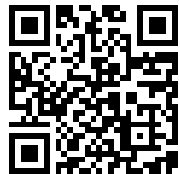

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

QK882
W37

@
QK 882
W37

Cornell University Library
QK 882.W37
Ueber spezifische assimilationsenergie .

3 1924 000 670 020 mann

DATE DUE			
DEC 23	1998		

DEMCO 38-297

Pressboard
Pamphlet
Binder
Gaylord Bros.
Makers
Syracuse, N. Y.
PAT. JAN 21, 1908

UEBER
SPECIFISCHE ASSIMILATIONSENERGIE.

INAUGURAL-DISSERTATION

DER

PHILOSOPHISCHEN FACULTAET DER KGL. MAXIMILIANS-
UNIVERSITAET ZU WUERZBURG

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWUERDE

VORGELEGT

VON

CARL ALBERT WEBER

AM 12. FEBRUAR 1879.

WUERZBURG.

DRUCK DER STAHEL'SCHEN BUCHDRUCKEREI.

1879.



UEBER

SPECIFISCHE ASSIMILATIONSENERGIE.



INAUGURAL-DISSERTATION

DER

PHILOSOPHISCHEN FACULTAET DER KGL. MAXIMILIANS-
UNIVERSITAET ZU WUERZBURG

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWUERDE

VORGELEGT

VON

CARL ALBERT WEBER

AM 12. FEBRUAR 1879.



WUERZBURG.

DRUCK DER STAHEL'SCHEN BUCHDRUCKEREI.

1879.

QK882
W37

@37761

SEINEN THEUEREN ELTERN

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

Bekanntlich sind es die grünen Blätter bei höheren Pflanzen, welche durch ihre Assimilations-Thätigkeit die verbrennliche Pflanzensubstanz selbst erzeugen. Diese aber wird durch das Trockengewicht abzüglich der Asche gemessen, wozu noch ein durch die Athmung entstandener Verlust hinzuzufügen ist. Es ist eine naheliegende Frage, ob die Erzeugung von Trockensubstanz, bezogen auf die Einheit der Blattfläche, bei allen Pflanzen die nämliche oder eine specifisch verschiedene ist. Der Beantwortung dieser Frage war die hier vorgelegte Untersuchung gewidmet.

Es leuchtet ein, dass die Frage nur dann einen Sinn haben konnte, wenn sie für eine Reihe von Pflanzen gestellt war, welche unter vollkommen gleichen äusseren Verhältnissen vegetirten. Es kam demnach zunächst darauf an, eine Anzahl von Pflanzen so zu kultiviren, dass sie dieser Forderung wenigstens annähernd entsprachen. Die eigentliche Aufgabe bestand sodann darin, dass genau bestimmt wurde, wie gross die zu jeder Zeit während des Versuchs an diesen Pflanzen vorhandene Blattfläche war, und wie viel verbrennliche Substanz jede derselben während der ganzen Zeit produziert hatte.

Die letztere Bestimmung bot keinerlei Schwierigkeiten dar. Diese lagen vielmehr fast ausschliesslich in der Bestimmung der Blattflächen, und ich werde weiter unten eingehend erörtern, wie ich diesen Theil der Aufgabe zu lösen versuchte.

Nach der Ausführung dieser Bestimmungen war selbstverständlich nur noch nöthig, das Gewicht der ganzen assimilirten Substanz durch die Summe aller, an den successiven Tagen des Versuchs vorhanden gewesenen Blattflächen zu dividiren,¹⁾ um unmittelbar Antwort auf die Frage zu erhalten, wie viel Trockensubstanz die Einheit der Blattfläche an einem Assimilationstage im Mittel produziert habe. Ich werde dieses Verhältniss, auf die Zeiteinheit bezogen, in der Folge als die Assimilationsenergie oder schlecht-hin als die Leistungsfähigkeit der Blattfläche bezeichnen.

Allein ich durfte mich nicht damit begnügen, als Zeiteinheit einen Assimilationstag zu wählen. Dieser ist ja weder ein stets gleich grosser, noch ein bestimmt abgegrenzter Zeitabschnitt; man weiss nicht, wann beginnt die Pflanze zu assimiliren, wann hört sie auf, und es war doch wünschenswerth, das in Rede stehende Verhältniss auf eine bestimmte Zeiteinheit zu beziehen. Um daher dieser Forderung entsprechen zu können, und namentlich, um den ungewissen Einfluss der Dämmerung auf die Assimilation von den Versuchspflanzen auszuschliessen, beschränkte ich die tägliche Dauer der Beleuchtung auf den Theil des Tages, während dessen, wie ich mit Sicherheit annehmen durfte, noch mehr oder weniger energische Zersetzung von Kohlensäure durch die Blätter stattfand, nämlich auf die Stunden von 5 oder 6 Uhr morgens bis 7 oder 8 Uhr abends (im Juni und Juli). Dies geschah in einfachster Weise dadurch, dass ich die Pflanzen während der Nacht mit geeigneten undurchsichtigen Rezipienten bedeckte,

¹⁾ Vergl. Seite 17.

statt deren ich später eine Vorrichtung anbrachte, welche es erlaubte, alle Pflanzen gleichzeitig zu verdunkeln. Nun da ich wusste, wie viel Stunden hindurch die an einem Tage vorhandene Blattfläche assimilirte, konnte ich angeben, wie gross ihre Leistungsfähigkeit in einer Stunde, oder in einer willkürlich gewählten, etwa zehnstündigen Periode gewesen war.

Die Versuchspflanzen.

