

#### XIV.

### Ueber spezifische Assimilationsenergie<sup>1)</sup>.

Von

Carl Weber.

Bekanntlich sind es die grünen Blätter, welche durch ihre Assimilationsthätigkeit die verbrennliche Substanz produciren. Diese aber wird durch das Trockengewicht abzüglich der Asche gemessen, wobei noch ein durch die Athmung herbeigeführter Verlust zu berücksichtigen ist. Es fragt sich nun, ob die Assimilationsenergie oder, was dasselbe bedeutet, die Production der verbrennlichen Substanz, welche in einer bestimmten Zeiteinheit, bezogen auf die Einheit der Blattfläche, stattfindet, bei allen Pflanzen dieselbe oder eine spezifisch verschiedene sei.

Um über diese Frage einigen Aufschluss zu erhalten, stellte ich im Juni und Juli verflossenen Jahres Versuche mit *Helianthus annuus* (4 Exemplar), *Ricinus communis* (1 Exempl.), *Phaseolus multiflorus* (2 Exempl.) und *Tropaeolum majus* (2 Exempl.) an. Der Aufgabe entsprechend war an jeder dieser Pflanzen die Blattflächenentwicklung so genau als möglich zu beobachten und zu bestimmen, um wieviel sie ihr Trockengewicht während einer festgesetzten längeren Periode vermehrten. Nach der Ausführung dieser Bestimmungen erfuhr man dann, mit welcher mittleren Energie die Einheit der Blattfläche einer Pflanze (etwa 1 □cm) sich an der Production der verbrennlichen Substanz im Verlauf eines Tages der besagten Periode betheiligte, wenn man durch die Summe aller während der successiven Tage vorhanden gewesenen Blattflächen das Gewicht der gesammten assimilirten Substanz dividirte. Da nun aber ein Assimilationstag kein bestimmt abgegrenzter und immer gleich grosser Zeitabschnitt ist — man weiss ja nicht, wann beginnt die Pflanze des Morgens zu assimiliren, wann hört sie des Abends auf — so beschränkte ich mittels geeigneter Verdunkelungen, welche Abends vor Beginn der Dämmerung angebracht und Morgens nach ihrer Beendigung wieder abge-

1) Der nachfolgende Aufsatz ist ein Auszug aus einer demnächst zu publicirenden Dissertation.

nommen wurden, die tägliche Beleuchtungsdauer auf eine bestimmte Zahl von Stunden und konnte auf diese Weise eine Stunde beziehentlich einen beliebigen Zeitraum, von etwa 10 Stunden, als Zeiteinheit ansetzen.

Selbstverständlich waren nur dann vergleichbare Resultate zu erzielen, wenn die Pflanzen unter vollkommen gleichen äusseren Bedingungen assimilirten, für deren Herstellung deswegen Sorge getragen wurde. Im Uebrigen konnte es für mich gleichgültig sein, ob durch die Umgebung, in der die Pflanzen lebten, ein Einfluss auf die Resultate im Einzelnen zur Geltung kam, wofür dieses nur für alle gleichmässig geschah. Ich entschloss mich daher unbedenklich, die Pflanzen in Töpfen zu cultiviren und den Versuch selbst in einem kleinen Gewächshause anzustellen, welches so beschaffen war, dass sie von allen Seiten Licht in genügender Fülle und und mit nicht gar zu beträchtlicher Verminderung seiner Intensität empfangen konnten. Ich hatte dabei den Vortheil, in der regelmässigen Bestimmung der Blattfläche nicht durch die Ungunst der Witterung behindert zu sein, sowie die Pflanzen vor den zahlreichen Gefahren besser bewahrt zu wissen, denen sie im Freien beständig ausgesetzt sind, zumal da es mir darauf ankommen musste, dass womöglich nichts von der Pflanzensubstanz verloren ging.

