

## 8. N. Pringsheim: Zur Beurtheilung der Engelmänn'schen Bacterienmethode in ihrer Brauchbarkeit zur quantitativen Bestimmung der Sauerstoffabgabe im Spectrum.

Eingegangen am 22. Oktober 1886.

Ich habe bereits früher<sup>1)</sup> die Resultate mitgetheilt, die ich mit beiden Formen der Anwendung der Engelmänn'schen Methode, der simultanen und successiven, erhalten habe, und die mit den betreffenden Angaben von Engelmänn über den Gegenstand nicht in Uebereinstimmung stehen. Meine dort geäußerten Bedenken und Einwendungen, die ich namentlich gegen die Verwendung der successiven Beobachtungsweise zu numerischen Bestimmungen und gegen die Zuverlässigkeit der mit derselben von Engelmänn gewonnenen Zahlen und Curven über die Verbreitung der Sauerstoffabgabe der Gewächse im Spectrum erhoben hatte, haben aber auch in dessen jüngstem Versuche seine Methode zu vertheidigen<sup>2)</sup> keine Würdigung und ebensowenig die nöthige Berücksichtigung erfahren. Ich sehe mich daher veranlasst auf den Gegenstand nochmals zurückzukommen und aus meiner früheren Darstellung, auf welche ich bezüglich jeder weiteren Ausführung verweise, hier wenigstens einige entscheidende Punkte, welche die letzte Publikation von Engelmänn unbeantwortet gelassen hat, in möglichster Kürze zu wiederholen.

Die Verwerthbarkeit der successiven Beobachtungsweise zur numerischen Bestimmung der relativen Grösse der Sauerstoffabgabe im Spectrum wird, wie ich mich durch vielfache Versuche überzeugt habe, durch die grosse Unsicherheit und Unregelmässigkeit der Resultate, die man mit derselben erhält, beeinträchtigt. Die minimalste Spaltweite für die Bewegung der Bacterien in den verschiedenen Farben, aus welcher Engelmänn das Grössenverhältniss der Sauerstoffabgabe in denselben bestimmen will, lässt sich mit einer nur einigermaßen genügenden Präzision gar nicht feststellen.

Wie es scheint ist schon die Annahme, dass die Bacterien, die dem jedesmaligen Versuche unterliegen, gleich empfindlich für

1) Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. XVII, p. 162; — als vorläufige Mittheilung in Pflüger's Archiv, Bd. XXXVIII, S. 142; und p. LXXII des Generalversammlungsberichtes der D. B. G. vom Jahre 1885; siehe diese Berichte Bd. III.

2) Zur Technik und Kritik der Bacterienmethode. Botan. Zeitung. 1886, und Pflüger's Archiv, Bd. XXXIII.

Sauerstoff sind, an sich nicht durchweg zutreffend. Man kann daher auch nicht unbedingt behaupten, wie dies doch das Messverfahren von Engelmann voraussetzt, dass die minimalsten Spaltweiten, bei welchen die Bewegung erfolgt; stets gleiche Sauerstoffreize ausdrücken und gleiche Mengen von entwickeltem Sauerstoff angeben. Allein auch ganz abgesehen hiervon, liegt doch die Unmöglichkeit, die gesuchten Grössen genau und sicher zu bestimmen, schon in dem Umstande, dass die minimalsten Sauerstoffreize, welche für die Bewegung der Bacterien genügen, effectiv noch bei Lichtintensitäten hervorgerufen werden, die schon die Grenzen berühren, bei welchen die deutliche Sichtbarkeit der Bacterien und ihrer Bewegung aufhört. Diese in der physiologischen Wahrnehmbarkeit liegende Schwierigkeit, die niedrigsten Lichtintensitäten, die für die Bewegung nöthig sind, numerisch genau durch die Grösse der betreffenden Spaltweite, bei welcher die Bewegung noch gesehen wird, festzustellen, ist so gross, dass sie alle Versuche, mit dieser Methode brauchbare und zuverlässige Zahlen zu gewinnen, illusorisch macht. Es mag wohl hin und wieder, in mehr oder weniger zahlreichen Fällen, gelingen, das Aufhören der Bewegung bei einer genau bestimmbareren Lichtintensität, bei welcher noch eine scharfe und deutliche Beobachtung möglich ist, zu konstatiren; allein in den allermeisten Fällen lässt sich doch die Bewegung bis nahe zum Verschwinden der deutlichen Sichtbarkeit der Objekte verfolgen. Hier ist dann jede exacte Bestimmung der Grösse der Spaltweite, bei welcher die Bewegung aufhört, ausgeschlossen.