Zu Versuchspflanzen wurden vier, verschiedenen Klassen der Dikotyledonen angehörende Species gewählt, bei denen die Grösse und Gestalt der Blätter eine genaue Bestimmung ihrer Flächen als möglich erscheinen liess. Es waren dies je zwei Exemplare von *Tropaeolum majus* und *Phaseolus multiflorus*, je eines von *Ricinus communis* und *Helianthus annuus*. Die Pflanzen waren in der ersten Hälfte des Mai in Töpfen ausgesät, in denen sie auch während des Versuchs verblieben. Mit diesem selbst begann ich, als die Pflanzen 2—3 entwickelte Blätter besaßen.

Leider muss ich fürchten, dass die Töpfe nicht gross genug waren; diejenigen für die zwei ersten Pflanzen enthielten je circa 1 Ltr., die der beiden andern etwas über 2 Ltr. Erde. Ueberhaupt war es bedenklich, die Pflanzen in Töpfen zu kultiviren, in denen ja immer, so gross man sie auch wählen möge, das Wurzelwachsthum eine Beschränkung erleidet, deren Einfluss auf die Assimilationsthätigkeit sich bei jeder Pflanzenart in anderer Weise geltend machen kann, worauf wenigstens manche gelegent-

liche Erfahrungen bei der Pflanzenkultur hinzuweisen scheinen. Allein, es konnte mir ja nur darauf ankommen, Pflanzen unter ganz gleichen Bedingungen zu kultiviren, und ich glaube dem dadurch genügt zu haben, dass ich die Töpfe für jede Pflanzenart so wählte, dass sie wenigstens im Allgemeinen den Grössenverhältnissen entsprachen, welche die im freien Lande wachsenden Pflanzen zeigen. Ich darf hoffen, so bei allen eine annähernd gleichmässige Beschränkung des Wurzelwachstums erzielt zu haben. Trotzdem glaubte ich den Versuch nicht unterlassen zu müssen, für den bei meinen Pflanzen gegenüber den freiwachsenden immerhin bleibenden Nachtheil wenigstens einigermassen Abhilfe zu schaffen, indem ich sie zweimal mit einer einprozentigen Nährstofflösung begoss, so dass jedesmal auf *Helianthus* und *Ricinus* je 2 gr und auf die beiden *Phaseolus* und *Tropaeolum* je 1 gr mineralischer Nährstoffe kamen.

Mit Rücksicht darauf, dass die Pflanzen im Freien zahlreichen Gefahren ausgesetzt sind, und namentlich darauf, dass die regelmässige Bestimmung der Blattfläche durch die Unbilden der Witterung leicht konnte beeinträchtigt werden, entschloss ich mich, den Versuch in einem kleinen Gewächshause anzustellen. Es ist dies ein sogenanntes Erdhaus mit niedrigen, einfachen Glaswänden und einem ebensolchen Dache, dessen zur Lüftung dienende Fenster mit Ausnahme der ersten Nächte beständig offen gehalten wurden. Innerhalb dieses Hauses ist ein von vier Mauern umschlossener, mit Sand gefüllter Raum vorhanden, in welchem die Töpfe eingesenkt wurden. Da es darauf ankam, dass die Versuchspflanzen gleichen Bedingungen, vornehmlich der Beleuchtung

unterlagen, so wurde bei ihrer Aufstellung hierauf Rücksicht genommen; besonders sorgte ich dafür, dass die Zwischenräume zwischen den heranwachsenden Pflanzen stets gross genug waren, um gegenseitige Beschattung zu vermeiden.

Hervorheben will ich noch, da ich später auf diesen Punkt zurückkommen muss, dass die unpaarig vorhandenen Töpfe die Mitte des Hauses einnahmen, die übrigen aber so aufgestellt waren, dass je ein Exemplar derselben Species auf der Ostseite, das andere auf der Westseite stand. Die Entfernung der Töpfe von dem Dache betrug etwa 0,8 m; sie standen nur wenig unter dem Niveau des äusseren Erdreichs, so dass das Licht von allen Seiten mit genügender Fülle zu den Pflanzen gelangen konnte. Nichtsdestoweniger war nicht zu erwarten, dass auch die Intensität der Beleuchtung und demgemäss die Assimilationsthätigkeit die nämliche wie im Freien wäre; eine, wenn auch nur geringe Verminderung derselben musste sich auf die Dauer nothwendig geltend machen und die Resultate mussten kleiner ausfallen, als es im Freien geschehen wäre.

Dies ist jedenfalls nicht der einzige durch die Beschaffenheit des Versuchslokals bedingte Umstand, der auf die Resultate von Einfluss war. Mit grosser Wahrscheinlichkeit wird sich dasselbe auch von den abnormen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen vermuthen lassen. Das ziemlich kleine Gewächshaus erwärmte sich nämlich bei Tag sehr rasch, und die an der Circulation behinderte Luft nahm eine Temperatur an, welche höher war, als im Freien. Dagegen kühlte es sich während der Nacht ebenso rasch ab, so dass die Temperatur im Gewächshause des Morgens nur um wenig höher war, als ein im Freien

aufgehängtes Thermometer anzeigte. Im Mittel betrug die Temperatur $16^{\circ},4$ R. Sie stieg nachmittags nach 2 Uhr meist auf 25° R., bei Sonnenschein sogar über 30° R., so dass an solchen Tagen alle Vorsichtsmassregeln getroffen werden mussten, um eine Beschädigung der Pflanzen zu verhüten, indem namentlich dafür gesorgt wurde, dass die Erde in den Töpfen stets den nöthigen Grad von Feuchtigkeit besass, damit die Wurzeln den durch die gesteigerte Transpirationsthätigkeit der Blätter erfolgten Wasserverlust sofort decken könnten. Auch wurde das ganze Haus wiederholentlich besprengt, um dadurch eine Herabminderung der Temperatur in demselben herbeizuführen.

