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

Die Entdeckung der Kohlenstoffassimilation.

Von

X. Wetterwald.

Die Assimilation des Kohlenstoffes durch die Pflanzen ist einer der bedeutsamsten Vorgänge im organischen Leben, und die Erforschung derselben gehört zu den wichtigsten naturwissenschaftlichen Leistungen. Es mag sich daher wohl der Mühe verlohnen, den Gang der Entdeckung zu verfolgen, um diejenigen Männer kennen zu lernen, die auf diesem Gebiete gearbeitet haben. Ich habe vor mehreren Jahren mich mit dieser Sache beschäftigt und die Ergebnisse meiner Studien in der Programmarbeit der hiesigen Realschule vom Jahre 1893 niedergelegt; ich kam zu dem Ergebnis, dass der Genfer Gelehrte Senebier der Begründer der Assimilationstheorie ist.

Im Jahre 1894 erschien das Lehrbuch der Botanik für Hochschulen von Strassburger, Noll, Schenk und Schimper in Bonn. Dort heisst es[1]: „Die Entdeckung, dass der Kohlenstoff der Pflanze der Kohlensäure der Luft entnommen und durch die grünen Blätter gewonnen wird, knüpft sich vornehmlich an die Namen des Holländers Ingenhouss und des Genfer Gelehrten Theodore de Saussure und fällt in das Ende des vergangenen und den Anfang unseres Jahrhunderts.“ Der Name Senebier

---

[1]) Pag. 165.

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

kommt nicht vor. Ich schickte darauf Herrn Professor Strassburger meine Arbeit. In der dritten Auflage des genannten Lehrbuches vom Jahre 1898 wird nun neben Ingenhouss und Theodore de Saussure auch Senebier genannt, doch heisst es dann gleich wieder im Anschluss an eine Berechnung: „Bei der Berücksichtigung solcher Zahlen findet man es begreiflich, dass die Entdeckung Ingenhouss' ungläubig aufgenommen, später ganz zurückgewiesen und vergessen wurde." Das genannte Lehrbuch hält also daran fest, dass Ingenhouss der Begründer der Assimilationstheorie ist. Auch in einer pädagogischen Zeitschrift: Der deutsche Schulmann wird unter dem Titel: „Neues vom Gebiete der Wissenschaften" Ingenhouss als der Entdecker der genannten Theorie bezeichnet[1]). Da ich nun die Überzeugung habe, dass diese Angaben mit den Thatsachen nicht übereinstimmen, — auch der Litteraturnachweis bei Strassburger ist unvollständig — und da ich zudem weiss, dass in Programmarbeiten niedergelegte Untersuchungen gewöhnlich vergraben sind, möchte ich mir erlauben, Ihnen hier den Beweis zu erbringen, dass Senebier die Assimilationstheorie begründet hat[2])

Wenn wir nach dem Auftauchen des Assimilationsgedankens forschen, so führt uns die Geschichte der Botanik auf den Namen Malpighi zurück[3]). Sowohl in seiner Anatomes plantarum idea 1671, als auch in der Pytotomie 1674 spricht er von der Bedeutung der

---

[1]) Der deutsche Schulmann, Januarheft 1899, pag. 29.

[2]) Auch Pfeffer, Pflanzenphysiologie I. Bd. pag. 186 und 187 und Pringsheim, Über Chlorophyllfunktion und Lichtwirkung in der Pflanze, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik 1882, bezeichnen Senebier als den Begründer der Assimilationstheorie; doch habe ich bisher nirgends den strikten Nachweis dafür gefunden.

[3]) Sachs, Geschichte der Botanik, pag. 494.

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

Blätter als Zubereitungsorganen des Nahrungsstoffes; auch Christian Wolff erkannte den Blättern eine Rolle beim Nahrungsgeschäft der Pflanzen zu [1]; er hatte jedoch keine Ahnung von der wahren Natur des Vorganges. Der Engländer Hales [2]) betrachtete es als wahrscheinlich, dass die Luft nicht allein mit der durch die Wurzeln eindringenden Hauptnahrung, sondern auch durch die Blätter in die Pflanze gelange, dass sie zu einem Grundbestandteil derselben werde. Er bildete sich auch die Anschauung, dass eine Hauptaufgabe der Blätter darin bestehe, den Nahrungssaft in die Höhe zu ziehen; dieselbe Ansicht vertrat auch der Genfer Bonnet [3]), doch hat er die Erkenntnis von der Funktion des Blattes nicht gefördert.