So kann ich, um ein Beispiel anzuführen, bei direkter Sonne und bei der durch mein Projektionsobjektiv gegebenen Länge des Spectrums die Bewegung der Bacterien in den nach Vorschrift angefertigten Präparaten noch bis zu einer Spaltweite von  $0,008\text{ mm}$  in allen Farben mindestens bis F. Fraunhofer verfolgen. Bei geringerer Spaltweite fängt sie an unmerklich zu werden. Aber schon bei  $0,006\text{ mm}$  bis  $0,005\text{ mm}$  Spaltweite hört unter diesen Umständen jede deutliche Beobachtung des Objekts für mich auf.

Für andere Lichtintensitäten und andere Lichtquellen gelten selbstverständlich andere Zahlen für die Grenze der Bewegung und der Sichtbarkeit; sie führen aber immer zu der gleichen Folgerung, d. h.: Das Erlöschen der Bewegung der Bacterien und die Grenze ihrer Sichtbarkeit liegen in allen Farben und unter allen Umständen äusserst nahe bei einander; so nahe, dass es nach meinen Befunden gar nicht möglich erscheint mit dieser Methode zu Resultaten zu gelangen, die nachweisen sollen, dass die minimalsten Spaltweiten für die Bewegung im Roth, Gelb, Grün, Blau sich zu einander verhalten, wie etwa:

$$1 : 2 : 4 : 8,$$

wie dies Engelmann wirklich gefunden haben will, und wie dies seine übrigens auch sonst ganz unhaltbare Hypothese, dass die Assimilations-

grösse dem Produkt aus der Wärme-Energie und der Gesamt-Absorption der betreffenden Farbe gleich ist, nothwendig verlangt.

Differenzen der Spaltweiten in den Farben, nach welchen der Stillstand oder der Beginn der Bewegung im Roth z. B. bei einer 8-fach kleineren Spaltweite, als im Blau, oder einer 4-fach kleineren, als im Grün u. s. w. eintreten soll, lassen sich eben nicht beobachten, aus dem einfachen Grunde, weil die kleinsten Spaltweiten für die Bewegung, bei welchen diese noch deutlich sichtbar ist, in den betreffenden Farben gar nicht so weit auseinander liegen.

Meine Beobachtungen hierüber erstrecken sich, wie ich ausdrücklich hervorheben will, sowohl auf den Eintritt des Stillstandes, als auf den des Beginnes der Bewegung. Sie gelten daher sowohl, wenn man, wie dies Engelman that, die Spaltweite zu bestimmen sucht, bei welcher die Bewegung bei allmäliger Verengerung der Spalte, aufhört, oder unmerklich zu werden beginnt, als auch, wenn man, wie ich dies noch ausserdem zur Kontrolle gethan habe, die Weite der Spalte bestimmen will, bei welcher die Bewegung nach eingetretenem Stillstande bei allmäliger Erweiterung der Spalte von Null an wieder beginnt.

Dieses letztere Verfahren erscheint Engelman als eine unzulässige Anwendung seiner Methode, und hierauf bezieht sich die Bemerkung in der Nachschrift seines Aufsatzes,<sup>1)</sup> ich hätte seine Methode nicht richtig angewandt. Ich dagegen betrachte dasselbe als eine nothwendige und angemessene Kontrolle seines Verfahrens, und als solche habe ich es neben jenem zur Anwendung gebracht. Auch bietet das Aufsuchen der geringsten Lichtintensität für den Beginn der Bacterien-Bewegung, wie ich schon früher beschrieb,<sup>2)</sup> mancherlei Vortheile, die in einer möglichen Abwechselung desselben liegen. Endlich aber ist gar kein Grund erfindlich, warum — vorausgesetzt nur, das lichtempfindliche Bacterien in der Nähe der geprüften Objekte vorhanden sind — der Beginn der Bewegung nicht ebenso, wie das Aufhören an eine bestimmte Grösse der Lichtwirkung gebunden wäre, wenn dies nämlich für das Letztere wirklich der Fall sein würde; und warum namentlich das Verhältniss der Spaltweiten in den verschiedenen Farben in dem einen, wie in dem anderen Falle, nicht dem gleichen Gesetze unterliegen sollte.