Während der Nacht sank das Thermometer meist auf 11° R.; ich fand es im Anfang Juni einigemal kurz nach 5 Uhr morgens bei $5^{\circ} - 8^{\circ}$. Die Feuchtigkeit wurde mittels eines Psychrometers nach August bestimmt. Der mittlere Stand der Thermometer betrug:

Morgens		Mittags		Abends	
zwischen 6 u. 7 Uhr		zwischen 12 u. 1 Uhr		zwischen 6 u. 7 Uhr	
Tr. Th.	Feucht. Th.	tr. Th.	f. Th.	tr. Th.	f. Th.
$13^{\circ},0$	$11^{\circ},5$	$20^{\circ},7$	$15^{\circ},3$	$15^{\circ},8$	$13^{\circ},1$ R.

Doch welcher Art auch die Einflüsse waren, welche durch die Verhältnisse, unter denen meine Versuchspflanzen vegetirten, hervorgerufen wurden, sie kommen nicht in Betracht, wenn man die speciellere Aufgabe im Auge behält, die ich mir gestellt hatte, nämlich zu ermitteln, wie sich die Leistungsfähigkeit der grünen Blätter bei solchen Pflanzen verhält, welche unter gleichen Bedingungen der Wärme, Feuchtigkeit, Lichtintensität, Beschränkung des Wurzelwachsthums u. s. w. wachsen. Spätere

Untersuchungen mögen darüber Aufschluss geben, wie sich diese Fähigkeit mit einer der angedeuteten Bedingungen ändert.

Was die Pflege der Pflanzen anbelangt, so geschah diese in der bekannten Weise. Sie wurden allabendlich vor dem Verdunkeln mit der Brause begossen; über Tag wurde die Erde nach Bedürfniss angefeuchtet. Gegen die Angriffe, denen die Pflanzen vonseiten zahlreicher kleiner Feinde ausgesetzt sind, habe ich die meinigen auf das sorgfältigste geschützt, so dass ich keine Ursache habe, in dieser Beziehung eine Fehlerquelle zu finden. Die Entwicklung ging bis auf einige kleine Unregelmässigkeiten gegen Ende des Versuchs, auf die ich noch bei den Resultaten werde zu sprechen kommen, normal von Statten, wovon ich mich durch Vergleichung mit einer Anzahl von Pflanzen derselben Species überzeugte, welche neben den Versuchspflanzen kultivirt wurden und zum Theil die gleiche Beschränkung in der Beleuchtungsdauer erfuhren, wie die Versuchspflanzen selbst. Der Zuwachs an Blättern erfolgte so reichlich, dass ich mich bei einigen der Pflanzen bald genöthigt sah, eine Beschränkung desselben eintreten zu lassen, indem ich die Axillarknospen ausbrach, wie bei *Tropaeolum*, oder die Gipfel kappte, wie bei *Phaseolus* (die natürlich aufbewahrt wurden). Es stellte sich nämlich heraus, dass die Messung der Blattfläche mehr Schwierigkeiten und Zeitverlust bot, als erwartet war. Ohnehin konnte es bei meinen Versuchspflanzen gleichgiltig sein, wie gross die absolute Blattfläche jeder einzelnen in gegebener Zeit sei. Es kam ja nur darauf an, diese Blattfläche genau zu kennen und sie auf das Trockengewicht anzuwenden. Wo ein Blatt etwa anfang, gelb zu

werden, wurde es sofort entfernt, da selbstverständlich nur die gesunden Blätter in Betracht kommen konnten.

Die Blattmessungen.

Der Schwerpunkt meiner Untersuchung und die eigentliche Schwierigkeit derselben lag, wie schon Eingangs erwähnt wurde, in den ungemein zahlreichen Blattmessungen. Diese mussten meinem Plane gemäss täglich, erst zuletzt in zweitägigen Perioden vorgenommen werden; und vom 19. Juni an waren täglich mehr als 50 Blätter zu messen! Jede dieser Messungen sollte mit der äusserst erreichbaren Genauigkeit vorgenommen, jedes Blatt zehn bis fünfzehn Tage und zum Theil noch länger gemessen werden, ohne eine Beschädigung zu erfahren — man wird begreiflich finden, dass diese zahlreichen Messungen nur dann ein befriedigendes Resultat ergeben konnten, wenn sie mit der nöthigen Uebung und nach sorgfältig erwogenen Methoden vorgenommen wurden, und es wird daher nicht überflüssig sein, von letzteren speciell Auskunft zu ertheilen.

Das nächstliegende Verfahren war, die Blätter mittels lichtempfindlichen Papieres zu kopiren und die Kopien den Messungen zu Grunde zu legen.

Allein vorläufige Versuche, welche ich an andern Pflanzen anstellte, bewogen mich, dieses Verfahren zu verwerfen, da es mir nur dann gelang, scharf umgrenzte Bilder zu erhalten, wenn ich die Blätter mittels Glasscheiben fest gegen das lichtempfindliche Papier presste. Es war einzusehen, dass sie eine derartige Behandlung auf die Dauer nicht ertragen könnten.