Die Versuchspflanzen waren Mitte Mai ausgesät. Ich begann den Versuch, als sie zwei bis drei ziemlich entwickelte Blätter besaßen. Ihre Trockengewichte um diese Zeit bestimmte ich je aus einer grösseren Anzahl gleich alter und gleich kräftiger Exemplare. Bei *Phaseolus* und *Tropaeolum* war hiervon noch das Gewicht der nicht entleerten Cotyledonen nebst den Samenschalen in Abzug zu bringen, welches ich in ähnlicher Weise ermittelte.

Die Entwicklung der Pflanzen ging bis auf einige geringfügige, hier nicht näher zu erörternde Unregelmässigkeiten gegen Ende des Versuchs normal von statten, wovon ich mich durch eine Anzahl von Exemplaren derselben Species überzeugte, welche neben den Versuchspflanzen cultivirt wurden und z. Th. die nämliche Beschränkung in der Beleuchtungsdauer erfuhren, wie diese selbst. Der Zuwachs von jungen Blättern erfolgte so reichlich, dass ich mich in Anbetracht der Schwierigkeit der Messungen genöthigt sah, ihm Einhalt zu gebieten, indem ich bei *Phaseolus* die Gipfel kappte und bei *Tropaeolum* die Axillarknospen ausbrach. Obnehin konnte es für meine Aufgabe gleichgültig sein, ob die Pflanzen mit einer grösseren oder geringeren Zahl von Blättern assimilirten, da es einzig darauf ankam, ihre Fläche zu kennen und sie auf das schliesslich erhaltene Trockengewicht anzuwenden. — Kranke oder beschädigte Blätter wurden selbstverständlich sofort beseitigt.

Die eigentliche Schwierigkeit der Aufgabe lag in den ungemein zahlreichen und zeitraubenden Blattmessungen. Diese sollten nicht allein mit der äussersten Genauigkeit ausgeführt werden, sondern es durfte auch

kein Blatt trotz wiederholter Messung irgend welche Beschädigung erleiden.

Diesen Anforderungen suchte ich durch die folgenden beiden, gleichzeitig angewandten Methoden zu genügen. Die erste bestand in der Messung mittelst des Schätzquadrates. Zu dem Zwecke war auf einer dünnen Glimmerplatte ein Centimeter-Quadratnetz eingeritzt, welches noch Viertel-Quadratcentimeter abzulesen erlaubte. Unter das zu messende Blatt wurde zunächst ein dünnes, mit weichem Leder überzogenes Brettchen geschoben, welches einen tiefen Ausschnitt zur Aufnahme des Blattstieles besass, und dessen Ränder ein wenig erhaben waren. Alsdann wurde die Glimmerplatte darauf gelegt und fest gegen die erhabenen Ränder des Brettchens gedrückt. Das Blatt lag nunmehr locker darunter, aber dennoch fest genug, um selbst bei etwaiger stärkerer Bewegung des Körpers seine Lage nicht zu verändern. Die ganze Vorrichtung konnte bequem in der linken Hand gehalten werden, während die rechte frei blieb, um die abgelesenen Werthe zu notiren. Diese Methode fand bis zum 11. Juni bei allen Versuchspflanzen, von da ab nur noch bei *Tropaeolum* Anwendung.

Die zweite bestand darin, dass die Blätter mittelst einer auf Glas haftenden Farbe auf Tafeln von solchem durchgepaust wurden. Von den Pausen stellte ich mittelst photographischen Papiere Abzüge her, welche mit dem Planimeter ausgemessen werden konnten. Als Unterlage für die zu fixirenden Blätter diente auch hier ein wie das oben beschriebene Brettchen von angemessener Grösse. Die Glastafeln wurden mit schmalen Streifen von weichem Leder umklebt, um ihre scharfen Ränder für den Fall einer (nicht immer zu vermeidenden) Berührung mit der Pflanze unschädlich zu machen. Die Farbe, welche aus einem dünnflüssigen Gemenge von Russ, Terpentin und wenigen Canadabalsam bestand, trug ich mittels eines feinen Pinsels oder einer weichen Stahlfeder auf. Beim Zeichnen neigte ich die Glastafel mit der Unterlage so, dass ich allemal das Spiegelbild meines linken Auges unter dem zu copirenden Blattrande sah, wodurch ein parallaxischer Schfehler vermieden wurde.