Es war übrigens bei dem damaligen Stand der Luftchemie geradezu unmöglich, die Funktion des Blattes zu ergründen; denn es war die Chemie von der Mitte des 17. bis zum letzten Viertel des 18. Jahrhunderts von der Phlogiston-Theorie beherrscht [4]). Man nahm an, dass alle verbrennlichen Körper einen gemeinsamen Bestandteil, das Phlogiston besitzen; das Austreiben desselben sei die Verbrennung; besonders viel von diesem Stoff enthalte die Kohle. Der Begriff Phlogiston war also dem heutigen Begriff des Sauerstoffes geradezu entgegengesetzt.

Priestley bezeichnete den Sauerstoff, den er 1774 entdeckte, als eine von Phlogiston ganz reine Luft, die

---

[1]) Christian Wolff, Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur 1725, pag. 641.

[2]) Hales, Statik der Gewächse 1748, deutsch von Reichsfreiherrn von Wolff.

[3]) Bonnet, Nutzen der Blätter bei den Pflanzen, deutsch von Joh. Christian Arnold 1762.

[4]) Kopp, Geschichte der Chemie, I. Bd.

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

dephlogistisierte, den Stickstoff, als mit Phlogiston ganz gesättigt, die phlogistisierte Luft; die Kohlensäure, deren wahre Natur er freilich nicht erkannte, nannte er fixe Luft. Priestley machte auch eine grosse Reihe von Untersuchungen über die Beziehung der verschiedenen Luftarten zu den Pflanzen[1]). Er konstatierte nach langem Hin- und Herschwanken, dass durch die Vegetation unter dem Einfluss des Lichtes die Luft verbessert wird; den wahren Vorgang erkannte er aber nicht. In einer Fussnote zitiert er das Werk seines Freundes Ingenhouss und dessen Ansicht[2]), dass die aus den Blättern ausgeschiedene Luft keineswegs dem Wasser ihren Ursprung zu verdanken habe, sondern durch eine besondere fortdauernde Wirkung des dem Sonnenlicht ausgesetzten frischen Blattes hervorgebracht werde und Luftblasen bilde, weil das sie umgebende Wasser sie verhindert, sich in der Atmosphäre zu zerstreuen. Ingenhouss wurde durch die Arbeiten von Priestley veranlasst, seine Forschungen über den Einfluss der Pflanzen auf die Luft auszuführen[3]). Er sagt im ersten Band seiner „Versuche mit Pflanzen[4])“: „Die Wissbegierde erweckte in mir das Verlangen zu untersuchen, ob die Pflanzen dadurch, dass sie das brennbare Wesen als ihre Nahrung einsaugen, die Luft verbessern und sie solchergestalt in einem Stand der Reinheit zurücklassen, wie

---

[1]) Priestley, Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft 1773—1782, 5 Bände: I. Bd. pag 47, 91; III. Bd. pag. 287; Brief von T. Henry an Priestley am Ende des III. Bds.; IV. Bd. pag. 233, 239, 241, 266; V. Bd. pag. 15—21.

[2]) a. a. O. V. Bd. pag. 39.

[3]) Ingenhouss, Versuche mit Pflanzen, deutsch von Joh. Andreas Scherer 1779; siehe I. Bd. pag. 10, 12, 17, 38, 61; II. Bd. pag. LVI, 10, 101, 197; III. Bd. pag. LXVII, 135.

[4]) a. a. O. I. Bd. pag. XLVI.