In der Folge bediente ich mich gleichzeitig zwei verschiedener Methoden. Die eine bestand darin, dass die Blätter direkt mit dem Schätzquadrate gemessen wurden. Dieses war auf einer dünnen Glimmerplatte eingeritzt und so eingerichtet, dass noch Viertel-Quadratcentimeter abgelesen werden konnten. Unter das zu messende Blatt wurde zunächst ein dünnes Brettchen von angemessener Grösse geschoben, welches an einer Seite mit einem schmalen und tiefen Ausschnitt zur Aufnahme des Blattstieles versehen war. Die Ränder zu Seiten des Ausschnittes waren ein wenig erhaben, das ganze Blatt war mit einem Ueberzuge von weichem Leder versehen. Hierauf wurde die Glimmerplatte mit dem Schätzquadrate darüber gelegt und fest gegen die erhabenen Ränder des Brettchens gepresst. Das Blatt selbst lag alsdann locker darunter, aber dennoch genügend fest, um nicht bei etwaiger, selbst stärkerer Bewegung des Körpers während des Abschätzens hin- und herzurücken. Die ganze Vorrichtung konnte bequem mit der linken Hand gehalten werden, während die rechte frei blieb, um die abgelesenen Zahlen zu notiren. Die Messung eines Blattes von *Tropaeolum*, welche auf diese Weise ausgeführt wurde, nahm etwa 3 Minuten in Anspruch; ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass ich mich vor dem Beginn des Versuchs gehörig auf diese Methode einübte und mir die Ueberzeugung verschaffte, dass ich mit der nöthigen Genauigkeit schätzte. Ich wendete dieses Verfahren bis zum 11. Juni bei allen Pflanzen, von da ab aber nur noch bei *Tropaeolum* an, da sich der Anwendung der zweiten Methode der Blattmessungen, welche ich von diesem Zeitpunkte an bei den übrigen befolgte, bei dieser Species mannigfache Schwierig-

keiten entgegenstellten, die theils in der verhältnissmässig geringen Grösse, theils in der Zahl und der dichten Stellung der Blätter begründet waren.

Diese zweite Methode bestand darin, dass ich die Blätter mittels einer auf Glas haftenden Farbe auf Tafeln von solchem abpauste und von den Pausen mittelst photographischen Papiers Abzüge herstellte, welche mit dem Planimeter ausgemessen werden konnten. Auch hier wurde unter das zu kopirende Blatt ein leichtes Brettchen von angemessener Grösse wie das oben beschriebene geschoben, die Glastafel, deren scharfe Ränder durch Umkleben mit schmalen Streifen von weichem Leder für den Fall einer (nicht immer zu vermeidenden) Berührung mit der Pflanze unschädlich gemacht waren, darauf gelegt und nun der Rand des Blattes rasch umfahren. Hierbei neigte ich die Vorrichtung, welche gleichfalls nur mit der linken Hand gehalten werden brauchte, stets derartig, dass ich das Spiegelbild meines linken Auges allemal unter dem zu zeichnenden Blattrande sah, wodurch ein parallaktischer Sehfehler vermieden wurde. Als Farbe diente mir ein dünnflüssiges Gemenge von Russ und Terpentin, dem ein wenig Canadabalsam zugesetzt war. Sie trocknete nach wenigen Sekunden und haftete auf dem zuvor mit Weingeist gereinigten Glase ausserordentlich fest. Zum Zeichnen selbst benutzte ich anfangs einen feinen Pinsel, späterhin eine gewöhnliche weiche Stahlfeder. Das Fixiren eines Blattes nahm durchschnittlich 5—6 Minuten in Anspruch. Der Vortheil dieser Methode gegenüber der Anwendung des Schätzquadrats lag, abgesehen davon, dass sie bei weitem weniger mühselig war, hauptsächlich darin, dass die Glastafeln mit den Kopien aufbewahrt und zu gelegener

Zeit für die eigentlichen Messungen benutzt werden konnten. Und das war für mich wesentlich, da meine Zeit während der Dauer des Versuchs durch diesen selbst und die täglichen Vorbereitungen zu ihm, sowie durch die Pflege der Pflanzen nebst den thermischen und psychrometischen Beobachtungen fast ausschliesslich in Anspruch genommen war. Später waren zur sorgfältigen Ausführung der Messungen drei Wochen hindurch täglich 5—6 Stunden erforderlich, was nicht verwundern wird, wenn man hört, dass ich 150 Tafeln mit mehr als tausend Kopien zu photographiren und mit dem Planimeter auszumessen hatte.

Was die Genauigkeit beider Methoden betrifft, so habe ich mich überzeugt, dass der wahrscheinliche Fehler, welcher aus einer grösseren Zahl von aufeinanderfolgenden Messungen verschiedener ausgewachsener Blätter abgeleitet wurde, bei beiden noch nicht 1% beträgt. Rechne ich nun noch dazu, dass die Unebenheiten der Blätter kleine Fehler bedingen, so glaube ich höchstens 1,5% als solchen verzeichnen zu müssen.

Einige allgemeine Bemerkungen über die Blattmessungen mögen an dieser Stelle Platz finden. Was zunächst die Zeit anbelangt, zu welcher die täglichen Bestimmungen stattfanden, so wählte ich die Stunden von fünf Uhr nachmittags an. Um diese Zeit war die Intensität des Tageslichtes schon in der Abnahme begriffen, so dass ich hoffen durfte, die Pflanzen in ihrer Assimilationsthätigkeit nicht mehr sonderlich zu stören. Ueberdies wurden bei jeder Einzelbestimmung nur drei oder vier Blätter dem Einflusse des Lichtes selbst und auch nur theilweise entzogen, die übrigen waren ganz ungestört. Nur zweimal

konnte ich die Messung nicht bei sämtlichen Pflanzen an demselben Abende bewältigen und musste sie für eine oder die andere bis zum folgenden Morgen aufschieben. Man wird dies begreiflich finden, wenn man erwägt, wie zeitraubend jede derartige Messung war. Ich sah mich in Folge dessen auch genöthigt, vom 19. Juni an die Pflanzen in zwei Gruppen zu theilen, deren eine die beiden Tropaeolum, deren andere die übrigen Versuchsexemplare bildeten, und welche einen Tag um den andern, also nach zweitägigen Perioden, gemessen wurden.