Das Zugeständniss von Engelman in der eben citirten Nachschrift, dass er für meine Anordnungsweise des Verfahrens, das heisst für die Bestimmung des Beginnes der Bewegung meine negativen Befunde bestätigen müsse, kann ich daher als eine willkommene, von ihm selbst gelieferte Bestätigung der Unbrauchbarkeit seiner Methode zu quantitativen Bestimmungen betrachten. Wie Engel-

1) Pflüger's Archiv. XXXVIII. p. 400.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XVII, p. 178—182.

mann dennoch zu Zahlenangaben gelangen konnte, die mit seinen mehr als gewagten Hypothesen stimmen, scheint mir bei der grossen Unzuverlässigkeit seiner Messungen, und bei der Ungenauigkeit aller von ihm vorgenommenen Uebertragungen und Rechnungen, nur aus der Auswahl begreiflich, die er unter seinen Zahlenbefunden getroffen hat. Ich habe schon hierauf aufmerksam gemacht, und gezeigt<sup>1)</sup>, dass Engelmann selbst angiebt, bei seinen Bestimmungen der Assimilationsgrösse in den verschiedenen Spectralfarben weit verschiedene, ganz widersprechende Zahlenreihen erhalten zu haben, je nachdem er die Messungen an der oberen oder unteren Fläche der geprüften Objecte vornahm. Die willkürliche und unrichtige Auswahl, die er dann zu Gunsten seiner Hypothesen unter seinen Zahlenbefunden trifft, verstösst gegen den Sinn der Erscheinung, gegen seine eigene Auffassung des Zustandekommens der Assimilationsgrösse, und gegen seine eigenen Bestimmungen der Absorptionsgrösse der Objecte in den verschiedenen Farben. Er verwirft die an der oberen Fläche der Objecte gewonnenen Zahlen, die mit voller Entschiedenheit gegen alle seine Hypothesen Zeugnis ablegen, und wählt die an der unteren Fläche, die mit denselben besser zu harmoniren scheinen. Die Uebereinstimmung der so gefundenen Assimilationsgrösse mit den nach seinen Hypothesen aus der Absorptionsgrösse der Objecte und der Energie der betreffenden Farbe berechneten Zahlen soll dann als Beweis für diese Hypothesen gelten. Nun liegen aber wirklich den von ihm ausgeführten Berechnungen der Assimilationsgrössen diejenigen Absorptionsgrössen der Objecte zu Grunde, die er selbst gefunden und bestimmt hat; diese sind aber selbstverständlich, und wie er auch direkt angiebt, nach dem Durchgange des Lichtes durch das Object, also an der oberen Fläche desselben gemessen und bestimmt worden. Wenn daher seine Vorstellungen und Berechnungen irgend einen verständlichen Sinn haben sollten, so musste er nothwendig auch diejenigen Zahlenreihen der gefundenen Assimilationsgrössen zum Vergleiche heranziehen, die er bei seinen Messungen an der oberen Fläche erhalten hatte. Diese letzteren wären auch für jede unbefangene Beurtheilung die allein berechtigten; freilich sprechen sie gegen Engelmann's Hypothesen und bekräftigen die von mir vertretene Auffassung der Erscheinung. Jedenfalls aber klären diese doppelten Zahlenreihen, die Engelmann mit seinem Verfahren selbst findet, über den Grad ihrer objectiven Zuverlässigkeit auf, und über das Vertrauen, welches die mit der successiven Beobachtungsweise gewonnenen Zahlen und Curven verdienen.<sup>2)</sup> Auch über diesen Punkt geht Engelmann in seiner letzten Publikation, wie über meine anderen Einwände gegen seine Angaben, stillschweigend hinweg.

1) Vergl. a. a. O. Jahrb. f. wiss. Bot. p. 182 u. f.

2) Man vergleiche Jahrb. f. wiss. Bot. XVII, p. 182—183.

