der assimilatorischen Wirkung des Sonnenlichtes beträgt, wie ich bereits aus den REINKE'schen Werthen berechnen konnte, etwa 50 pCt. von der Wirkung des unzerlegten Sonnenlichtes.

(Versuch II nach der alten Blasenzählmethode ergab ein ähnliches Verhältniss, ebenso die Versuche III, IV und V.)

2. Nächst Roth ruft Blau ($\lambda =$ 490 – 430) die stärkste Assimilationswirkung hervor; dieselbe bleibt nur wenig hinter der des Roth zurück.

(Uebereinstimmung mit Versuch II nach der alten Methode; annähernde Uebereinstimmung mit Versuch VII und VIII. Auch aus

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ENGELMANN's Zahlen ergiebt sich eine Wirkung der blauen Strahlen von ungefähr 40 pCt. der Totalwirkung des weissen Lichtes. REINKE's Zahlen entsprachen dagegen ca. 12,4 pCt.)

3. Grün bis zur Linie *b* betheiligt sich sodann am meisten am Assimilationsprocess, wenn auch die Menge des im grünen Licht entwickelten Sauerstoffs nur noch etwa halb so gross ist als die im Blau.

(Also etwa 20 pCt. von der Wirkung im Weiss. Nach ENGELMANN etwa 19 pCt.)

4. Der gelben Region des Spektrums kommt nur ein relativ geringer Einfluss auf die Kohlensäure-Zersetzung zu, etwa 12 pCt. von der Wirkung des weissen Lichtes.

(Annähernde Uebereinstimmung mit Versuch VI. Abweichend von ENGELMANN, der eine Wirkung von 25 pCt. constatirte.)

5. Am schwächsten ist der assimilatorische Effect der violetten Strahlen.

(Annähernde Uebereinstimmung mit dem Versuch VI, vollkommen weichen dagegen Versuch VII und VIII ab. Die im Violett entwickelten Sauerstoffblasen müssen kleiner sein im Augenblick der Ablösung. Abweichend von ENGELMANN, der eine viel höhere Assimilationsenergie der violetten Strahlen fand.)

Schon diese wenigen Beispiele genügen, um unter Anderem darzulegen, dass der Antheil der blauen Strahlen des weissen Lichtes an der Assimilationswirkung bisher auffallend unterschätzt worden ist und dass hierauf bezügliche Stellen wie die von SACHS (in seinen „Vorlesungen", p. 367), von HANSEN in seiner „Physiologie der Pflanzen" (p. 101), von NOLL im „Lehrbuch der Botanik für Hochschulen" (p. 167) etc. hinfällig werden. Dagegen erblicke ich in meinen Versuchen eine Bestätigung der Angaben ENGELMANN's über die zweite Erhebung der Assimilationscurve für grüne Zellen im Blau, welche aller Wahrscheinlichkeit nach etwa bei der Linie *F* culminirt. Das Fehlen dieses zweiten kleineren Maximums bei REINKE führe ich daher weniger auf etwaige Absorptionen der blauen Strahlen im Glas des Prismas und der Linsen zurück, als auf den oben aufgedeckten Mangel der von ihm gebrauchten Methode.

Der reichliche Gehalt des Chlorophyllkornes an gelben und gelbrothen Farbstoffen wie Xanthophyll, Carotin etc., welcher durch neuere Untersuchungen constatirt wurde, würde dann begreiflich werden, wird doch die Absorption der ganzen blauvioletten Hälfte des Spektrums durch sie bewirkt, so zwar, dass sich die einzelnen gelben Farbstoffe in dieser Absorptionswirkung geradezu gegenseitig ergänzen. Das Carotin absorbirt bekanntlich die Region zwischen *F* und *H*, das Blau, das Xanthophyll diejenige rechts von *H*, also das Violett.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Habe ich vorläufig hier in erster Linie die blauen Strahlen in's Auge gefasst wegen ihrer Beziehung zum Carotin, über welches ich Mittheilungen zu machen im Begriffe stehe, so wird eine weitere Aufgabe sein, den assimilatorischen Effect des Violett noch eingehender zu untersuchen. Die bisher von ENGELMANN, REINKE und mir erhaltenen Resultate werden sich controlliren lassen durch den Ausfall von Culturversuchen grüner Pflanzen in den verschiedenen Lichtarten unter sonst gleichen Verhältnissen. Die über diesen Punkt in der Litteratur verstreuten Angaben (BERT, HUNT, SACHS, KRAUS, MEYER, WEBER, MORGEN, MACANO etc.) weichen weit von einander ab; ich habe daher zunächst Algenculturen hinter farbigen, spektroskopisch genau definirten Schirmen aufgestellt und werde durch Trockengewichtsbestimmungen die Assimilationsfähigkeit der Algen in den einzelnen Regionen bestimmen. Der Erfolg dieser Versuche muss um so gesicherter erscheinen, als durch REINKE (Die Abhängigkeit des Ergrünens von der Wellenlänge des Lichtes 1893, Sitzungsber. d. k. p. A. d. Wiss.) der Beweis erbracht wurde, dass alle leuchtenden Strahlen des Sonnenspektrums zwischen den FRAUNHOFER'schen Linien *A* und *H* das Ergrünen der Pflanzen, wenn auch natürlich in verschiedenem Masse, bewirken. Es werden also neu sich bildende Chlorophyllkörner ergrünen und an der Assimilationsarbeit sich betheiligen können.

Für die Versuche im Violett (Strahlen rechts von *H*) wird freilich die assimilatorische Thätigkeit etwa neugebildeter Chloroplasten ausgeschlossen sein, da sie in dieser Spektralregion nicht zu ergrünen vermögen. Weitere Mittheilungen werde ich machen, wenn besseres Licht mir den Abschluss begonnener Versuchsreihen erlauben wird.

Marburg, den 30. Januar 1897.

---

15. Friedrich Czapek: Zur Physiologie des Leptoms der Angiospermen.

Eingegangen am 7. Februar 1897.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen, über welche ich im Nachfolgenden kurz berichte (die ausführliche Mittheilung soll bald an anderer Stelle erscheinen), lassen sich im Allgemeinen dahin zusammenfassen, dass die charakteristische Function des Leptoms der höheren Pflanzen in der Transportirung sowohl der stickstofffreien als auch der

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: 15

Autor(en)/Author(s): Kohl Friedrich Georg

Artikel/Article: Die assimilatorische Energie der blauen und violetten Strahlen des Spektrums. 111-124