Ferner will ich noch erwähnen, dass ich zur Vermeidung von Verwechslungen der gemessenen mit den noch zu messenden Blättern ein jedes derselben mit einer kleinen Nummer versehen hatte, welche mit chinesischer Tusche aufgetragen war.

Ausserdem war es von nicht unwesentlichem Vortheil für das rasche und sichere Messen, dass die Pflanzen mitsammt den Töpfen so gedreht werden konnten, wie ich es für das Kopiren sowohl wie für die Messungen mit dem Schätzquadrate am bequemsten fand. Da es aber von Wichtigkeit war, dass die Pflanzen immer dieselbe Stellung zum Lichte einnahmen, so waren an den Töpfen Marken angebracht, welche auf ebensolche feste, am Rande des ummauerten Raumes befindliche, hinwiesen. Selbstverständlich wurde jedes Blatt nur so lange gemessen, bis es vollkommen ausgewachsen war, worüber die Messungen selbst Aufschluss gaben. Andererseits wurde es schon in Rechnung gezogen, sobald seine Fläche eine derartige Grösse erreicht hatte, dass sie der Messung überhaupt zugänglich war.

Ich bin nun noch einige Worte über die Werthung der bei den Blattmessungen erhaltenen

Resultate schuldig, welche man auf Tab. 4—9 mitgetheilt findet. Meiner Aufgabe entsprechend wäre es wünschenswerth gewesen, genau zu wissen, wie gross die Blattfläche in jeder kleinsten Zeiteinheit während der Dauer der Beleuchtung gewesen ist, oder, was das Nämliche sagen will, die genaue Kurve der Blattflächenentwicklung zu kennen. Ich lasse es dahingestellt, ob man in Zukunft ein Verfahren auffinden wird, welches eine derartige Forderung erfüllt. Statt dessen kann ich nur angeben, wie gross die Blattfläche von 24 zu 24, beziehentlich von 48 zu 48 Stunden gewesen ist. Was nun zunächst die nach zweitägigen Perioden erhaltenen Werthe betrifft, so konnte ich, ohne grosse Fehler befürchten zu müssen, durch einfache Mittelnahme zweier aufeinanderfolgenden die an dem dazwischenliegenden Tage vorhandene Blattfläche ableiten. Aus diesen täglichen Blattflächen wurde durch abermalige Mittelnahme diejenige Fläche berechnet, welche während der Dauer der Beleuchtung im Mittel thätig gewesen war. Hierbei wurde, entsprechend den Temperaturerniedrigungen während der Nächte, angenommen, dass in diesen ein nur unerheblicher Zuwachs stattgefunden hatte, der füglich unberücksichtigt bleiben durfte.

Die weitere Berechnung hatte nun einfach nach den Regeln der Gesellschaftsrechnung zu erfolgen. Die Aufgabe war beispielsweise die nämliche wie diese: Ein Unternehmer beschäftigt während einer Periode täglich eine beliebige Zahl von Arbeitern, etwa:

am	1.	Tage	während	12	Stunden	10	Arbeiter,
	"	2.	"	"	"	13	"
	"	3.	"	"	"	11	"
						15	"
						16	"
							2

am 4. Tage während 14 Stunden 13 Arbeiter,
 „ 5. „ „ 10 „ 17 „
 Der Gesamtverdienst derselben beträgt 300 M.;
 wie gross ist der Verdienst eines Arbeiters pro
 Stunde? — Nach den bekannten Regeln wird man
 für jeden Tag die Producte aus der Zahl der Ar-
 beiter und den Arbeitsstunden zu bilden und mit
 der Summe dieser Producte den Gesamtverdienst
 zu dividiren haben, um Antwort auf die gestellte
 Frage zu erhalten.

In unserem Falle würde den Unternehmer die
 Pflanze vorzustellen haben; die tägliche Zahl der
 Arbeiter ist die Zahl der täglich vorhandenen und
 assimilirenden □ cm Blattfläche; dem Gesamtver-
 dienst entspricht die Gesamtleistung dieser □ cm
 Blattfläche betreffs der Assimilation am Schlusse des
 Versuchs.

Demgemäss mussten, nachdem, wie oben gezeigt,
 die Anzahl der täglich wirksamen □ cm Blattfläche
 festgestellt war, für einen jeden Tag die Produkte
 aus diesen in die Anzahl der Arbeits- d. i. der Be-
 leuchtungsstunden gebildet und summirt werden
 (diese Produkte sind in den letzten Kolumnen der
 Tabellen 4—9, ihre bezüglichen Summen in Tab. 1,
 die Zahl der täglichen Beleuchtungsstunden in Tab. 3
 enthalten), und schliesslich musste das Gewicht der
 assimilirten Substanz durch diese Summe dividirt
 werden. Dieser Quotient gibt dann an, wie gross die
 (durchschnittliche) Leistung eines □ cm Blattfläche
 in einer Stunde betreffs der Assimilation gewesen
 ist. Um bequemere und anschaulichere Zahlen zu
 gewinnen, habe ich die Leistungen auf einen
 Quadratmeter und auf eine Periode von zehn
 Stunden berechnet.