Ich gehe hier nicht weiter auf die theoretischen Schwächen seiner Vorstellung über den photochemischen Vorgang in der Pflanze ein, wonach die gesammte Lichtenergie, die in der Pflanze bei der Besonnung verschwindet, im Assimilationsacte aufgebraucht werden soll; d. h. mit andern Worten: nach der Vorstellung von Engelmann hat die Sonne ausser zur Kohlensäure-Assimilation gar keine Beziehung zur Pflanze; sie erwärmt dieselbe nicht, sie erzeugt in ihr auch keine anderweitigen, physikalischen oder chemischen, Wirkungen irgend welcher Art; das Einzige, was sie für die Pflanze und in derselben leistet, soll die sogenannte Zersetzung der Kohlensäure sein. Nicht bloss die Hypothesen, sondern sämtliche, nach diesen berechneten, Zahlen und Curven von Engelmann über die relative Grösse der Sauerstoffaufnahme grüner und andersfarbiger Pflanzen im Spectrum stehen und fallen mit diesem Satze, den Engelmann aufstellt.

Ebenso gehe ich hier nicht weiter ein auf meine eigenen Befunde an andersfarbigen, nicht grünen, assimilirenden rothen und braunen Pflanzen, die wo möglich mit noch grösserer Schärfe und Deutlichkeit, als die chlorophyllgrünen, den Zahlen Engelmanns über die Proportionalität der Absorptions- und Assimilationsgrösse der Pflanzen, namentlich im rothen Theile des Spectrums zwischen B und C, widersprechen. Ich verweise auch bezüglich dieser, hier nur berührten, Punkte auf meinen älteren Aufsatz in den Jahrbüchern.

Dagegen will ich hier doch, wenn auch nur mit einigen Worten, noch die Resultate berühren, die ich mit der simultanen Beobachtungsweise der Engelmann'schen Methode erhalten habe. Auch hier stehen trotz der gegentheiligen Behauptung Engelmann's meine und seine thatsächlichen Angaben im Widerspruche. Maxima und Minima von Sauerstoffabgabe und Absorption der Pflanze fallen, wie ich gegen Engelmann behauptete, nicht zusammen, auch im Roth nicht. Engelmann hat in allen seinen früheren Mittheilungen nicht nur dem Sinne und dem Wortlaute nach behauptet, dass sie zusammenfallen, sondern, übereinstimmend hiermit, die Lage des Maximums im Roth, über dem Absorptionsstreifen zwischen B und C bei simultaner Beobachtung gezeichnet<sup>1)</sup>, wogegen ich nachwies, dass dasselbe seitlich von jenem Absorptionsstreifen im Orange bis Gelb, und nicht einmal immer an derselben Stelle liegt. Wie es scheint giebt Engelmann jetzt seine Lage im Orange zu, und bestätigt somit auch in diesem Punkte die von mir gegebene sachliche Beschreibung der Erscheinung. Allein er will jetzt annehmen, dass die beobachtete Lage des Maximums nicht die wahre Lage wiedergiebt, sondern nur durch Verschiebung derselben in Folge einer Superposition von Gasspannungen zu Stande gekommen ist.

---

1) Bot. Zeit. 1884, No. 26; Pflüger's Archiv, Bd. XXVII. p. 485 u. f.

Hierzu ist Folgendes zu bemerken. Da die Sauerstoffentwicklung längs der Objekte continuirlich erfolgt, ihre Grösse an jeder einzelnen Stelle der Objekte aber unbekannt ist, und erst aus der Beobachtung gefunden werden soll, so lässt sich zunächst, wenn wir glauben, dass eine Superposition von Gaspannungen hier in Betracht kommt, unmittelbar aus der Erscheinung ein eindeutiger Schluss über die Grösse des Vorganges an den einzelnen Stellen des Objectes gar nicht ziehen. Also unbedingt doch auch nicht der, den Engelmann ursprünglich und ohne Weiteres aus derselben über das Zusammenfallen des Absorptions- und Assimilationsmaximums in Roth gezogen hat. Hiernach würde die Engelmann'sche Methode auch in ihrer Form der simultanen Beobachtungsweise für den vorliegenden Zweck unbrauchbar sein. Dies scheint er selbst anzunehmen. So scheint mir aber die Sache doch nicht zu liegen. Ich habe in meinem früheren Aufsätze den beschränkten Grad der Brauchbarkeit, den man für die simultane Beobachtungsweise mit Recht in Anspruch nehmen darf, angegeben<sup>1)</sup>. Von einer numerischen Feststellung der Grösse der Sauerstoffabgabe in den Spectralgrössen kann bei derselben darnach allerdings nicht die Rede sein; wohl aber ist sie durchaus geeignet von der Lage des Maximums eine angenäherte Anschauung zu geben.