Der wahrscheinliche Fehler jeder Messung betrug bei beiden Methoden noch nicht 1%. Ich will ihn zu 1,5% veranschlagen, indem ich noch dazu rechne, dass die Unebenheiten der Blätter kleine Fehler bedingten.

Da das Ziel war, eine möglichst genaue Kenntniss von der Blattflächenentwicklung jeder der Versuchspflanzen zu erlangen, so mussten die Messungen in möglichst kurzen Zwischenräumen erfolgen. Bis zum 19. Juni geschah dies alltäglich, von da ab sah ich mich wegen der Häufung des zu bewältigenden Materials gezwungen, zweitägige Perioden eintreten zu lassen, indem ich die Pflanzen in zwei Gruppen theilte, deren eine die beiden *Tropaeolum* bildeten, und welche einen Tag um den anderen der Messung unterzogen wurden. Diese selbst nahm ich stets beim Anbruch des Abends vor, um die Pflanzen nicht während der Assimilation zu stören.

Was die Verwerthung der so erhaltenen Zahlen betrifft, so konnte ich zunächst, ohne grossen Fehler befürchten zu müssen, aus den zweitägigen Messungen durch einfache Interpolation die täglich vorhanden gewesenen Blattflächen ableiten. Durch abermalige Mittelnahme zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Blattflächen berechnete ich sodann diejenige, welche während der Beleuchtungsdauer des betreffenden Tages im Mittel thätig gewesen war<sup>1)</sup>. Dabei konnte mit Rücksicht auf die niedrige Temperatur der Nächte der in diesen stattfindende Zuwachs vernachlässigt werden.

Schliesslich wurde die mittlere Blattfläche eines jeden Tages mit der Zahl der Assimilationsstunden des letzteren multiplicirt, die Summe aller dieser Producte in die zuletzt vorhandene Trockensubstanz dividirt, und so die Leistung eines Quadratcentimeters pro Stunde gewonnen. Um bequemere und anschaulichere Zahlen zu gewinnen, habe ich die Leistungen auf 1 □m und eine Periode von 10 Stunden berechnet.

Zur Bestimmung der assimilirten Substanz wurden die ganzen Pflanzen bei 100° C. getrocknet. Von diesen Gewichten brachte ich bei allen rund 4%<sup>2)</sup> Asche in Abzug, da keine Angaben über den Gehalt daran für die Versuchspflanzen vorlagen und ich selbst nicht in der Lage war, ihn festzustellen. Um über den Athmungsverlust Aufschluss zu erhalten, stellte ich für jede Species einen hierauf bezüglichen Versuch an und bediente mich dazu des von Sachs, Experimentalphysiol. p. 271, beschriebenen Verfahrens. Aus dem Gewicht der Kohlensäure, welche ein bestimmtes Quantum der Pflanze in gegebener Zeit entbunden hatte, berechnete ich, einen wie grossen Verlust an Stärke 100 g der Trockensubstanz in 24 Stunden erfahren, und fand

für <i>Tropaeolum majus</i>	. . .	3,6 %
- <i>Phaseolus multilobus</i>	. . .	3,7 -
- <i>Ricinus communis</i>	. . .	2,7 -
- <i>Helianthus annuus</i>	. . .	3,5 -

Für die Berechnung nahm ich an, dass die Trockengewichtszunahmen dem Alter der Pflanzen proportional erfolgten, und bestimmte demgemäss durch Interpolationsreihen die mittleren Verluste für 5—7 tägige Perioden, deren Summen die bezüglichen Gesamtverluste darstellten. Selbstverständlich wurden die oben angeführten Zahlen für diese Berechnung abgerundet, da die zu erwartenden Werthe doch nur annähernde Richtigkeit besitzten konnten.