Die assimilirte Substanz.

Die Bestimmung der assimilirten Substanz lief im Wesentlichen auf eine Trockengewichtsbestimmung hinaus. Es war nur zu ermitteln, wie gross dieses bei jeder der Versuchspflanzen beim Beginne und wie gross es beim Schlusse des Versuchs war. Zur Ermittlung des ersteren wurde von jeder Species eine Anzahl gleich alter und gleich kräftiger Exemplare bei 100° C. getrocknet und aus ihren Gewichten das Mittel genommen. Bei *Tropaeolum* und *Phaseolus* war hiervon noch das Gewicht der nicht entleerten Cotyledonen in Abrechnung zu bringen, welches aus dem Trockengewichte einer grossen Zahl von Cotyledonen ermittelt wurde, die von andern Exemplaren der betroffenen Species zu geeigneter Zeit abgenommen waren. Für die Bestimmung des bei Beendigung des Versuchs vorhandenen Trockengewichts wurden die ganzen Pflanzen verwendet. Auf diese Weise waren die immerhin groben Fehler ausgeschlossen, die jedesmal entstehen, wenn man dazu nur eine Probe von der lufttrockenen Substanz nimmt. Bei der Ernte der Frischsubstanz, welche am 15., 16. und 17. Juli erfolgte, verfuhr ich dergestalt, dass ich die oberirdischen Theile rasch mit einem scharfen Messer zerkleinerte und an der Sonne trocknete. Die Wurzeln befreite ich nicht, wie es gewöhnlich geschieht, durch Auswaschen von der Erde, sondern ich liess sie erst welk werden, indem ich den ganzen Ballen der Sonne aussetzte, zog dann ihre Hauptmasse als zusammenhängendes Ganzes mit Leichtigkeit am Wurzelhalse heraus und reinigte sie durch wiederholtes Schütteln und Blasen von den noch anhaftenden Erdpartikelchen. Der Rest kleiner Würzelchen konnte mit ziemlicher

Vollständigkeit aus der von groben Bestandtheilen freien Erde (wofür gleich bei der Aussaat Sorge getragen war) leicht durch Absieben und Auskämmen gewonnen werden. Ich habe mich überzeugt, dass mir die Trennung der Wurzeln von der Erde auf diese Weise so vollkommen gelang, wie ich es nur wünschen konnte. Die gesammte Erntemasse wurde sodann in den lufttrockenen Zustand übergeführt, bevor sie bei 100° C. getrocknet wurde. Selbstverständlich wurden alle diejenigen Pflanzentheile hinzugefügt, welche schon während des Versuchs abgeschnitten oder abgefallen waren, wie Blätter, Blüthen-theile u. dergl., die mit der grössten Sorgfalt gesammelt und in Papierdüten aufbewahrt worden waren.

Die Differenz zwischen dem schliesslich gefundenen und dem anfänglich vorhandenen Trockengewicht ergab die Zunahme desselben während der Dauer des Versuchs. Da ich keine speciellen Angaben über den Aschengehalt der in Rede stehenden Pflanzen vorfand und selbst nicht in der Lage war, denselben zu bestimmen, so brachte ich hierfür überall rund 4% in Abzug, indem ich mich auf die zahlreichen und allbekannten Prozentsätze stützte und ausserdem in Betracht zog, dass meine Pflanzen infolge der eigenthümlichen Verhältnisse, unter denen sie vegetirten, einen geringeren Gehalt an Asche als im Freien besessen haben dürften. Ein in dieser Beziehung begangener Fehler macht sich überdies erst in der zweiten Decimale der Resultate bemerkbar.

Endlich mussten diese Resultate wegen der durch die Athmung verbrauchten Substanz noch eine Korrektion erfahren. Da sich auch hiefür nur mangelhafte Anhaltspunkte in der mir zugänglichen Litte-

ratur fanden, so entschloss ich mich, für jede Species einen diesbezüglichen Versuch selbst anzustellen. Zu diesem Behufe wurde ein gewogenes Quantum frischer Substanz in einem verdunkelten Rezipienten eingeschlossen, durch welchen ein mittels Kalilauge von Kohlensäure befreiter Luftstrom geführt wurde. Die von der Pflanze abgeschiedene Kohlensäure liess ich durch Kalkwasser absorbiren und berechnete aus dem in einer bestimmten Zeit niedergeschlagenen kohlensauren Kalke das entsprechende Gewicht zersetzter Stärke. Das letztere wurde sodann auf 100 gr Trockengewicht der athmenden Substanz und auf 24 Stunden umgerechnet. Ich fand auf diese Weise folgende Verluste an Stärke:

<i>Tropaeolum majus</i>	3,6%
<i>Phaseolus multiflorus</i>	3,7%
<i>Ricinus communis</i>	2,7%
<i>Helianthus annuus</i>	3,5%

Die erhaltenen Zahlen wurden entsprechend abgerundet zur Berechnung des während der ganzen Vegetationsperiode erfolgten Verlustes verwendet. Da ich es von vornherein aufgeben musste, zu einer genauen Kenntniss desselben zu gelangen, weil es für diesen Zweck nöthig gewesen wäre, die Kurve der Trockengewichts-Zunahmen meiner Versuchspflanzen zu kennen, was nicht der Fall war, so begnügte ich mich mit Näherungswerthen und nahm zu dem Behufe an, dass die täglichen Zunahmen der Trockengewichte dem Alter der Pflanzen proportional erfolgt wären. Dementsprechend wurden mittels Interpolationsreihen die mittleren Verluste für 5—7 tägige Perioden bestimmt, deren Summen die Gesamtverluste ergaben. Man findet die so erhaltenen Werthe in Tab. I angeführt.