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

Priestley meint, oder ob die Pflanzen, wie ich mutmasste, eine andere bis jetzt unbekannte Kraft besitzen, wodurch sie eine verdorbene Luft in eine gute verwandeln und diese noch besser machen.“ Aus verschiedenen Versuchen glaubte er den Schluss ziehen zu dürfen[1]), „dass die aus den Pflanzenblättern entwickelte Luft im Sonnenlicht ihr Brennbares in der Pflanze absetze, oder dass die Pflanze es zu ihrer Nahrung daraus gezogen habe und sich in einem Zustande der vollkommenen Reinheit befinde, in welchem sie ein schädliches Flüssige und ein wirklicher Auswurf für die Pflanze geworden, der sie, falls sie sich desselben nicht entladen könnte, krank machen würde.“ An einer andern Stelle bemerkt er[2]): „Es scheint, dass die Gewächse die meisten wässerigen Feuchtigkeiten vermittelst ihrer Wurzelfasern aus der Erde und das Brennbare, das den Hauptbestandteil ihrer Nahrung ausmacht, aus der Atmosphäre ziehen; sie saugen die Luft aus der letztern so, wie sie ist, d. h. mit brennbarem Wesen angefüllt. Diese Luft wird in den Organen der Pflanzen dergestalt verdaut oder ausgearbeitet, dass das Brennbare als eine ihrer Hauptnahrungen darin zurückbleibt und der vom Brennbaren beraubte und der Pflanze zum Auswurf gewordene Überrest durch die Abscheidungsvorgänge ausgestossen und der Masse der Atmosphäre zurückgegeben wird.“ Hier spricht Ingenhouss es allerdings deutlich aus, dass die Pflanze ein Hauptnahrungsmittel aus der Luft ziehe, von den tiefern Vorgängen sagt er aber nichts.

Im zweiten Bande spricht er zum ersten Male von der „fixen Luft“ (Kohlensäure) als Nahrungsmittel der Pflanzen, freilich in einer Weise, die zeigt, dass er von

---

[1]) a. a. O. I. Bd. pag. 37.

[2]) a. a. O. I. Bd. pag. 85.

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

einer auch nur annähernd richtigen Erkenntnis der thatsächlichen Verhältnisse sehr weit entfernt war[1]); dabei erwähnt er auch die Arbeiten von Senebier: „Die fixe Luft spielt nach Herrn Senebier eine grosse Rolle bei der Vegetation und es ist schwer, dieser sinnreichen Theorie, die Herr Senebier durch seine Versuche und Beredsamkeit vielen grossen Physikern sehr wahrscheinlich gemacht hat, die Achtung zu versagen[2])." Bald jedoch äussert sich Ingenhouss wieder anders über die „fixe Luft[3])": „Nur das sei überhaupt gesagt, dass die mit andern Lüften gemischte fixe Luft den damit eingeschlossenen Pflanzen niemals offenbar heilsam war, die Menge derselben mochte was immer für eine gewesen sein. Nun, wenn ich gleich die wirklich sinnreiche Theorie des Herrn Senebier über die Rolle, die er die fixe Luft bei dem Wachstum spielen lässt, nicht wahr finden konnte: so wird man doch kaum in Zweifel ziehen, dass die Luftsäure oder fixe Luft die mit Wasser bedeckten und an die Sonne gesetzten Pflanzen zur Ausarbeitung der Lebensluft erwecke und sich selbst vermittelst der Pflanze in reine Luft verwandle[4])." Solche Widersprüche, wie sie aus den angeführten zwei Stellen sich ergeben, finden sich noch mehrere bei Ingenhouss[5]). Auch im dritten Bande[6]) des genannten Werkes lässt sich keine Stelle finden, welche die Bedeutung der Kohlensäure würdigt, obschon beim Erscheinen desselben ihre chemische Zusammensetzung bekannt war. Das Verdienst

---

[1]) a. a. O. II. Bd. pag. 14.

[2]) Der II. Bd. von Ingenhouss erschien 1788, die ersten Werke von Senebier aber schon 1782.

[3]) a. a. O. II. Bd. pag. 75.

[4]) a. a. O. II. Bd. pag. 104.

[5]) a. a. O. II Bd. pag. 106.

[6]) 1790 erschienen.