1) Siehe die in der ausführlichen Abhandlung mitgetheilten Tabellen.

2) Siehe die Anmerkung zu der folgenden Tabelle.

## Zusammenstellung der Resultate.

Namen der Versuchspflanze.	Dauer des Versuchs.	Summe der Pro- ducte aus $\square$ cm täglicher Blatt- fläche in die be- zughelien Beluchtungs- stunden.	Trockengewicht beim Beginn des Ver- suchs.	Trockengewicht der Samenschalen und nicht ent- leerten Coty- ledonen.	Trockengewicht beim Schluss des Ver- suchs.	Zunahme an Trocken- gewicht.	Assimil. Sub- stanz nach Ab- zug von 4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> (Asche).	Approxima- tiver Atmungs- verlust.	Assimilations- energie. (Leistung eines $\square$ in 10 Stunden.)
Tropaeolum majus I	50 Tage	254231	0,127 g	0,075 g	9,090 g	9,038 g	8,676 g	1,6 g	4,042 g
Tropaeolum majus II	50 -	207476	0,127 -	0,075 -	8,957 -	8,905 -	8,549 -	1,6 -	4,891 -
Phaseolus multil. I	48 -	187599	0,545 -	0,169 -	6,212 -	5,836 -	5,603 -	0,8 -	3,443 -
Phaseolus multil. II	48 -	326503	0,545 -	0,169 -	9,279 -	8,903 -	8,517 -	1,3 -	3,016 -
Ricinus communis	49 -	410056	0,128 -	-	20,546 -	20,448 -	19,604 -	2,1 -	5,992 -
Helianthus annuus	43 -	592101	0,093 -	-	29,899 -	29,806 -	28,614 -	4,3 -	5,559 -

4) Die bei der Asche und dem Atmungsverlust begangenen Fehler fallen nicht besonders ins Gewicht, da sie erst in der zweiten Decimale der Resultate zur Geltung kommen.

Die hier zusammengestellten Ergebnisse ermöglichen die Beantwortung von drei verschiedenen, an sich gleichberechtigten Fragen, nämlich erstens der, wie gross das Trockengewicht überhaupt (ohne Berücksichtigung der Asche und des Athmungsverlustes) gewesen sei, welches die Einheit der Blattfläche in gegebener Zeit producierte; ferner, wie hoch sich der durch sie thatsächlich veranlagte Nettogewinn an verbrennlicher Substanz belaufen habe (der Athmungsverlust ausser Acht gelassen); und endlich, wie ausgiebig ihre Assimilationsthätigkeit selbst gewesen sei, wenn man dem Athmungsverlust (und der Asche) Rechnung trägt. Nur auf die Beantwortung dieser letzten Frage kam es mir an.

Bei der Betrachtung der Resultate wird es für jemand, der mit der Cultur der Pflanzen vertraut ist, nicht auffällig sein, dass ich trotz aller Sorgfalt der Beobachtung bei den paarweise vorhandenen Versuchsexemplaren von einander abweichende Resultate erhalten habe. Dergleichen ist eben in der individuellen Verschiedenheit begründet und kann nur dadurch vermieden werden, dass man das Mittel aus einer grossen Zahl von Beobachtungen nimmt. Diese auf einmal anzustellen, war mir bei den zahlreichen Schwierigkeiten, welche sich schon bei diesen wenigen Beobachtungen einstellten, nicht möglich. Indessen glaube ich auch nicht, dass der Einfluss der individuellen Verschiedenheit so gross ist, wie es hier erscheint, da in diesem Falle der Hauptgrund der Abweichungen sicher in Beleuchtungsdifferenzen der betreffenden Pflanzen zu suchen ist. Diese waren solcher Art, dass ihr Einfluss auf die Resultate durch Mittelnahme vollkommen ausgeglichen wird, und zwar so, dass auch diese Mittelwerthe mit den einfachen, bei Ricinus und Helianthus erhaltenen unbeanstandet verglichen werden dürfen<sup>1)</sup>. Demnach betrug die absolute Assimilationsenergie

für <i>Tropaeolum majus</i>	. .	4,466
- <i>Phaseolus multiflorus</i>	. .	3,215
- <i>Ricinus communis</i>	. .	5,292
- <i>Helianthus annuus</i>	. .	5,359

Man kann aus diesen wenigen Beispielen schon entnehmen, dass die Assimilationsenergie unter übrigens gleichen Bedingungen bei allen Pflanzen nicht die nämliche, sondern eine jeder Species eigenartige sein wird.