Die Resultate.

Die in Tab. I zusammengestellten Resultate ermöglichen die Beantwortung von drei verschiedenen, gleichberechtigten Fragen, nämlich erstens der: wie gross das Trockengewicht überhaupt gewesen sei (ohne Berücksichtigung der Asche und des Athmungsverlustes), welches die Blattfläche in gegebener Zeit produzierte, ferner wie hoch sich der durch sie veranlagte Reingewinn an verbrennlicher Substanz belief (Athmungs-Verlust ausser Betracht gelassen), und endlich, wie ausgiebig die Assimilation selbst war, wenn man den Athmungsverlust (und die Asche) mit in Rechnung zieht.

Nur auf die Beantwortung dieser letzten Frage kam es für mich an.

Bei der Betrachtung der Resultate möchte ich die Aufmerksamkeit zunächst auf den Umstand lenken, dass die bei den paarweise vorhandenen Pflanzen erhaltenen Werthe nicht mit einander übereinstimmen. Man könnte geneigt sein, zu glauben, dass diese Abweichungen auf Beobachtungsfehlern beruhen. Allein bei der ängstlichen Sorgfalt, mit der ich jede einzelne Beobachtung ausführte, bin ich fest überzeugt, dass an einen so grossen derartigen Fehler nicht zu denken ist. Wer sich indessen specieller mit der Kultur von Pflanzen beschäftigt, dem dürfte es gewiss nicht besonders auffallen, dass sich derartige Unterschiede herausstellten, die vielleicht in der individuellen Natur jedes Exemplares begründet waren.

Derartige individuelle Verschiedenheiten mögen auf die Resultate ihren Einfluss ausgeübt haben. Um sie zu eliminiren, hätte in jedem einzelnen Falle

das Mittel aus einer grossen Reihe von Beobachtungen genommen werden müssen, die anzustellen ich nicht in der Lage war, was man nach dem Dargestellten erklärlich finden wird.

Hierzu kommen nun noch zwei andere Umstände, welche vielleicht allein hinreichen, um aus ihnen die besagte Abweichung zu erklären. Der eine, und auf ihn glaube ich das Hauptgewicht legen zu müssen, bestand lediglich in der nicht vollkommen gleichmässigen Beleuchtung der Pflanzen. Wie ich schon erwähnte, war die Aufstellung derselben so erfolgt, dass die unpaarigen in der Mitte des Gewächshauses standen; von den übrigen war je ein Exemplar auf die West- das andere auf die Ostseite des ummauerten Erdkastens gestellt, und zwar befanden sich westlich *Tropaeolum I* und *Phaseolus II*, östlich *Tropaeolum II* und *Phaseolus I*. Nun stand die Sonne beim Abnehmen der Verdunkelung des Morgens um 6 Uhr schon so hoch, dass alle Pflanzen gleichzeitig von ihr getroffen wurden; des Abends hingegen kamen die auf der Westseite des Hauses befindlichen zuerst in den Schatten. Diese Versuchspflanzen genossen demnach täglich eine kürzere Beleuchtungsdauer, und es musste ihre Assimilationszahl, auf dieselbe Zeit der Beleuchtung bezogen, wie diejenige der auf der Ostseite stehenden Exemplare, kleiner ausfallen als bei diesen. Andererseits genossen die im Osten befindlichen Pflanzen eine etwas längere Beleuchtung als sämtliche übrigen. Man wird mit Leichtigkeit einsehen, dass das Mittel aus den Beleuchtungszeiten im Westen und im Osten gleich der Beleuchtungszeit in der Mittellinie des Hauses war, und dass demgemäss das Mittel aus den Resultaten, welche bei den im Osten und im Westen stehenden Pflanzen erhalten

wurden, erst ein solches ergeben müsse, welches mit denjenigen verglichen werden darf, die bei den in der Mitte des Hauses befindlichen Pflanzen erzielt wurden. Da diese Erwägung schon vor dem Beginne des Versuchs gemacht war, so war sie eben bei der Aufstellung der Versuchspflanzen massgebend.

Geringeres Gewicht schreibe ich dem Umstande zu, dass sich in dem Verhalten der Versuchspflanzen *Tropaeolum I* und *Phaseolus II* eine Eigenthümlichkeit bemerkbar machte, die bei den übrigen Pflanzen nicht konstatiert werden konnte. Am auffälligsten war die betreffende Erscheinung bei *Phaseolus*. Hier zeigten nämlich die jüngeren Blätter in der letzten Woche des Versuchs ein unverhältnissmässig rasches Wachstum, welches zur Folge hatte, dass das Mesophyll dieser Blätter gelblich grün und nur in der Nähe der Nerven intensiv grün erschien. Von diesen breitete sich jedoch die grüne Farbe in ziemlich kurzer Zeit über das ganze Blatt aus, so dass bei der Ernte nur noch die jüngsten Blätter ein Ueberwiegen der helleren Partien aufwiesen. Bei *Tropaeolum I* trat dieselbe Erscheinung in weniger hohem Masse schon ausgangs Juni auf, verschwand aber nach wenigen Tagen, so dass die Pflanze später ein ganz normales Aussehen hatte. Wenn man bedenkt, dass hier Blattflächen, in welchen offenbar ein bedeutender Mangel an Chlorophyll herrschte, ebenso gemessen und verrechnet wurden wie normale Blätter, so lässt sich einsehen, dass sich bei der Beziehung der Blattfläche auf das Trockengewicht ein zu kleiner Werth herausstellen musste. Allein die Erscheinung währte in beiden Fällen zu kurze Zeit und die fehlerhafte Blattfläche war im Verhältniss zu der gesammten zu klein, um allein so grosse Abweichungen

in den Resultaten zu veranlassen, und obschon ich ihren Einfluss nicht als vollkommen gleichgiltig hinstellen will, so glaube ich doch, jene Abweichungen hauptsächlich als eine Folge der erwähnten Beleuchtungs-differenz auffassen zu müssen.