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

Ingenhouss' besteht einfach darin, dass er durch zahlreiche Experimente den schon von Priestley versuchten Nachweis geliefert hat, dass die Pflanzen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes die Luft verbessern bezw. respirabler machen. Wie sich dieser Vorgang aber abspiele, welche Umwandlungen er zur Voraussetzung habe und namentlich auch, welche Veränderungen dadurch in der Pflanze selbst bewirkt werden, davon sagt er gar nichts. Er hatte immer nur die eine Seite des Vorganges der Luftumwandlung im Auge, nämlich die Verbesserung derselben für die tierische Respiration; er übersah jedoch vollständig, dass auch die Pflanzen selber aus der Umwandlung einen Vorteil ziehen könnten, er gesteht das später in einer andern Schrift selber auch zu[1]). Aus dem besprochenen Werk lassen sich also noch keine richtigen Gedanken über Kohlenstoffassimilation herausfinden. Auch in den „Vermischten Schriften" von Ingenhouss[2]) sucht man vergebens nach einer Stelle, die auf richtige Vorstellungen über Assimilation hinweisen würde.

Wenden wir uns nun zu Senebier, den wir bereits aus Zitaten von Ingenhouss kennen. Sein erstes Werk über Erscheinungen in der Pflanzenwelt waren die „Mémoires physico-chimiques," drei Bände, Genève 1782; daran reihten sich als Fortsetzung die „Recherches sur l'influence de la lumière solaire, Genève 1783"; 1788 erschienen „Expériences sur l'action de la lumière solaire dans la végétation"; diese fünf Bände bilden zunächst die Grundlage der folgenden Erörterungen.

Durch alle diese Werke lässt sich der durch unzählige Experimente gestützte und bestimmt ausge-

---

[1]) Ingenhouss, Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens 1796, pag. 132.

[2]) Ingenhouss, Vermischte Schriften, Wien 1784.

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

sprochene Gedanke verfolgen: die grünen Blätter, wenn sie in kohlensäurehaltigem Wasser dem Einfluss des Sonnenlichtes ausgesetzt sind, saugen die „fixe Luft“ auf und zerlegen sie in ihrem Parenchym; den einen Bestandteil der aufgenommenen Luft, nämlich den Sauerstoff (dephlogistisierte Luft) hauchen sie wieder aus, wodurch die Luft für die tierischen Organismen verbessert wird, den andern Teil, das Phlogiston (Kohlenstoff), aber behalten sie zurück.

Senebier brachte Blätter, die er in Wasser unter einen Rezipienten tauchte, an die Sonne und bemerkte dabei ein Aufsteigen von Luftblasen; diese Betrachtung veranlasste ihn, folgende drei Fragen zu stellen[1]):

1. Ist die erzeugte Luft bloss der Oberfläche der Blätter anhaftend und entfernt sie sich nun von derselben durch die Wirkung des Wassers?
2. Hat diese austretende Luft ihre Quelle bloss in dem lufthaltigen Wasser, das in die Blätter eindringt, oder wird sie in dem Blatte erzeugt?
3. Wird die Luft durch das Sonnenlicht oder durch die Sonnenwärme erzeugt?

Die erste Frage wird verneint. Um die zweite Frage zu beantworten, brachte Senebier seine Blätter in verschiedene Rezipienten, von denen der eine gekochtes, ein anderer destilliertes, ein dritter kohlensäurehaltiges und ein vierter mit gemeiner Luft gesättigtes Wasser enthielt. Nun beobachtete er, dass die Blätter in kohlensäurehaltigem Wasser am Sonnenlicht weitaus am meisten Luft gaben und zwar eine solche, die dephlogistisierter (sauerstoffhaltiger) war als die atmos-

---

[1]) Mémoires, I. Bd. pag. 17.

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

phärische; aus dieser und aus andern Beobachtungen folgerte er, dass die Luftblasen, die an der Sonne aus den unter Wasser getauchten Blättern aufsteigen, im Blatte selber erzeugt worden seien.