Wenn man bedenkt, dass die Untersuchung der Sauerstoffabgabe nicht in weiter Ferne von der Quelle derselben vorgenommen wird, dass die Bacterien hier unmittelbar bis zur Berührung an die Zelle, welche den Sauerstoff entwickelt, herantreten, so dürfte man von vornherein wenig geneigt sein anzunehmen, dass ein etwaiger Einfluss der Superposition von Gasspannungen sich in einer den Sinn störenden Weise äussern und eine wesentliche Verschiebung der Lage des Maximums hervorrufen könne. Dazu kommt, dass die Art einer möglichen Störung durch Ineinandergreifen von Gasspannungen keineswegs klar vor Augen liegt, und nothwendig zu einer Verschiebung des Maximums führen muss. Ueber die Verbreitung verschiedener Spannungen desselben Gases, die von verschiedenen, ununterbrochen wirkenden Quellen herrühren, in einem beschränkten Raume und in einander, lässt sich von vornherein nicht leicht entscheiden. Experimentelle Grundlagen scheinen zu fehlen und die Vorstellung, dass die Spannungen, die von nahe neben einander liegenden Heerden der Entwicklung ausgehen, an keiner Stelle zwischen diesen höher werden können, als an dem Orte ihrer Maximalentwicklung, weil ja dann sofort eine Gegenströmung nach diesem Orte erfolgen müsste, erscheint berechtigter, als dass die Spannungen zwischen den Heerden, wie es Engelmann zu denken scheint, sich ohne Grenze summiren. Man darf daher mit Recht voraussetzen, dass bis zum Eintritt des vollständigen Gleichgewichts, das ja in dem Bacterien-Präparat ausgeschlossen ist, die Spannung in der nächsten Nähe des Ortes ihrer grössten Entwicklung auch stets die grösste

1) Vergl. a. a. O. Jahrb. f. wiss. Bot. p. 164—167.

Höhe behalten wird. Unter den gegebenen Verhältnissen ist daher die wahre Lage des Maximums doch unbedingt in allernächster Nähe des Ortes zu suchen, wo sie bei der Beobachtung in die Erscheinung tritt. Die simultane Beobachtungsweise gewährt somit mindestens eine der Wahrheit sehr nahe kommende Vorstellung von der wahren Lage des Maximums. Soweit darf man daher derselben einen Werth gewiss nicht absprechen, und nur soweit und nicht weiter habe ich in meiner früheren Abhandlung einen Werth für dieselbe ausdrücklich in Anspruch genommen und mich nur gegen jede Anwendung derselben zu numerischer Beurtheilung der Erscheinung erklärt<sup>1)</sup>. Ihr Resultat führt bei dieser Beschränkung zu einer richtigeren Einsicht in den Gang der Erscheinung, als es die mit unzureichender Methode gewonnenen, unzuverlässigen Zahlen der successiven Beobachtungsweise vermögen, die unter dem falschen Schein einer numerischen Exactheit nur vorgebildeten Hypothesen dienen.

Berücksichtigt man nun, dass das Maximum der Sauerstoffabgabe bei simultaner Beobachtung in vielen Fällen sogar bis hinter D rücken kann, dass seine Lage in der Erscheinung nicht einmal eine constante ist, so wird man, wie ich dies am angeführten Orte ausdrücklich hervorhob, von diesen Beobachtungen den Nachweis einer bestimmten Lage des Maximums gar nicht erwarten, noch viel weniger erschliessen wollen, vielmehr zu dem einzigen berechtigten Schlusse gelangen, den ich aus den Resultaten der simultanen Beobachtungsweise gezogen habe, dass das wahre Maximum unmöglich constant und gesetzmässig mit dem Absorptionstreifen zwischen B und C zusammenfällt. Hierüber zu entscheiden, war die einzige Aufgabe, die ich mit der simultanen Beobachtungsweise zu lösen gesucht habe.

---

1) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XVII. S. 164, 165.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Pringsheim Nathanael [Nathan]

Artikel/Article: [Zur Beurtheilung der Engelmann'sehen Bacterienmethode in ihrer Brauchbarkeit zur quantitativen Bestimmung der Sauerstoffabgabe im Spectrum. XC-XCVI](#)