Demgemäss beträgt die Assimilationsenergie von

Tropaeolum majus	4,466 gr
Phaseolus multiflorus	3,215 „
Ricinus communis	5,292 „
Helianthus annuus	5,569 „

Nimmt man die absolute Assimilationsenergie von Tropaeolum als Einheit an und setzt sie = 100, so erhält man, wenn man mit ihr diejenigen der übrigen Pflanzen vergleicht, folgende spezifische Assimilationsenergien:

Tropaeolum majus	= 100
Phaseolus multiflorus	= 72,0
Ricinus communis	= 118,5
Helianthus annuus	= 124,5.

Diese Resultate zeigen zunächst nur an, dass unter den gegebenen gleichen Bedingungen jedes, einer bestimmten Species angehörige Individuum eine besondere Assimilationsenergie besass. Da ich aber annehmen darf, dass die individuellen Schwankungen dieser sich bei derselben Species innerhalb kleiner Grenzen halten, so kann ich die erhaltenen Werthe als für die ganze betreffende Species mit ziemlicher Genauigkeit richtig gelten lassen (natürlich nur unter den hier gegebenen Vegetationsbedingungen). Endlich ist es mir in hohem Grade wahrscheinlich, dass überhaupt jede Species eine ihr eigenthümliche Assimilationsenergie besitzt.

Es fragt sich nun, wie sich die bei meinen Versuchspflanzen erhaltenen Werthe ändern werden,

wenn dieselben Pflanzen unter günstigeren Bedingungen assimiliren. Gewiss werden die absoluten Energien grösser ausfallen; ob sich aber die specifischen ebenfalls ändern, bliebe noch zu entscheiden.

Zum Schluss will ich noch die absoluten Assimilationsenergien einiger Mais-Varietäten mittheilen, welche geeignet sein dürften, für die Resultate, welche man bei Kulturen im freien Lande zu erwarten haben wird, einige Anhaltspunkte zu liefern. Ich habe diese Zahlen aus den von *Kreusler* (Landw. Jahrb. 1877 p. 786) mitgetheilten Daten über Blattflächenentwicklung und Trockengewichtszunahme der betreffenden Mais-Varietäten berechnet. Vergl. Tab. 2.

Man sieht, dass sich bei den drei ersten Varietäten grössere Werthe ergaben, als ich bei meinen Versuchen fand. Freilich muss ich es dahingestellt sein lassen, ob dieselben allein auf Rechnung der günstigeren Vegetationsbedingungen zu Stande kamen, oder ob sich in ihnen eine höhere Assimilationsenergie ausdrückt als diejenige, welche die von mir untersuchten Pflanzen zeigten. Die beträchtlichen Unterschiede zwischen den für die einzelnen Varietäten erhaltenen Zahlen sind gewiss nicht auf Verschiedenheit der Energien zurückzuführen, sondern erklären sich dadurch, dass die Pflanzen, welche sämmtlich in den nämlichen Intervallen gepflanzt waren, sich in verschieden hohem Masse beschatteten je nach der specifischen Höhe und Mächtigkeit, welche sie erreichen. Die dadurch hervorgerufene Beeinflussung des Resultats geht bei der grössten Varietät, dem Pferdezahl-Mais, so weit, dass die Leistung der Blattfläche sogar geringer erscheint als bei irgend einer der von mir untersuchten Pflanzen. Dass schliesslich

hier dennoch ein weit grösseres Trockengewicht erreicht wurde als bei den anderen Varietäten, ist sehr begreiflich, da ja auch die gesammte Blattfläche des Pferdezahl-Mais diejenige der anderen Varietäten bei weitem übertraf.

Schlussbemerkung.

Die Eingangs gestellte Frage kann mit dem Vorliegenden zwar nicht als endgiltig gelöst betrachtet werden; allein so viel ist gewiss, dass jede der untersuchten Species unter den gegebenen gleichen Bedingungen eine ihr eigenthümliche Assimilationsenergie zeigte, und weiterhin kann man daraus mit hoher Wahrscheinlichkeit den Schluss ziehen, dass sich das Nämliche für alle übrigen Pflanzen herausstellen wird. Nur zahlreiche Untersuchungen können hier zu einer endgiltigen Entscheidung führen, und ich wage die Hoffnung auszusprechen, dass dieser erste Versuch zu solchen die Anregung geben werde. Die Hauptschwierigkeit, die genaue Bestimmung der Blattfläche, wird sich durch Auffindung einer bequemen und weniger umständlichen Methode gewiss vermindern lassen.

Eine angenehme Pflicht ist es mir, an dieser Stelle Herrn Professor *von Sachs*, dem ich die Anregung zu dieser kleinen Arbeit verdanke und der mir mit dem reichen Schatze seiner Kenntnisse und Erfahrungen in liebenswürdigster Weise stets hilfreich zur Seite stand, dafür meinen herzlichsten Dank auszusprechen.



Mr. O. C.