Die dritte Frage entschied Senebier dahin[1]), dass das Sonnenlicht die Ursache der von den Blättern erzeugten Luft sei und dass die Sonnenwärme dabei ausser Betracht falle; verschiedene Versuche bestätigten ihm den Satz, dass die erzeugte Luftmenge proportional der Stärke des direkten Sonnenlichtes und der Dauer seiner Wirkung sei; ferner stellte er fest, dass nicht nur die ganzen, sondern auch die kleinsten Stücke zerrissener Blätter unter dem Einfluss des Sonnenlichtes Luft abgeben.

Senebier beschäftigte sich nun eingehend mit den Luftarten, die mit den grünen Pflanzenteilen in Wechselwirkung treten[2]). Die Luft, welche die Blätter entweichen lassen, sei dephlogistisiert (sauerstoffhaltig), die aus dem Wasser aufgenommene dagegen „fixe Luft.“ Es sei klar, dass die Blätter die Luft, bevor sie dieselbe abgeben, verarbeiten, aus dem Zustand der „fixen Luft“ in denjenigen der dephlogistisierten Luft überführen, und dass sie in bezug auf Quantität proportional der im Wasser enthaltenen Kohlensäure sein müsse[3]). „Il est clair que l'action du soleil, en favorisant peut-être l'entrée de l'air fixe dans la feuille, et en combinant la lumière qu'il lance sur elle, avec les sucs qui s'y trouvent, favorise le changement de cet air fixe, précipite son phlogistique, le dépose dans la plante, et opère une partie des phénomènes de la végétation . . . . . c'est alors que

---

[1]) a. a. O. I. Bd. pag. 64.

[2]) a. a. O. I. Bd. pag. 181.

[3]) a. a. O. I. Bd. pag. 181 und 182.

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

se forme l'air pur qui s'échappe, en se débarrassant de son phlogistique." Diese Theorie hat sehr viel Ähnlichkeit mit unsern heutigen Anschauungen über Assimilation und kann schon als eigentliche Assimilationstheorie bezeichnet werden, da sie auf der Vorstellung beruht, dass die Blätter eine Substanz: fixe Luft = Kohlensäure aufnehmen, sie unter dem Einfluss des Sonnenlichtes zerlegen, einen Theil: Phlogiston[1]) festhalten und dadurch verschiedene Lebenserscheinungen bewirken, während die bei diesem Vorgang sich bildende und des Brennstoffs (Phlogiston) beraubte Luft aus dem Blatte entweicht.

Die bis jetzt besprochenen Forschungen Senebier's bezogen sich auf Experimente, die er mit Blättern im Wasser angestellt hatte, das mit verschiedenen Luftarten vermischt war. Er dehnte seine Untersuchungen auch auf Pflanzen aus, die in der Luft wuchsen[2]), fand aber, dass es schwer sei, entscheidende und einen exakten Geist befriedigende Versuche in der Luft zu machen. Wiewohl er dieselben nicht als hinreichend beweiskräftig ansah, so glaubte er doch daraus schliessen zu dürfen, dass die an der Sonne wachsenden Pflanzen aus ihren Blättern eine Luft entweichen lassen, die respirabler sei als die gewöhnliche Luft, und dass sie proportional der Menge Kohlensäure sei, welche die atmosphärische Luft den Blättern vermittle.

Auch im zweiten und dritten Bande seiner Mémoires finden sich zahlreiche Stellen, die von der Zerlegung der Kohlensäure und der Assimilation des Kohlenstoffes handeln[3]).

---

[1]) Senebier betrachtete die fixe Luft (Kohlensäure) als eine Verbindung der reinen Luft mit dem Phlogiston der Atmosphäre.

[2]) a. a. O. I. Bd. pag. 224—228.

[3]) z. B. a. a. O. II. Bd. pag. 18, 44. III. Bd. pag. 371—411.