Bezeichnet man die spezifische Assimilationsenergie von *Tropaeolum majus* mit 100, so ist die

von <i>Phaseolus multiflorus</i>	=	72,0
- <i>Ricinus communis</i>	=	148,5
- <i>Helianthus annuus</i>	=	124,5

1) Des Näheren verweise ich auf meine ausführlichere Abhandlung.

Es fragt sich nun, in wiefern diese Werthe sich ändern, wenn die nämlichen Pflanzen unter günstigeren Bedingungen assimiliren, als es hier geschah. Gewiss werden die absoluten Energien grösser ausfallen, ob aber die specifischen nicht trotzdem dieselben blieben, wäre noch zu entscheiden.

Zum Schluss will ich noch die absoluten Assimilationsenergien von einigen Maisvarietäten anführen, welche geeignet sein dürften, für die Resultate, welche man bei Versuchen im freien Lande zu erwarten haben wird, einige Anhaltspunkte zu liefern. Ich habe diese Werthe aus den von KNERSSLER, Landw. Jahrb. 1877, p. 786, mitgetheilten Daten über die Blattflächenentwicklung und die Trockengewichtszunahmen der betreffenden Maisvarietäten berechnet.

Namen der Varietät.	Vegetationsdauer.	Summe der täglich vorgehaltenen Blattoberflächen in □m.	Trockengewicht am Schluss der Vegetationsperiode.	Durchschnittliche Leistung eines □m pro ca. 15-stündige tägliche Beleuchtung.	Assimilationsenergie (pro 1 □m in 10 Stdn.)
Hühner-Mais . . .	28. Mai — 24. Aug.	9,45	90,5 g	9,6 g	6,4 g
Oberländer-Mais . .	28. — — 13. Sept.	10,34	87,2 -	8,4 -	5,6 -
Ungar. Früh-Mais . .	28. — — 7. -	20,44	213,3 -	10,6 -	7,4 -
Bad. Früh-Mais . . .	28. — — 15. -	22,22	158,4 -	7,4 -	4,7 -
Pferdezahn-Mais . .	28. — — 7. -	44,04	245,4 -	6,0 -	4,0 -

Man sieht, dass sich hier wenigstens bei den drei ersten Varietäten grössere Zahlen als bei meinen Versuchspflanzen ergeben. Selbstverständlich muss ich es dahingestellt sein lassen, ob dieselben einzig den günstigeren Verhältnissen zuzuschreiben sind, welche hier zur Geltung kamen, oder z. Th. durch die etwaige grössere specifische Assimilationsenergie dieser Pflanzen selbst mit veranlasst sind. Die beträchtlichen Unterschiede, welche sich zwischen den Assimilationszahlen der einzelnen Varietäten herausstellen, sind gewiss nicht allein als in der Natur derselben begründet anzusehen. Die Hauptursache davon ist ohne Zweifel darin zu suchen, dass die Pflanzen, welche alle in gleichen Intervallen standen, sich in verschieden hohem Maasse gegenseitig beschatteten, je nach der specifischen Höhe und Mächtigkeit, welche jede Varietät erreicht. Dadurch erklärt es sich auch, dass die beim Pferdezahn- und beim Badischen Früh-Mais gefundenen Werthe, trotz der sonst günstigen Bedingungen, unter denen sie zu Stande kamen, z. Th. noch hinter den von mir erzielten zurückstehen.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Weber Carl Albert

Artikel/Article: [Ueber spezifische Assimilationsenergie 316-352](#)