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

Im folgenden Jahre (1783) lieferte Senebier eine Fortsetzung seiner Untersuchungen in den „Recherches sur l'influence de la lumière solaire.“ Er bezeichnete darin die Kohlensäure als die nourriture universelle des plantes[1]) und sagte, dass das Parenchym der Blätter nicht allein das Laboratorium ist, wo die Nahrung der Pflanze sich präpariert, sondern auch das Magazin, wo sich die Materialien anhäufen, die sie liefern sollen[2]). Am Schlusse der „Recherches“ gibt er eine kurze Zusammenfassung seiner Forschungen, die er in den vier besprochenen Bänden niedergelegt hat[3]): „On a pu voir comment mes idées se sont étendues peu-à-peu, et m'ont conduit au point où je suis arrivé. Les feuilles exposées sous l'eau au soleil m'ont fourni de l'air; j'ai trouvé que cet air était soutiré par la feuille hors de l'eau où elle plongeait; mes expériences m'ont assuré que cet air élaboré par les feuilles était ce qu'on appelle l'air fixe et que les feuilles plongées dans l'eau et exposées au soleil fournissaient d'autant plus d'air pur, qu'il y avait une plus grande quantité d'air fixe dissoute dans l'eau où elles étaient, j'ai trouvé que l'air fourni par ces feuilles, était un air beaucoup plus pur que l'air commun; je me suis convaincu que la quantité de l'air fixe contenue dans l'eau était fort diminuée, quand les feuilles que j'y exposais au soleil avaient fourni leur air, et j'en ai conclu que l'air déphlogistique, produit ainsi par les feuilles, était le résultat de la conversion de l'air fixe, opéré par l'action de la végétation, qui séparait le phlogistique de l'air fixe pour le rendre propre à la plante, et qui en chassait l'air pur comme un excrément, qui lui était inutile.“

---

[1]) Recherches, pag. 252.

[2]) a. a. O. pag. 251.

[3]) a. a. O. pag. 325.

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

Gerade dieser Satz beweist, dass Senebier die grosse Bedeutung, welche die Zerlegung der Kohlensäure hat, nicht in der Erzeugung der reinen Luft, sondern in der Assimilation des Phlogistons durch die Blätter erblickte. Allerdings konnte er nicht die ganz richtige Vorstellung von der Assimilation haben, weil er die Zusammensetzung der Kohlensäure noch nicht kannte; setzt man aber an die Stelle des Phlogistons den Kohlenstoff, so muss man anerkennen, dass seine Anschauungen den thatsächlichen Verhältnissen sehr nahe kamen.

Im Jahre 1788 veröffentlichte Senebier „Expériences sur l'action de la lumière solaire dans la végétation"; er förderte aber darin kaum etwas zu Tage, was er nicht schon in seinen frühern Werken niedergelegt hatte. Viel wertvoller ist dagegen seine drei Jahre später in der Encyclopédie méthodique[1]) veröffentlichte grössere Arbeit „Physiologie végétale." Nachdem er[2]) von dem Blatt als Ernährungsorgan gesprochen, fährt er fort: „Je crois avoir montré que l'air fixe était encore un aliment des végétaux, que la sève l'amène avec elle; qu'il est porté jusque dans les feuilles, qu'il les pénètre avec la rosée par leurs pores; qu'il y est élaboré dans leur parenchyme; que le soleil favorise sa décomposition, de manière que l'air pur s'échappe hors de la feuille, et que la partie inflammable, ou le carbone qui forme avec lui l'air fixe, se combine avec la plante."

Schon in seinen frühern Schriften hat Senebier darauf aufmerksam gemacht, dass nur die grünen Teile der Pflanzen Luft erzeugen; auch hier spricht er den gleichen Gedanken wieder aus und fügt noch bei, dass die nicht grünen Teile keine Luft hervorbringen; er

---

[1]) Encyclopédie méthodique, Tome I, Forêts et bois 1791.

[2]) a. a. O. pag. 96.

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

wies also durch seine Experimente ganz bestimmt nach, dass nur die grünen Pflanzenteile assimilieren.

Im Jahre 1800 erschien sein fünfbändiges Werk „Physiologie végétale [1]“), in welchem er die Botanik nach dem damaligen Stand der Wissenschaft übersichtlich darstellte; doch findet man darin bezüglich der Assimilationstheorie keine neuen Gesichtspunkte [2]).

Überblicken wir nun die Senebier'schen Forschungen und seine Theorie, so müssen wir zugeben, dass manche Anschauungen nicht richtig waren; wir wissen heute, dass die Kohlensäure direkt aus der Luft und nur vermittelst der Blätter in die Pflanzen eintritt, während Senebier annahm, dass sie im Wasser gelöst von den Blättern und von den Wurzeln aufgesogen werde. In bezug auf das Licht stand er noch auf dem Boden der Stofftheorie und stellte sich vor, dass der Lichtstoff bei der Trennung der Kohlensäure in Kohlenstoff und Sauerstoff sich mit dem letztern verbinde und so die reine Luft erzeuge. Was den von den grünen Blättern unter dem Einfluss des Sonnenlichtes aus der Kohlensäure ausgeschiedenen Kohlenstoff betrifft, so bemerkt Senebier sehr richtig, dass die Kohle zu einem Grundbestandteile der Pflanze werde; welche Form aber der Kohlenstoff in der Pflanze annimmt, welche Wandlungen er durchmacht und welche Grundstoffe er bildet, darüber wusste er uns freilich nichts zu sagen; er führte bloss an, dass er zur Bildung von Harzen und Ölen verwendet werde. Aber trotz verschiedener Mängel traf Senebier mit seinen Grundgedanken das richtige; er erkannte, dass die Blätter Ernährungsorgane sind, dass die Pflanzen einen

---

[1]) Senebier, Physiologie végétale; Genève 1800. 5 Vol.

[2]) Vgl.: Physiologie végétale, II. Bd. pag. 319; III. Bd. pag. 149, 152–157, 166, 206, 209.

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

sehr grossen Teil ihrer Nahrung aus der Luft nehmen, dass die Kohlensäure eines ihrer wichtigsten Nahrungsmittel ist, dass sie in den grünen Blättern unter dem Einfluss des Sonnenlichtes in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegt wird und dass die Pflanze sich den erstern als einen Grundstoff zum Aufbau ihrer Organe aneignet. Diese Gedanken bilden auch heute noch die Fundamentalsätze der Assimilationstheorie. Daher muss Senebier als der Begründer der Assimilationstheorie bezeichnet werden.

Ich bin hier zu einem andern Resultat gekommen als Hansen, der in seiner Habilitationsschrift[1]) die Ehre, die genannte Theorie entdeckt zu haben, für Ingenhouss in Anspruch nimmt. Hansen stützt sich dabei auf ein kleines Werk von Ingenhouss[2]), das im Original erst 1796 und in deutscher Übersetzung 1798 erschien, also zu einer Zeit, da Senebier seine Theorie über die Assimilation schon längst veröffentlicht hatte. Hinsichtlich des bereits besprochenen Ingenhouss'schen Werkes „Versuche mit Pflanzen" sagt Hansen selbst[3]), dass dasselbe nur den Beweis leiste, „dass Pflanzen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes die Luft verbesseren, d. h. respirabler machten, indem sie reichliche Mengen dephlogistisierte Luft aushauchten."

Jenes Büchlein von Ingenhouss, auf welches Hansen sich beruft, erschien fünf Jahre nach der in der Encyclopédie méthodique veröffentlichten Senebier'schen Arbeit „Physiologie végétale." Um den Geist des Werkleins und zugleich Ingenhouss' Vorstellung von der Assimi-

---

[1]) Hansen, Geschichte der Assimilation und Chlorophyllfunktion; Arbeiten des bot. Instituts zu Würzburg, II. Bd. 1882.

[2]) Ingenhouss, Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens 1798.

[3]) Geschichte der Assimilation, pag. 545.

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

lation zu charakterisieren, seien einige Stellen wörtlich angeführt. „Zersetzte Luft ist die Hauptnahrung der Pflanzen. Ich zweifle nicht, dass diese ununterbrochene Zersetzung der atmosphärischen Luft auf die Erhaltung der Gewächse selbst Einfluss haben müsse, und dass sie vorzüglich ihre wahre Nahrung durch diesen Prozess bekommen, indem sie die zersetzte Luft in verschiedene Säfte, Salze, Schleime, Öle etc. verwandelten[1]). Von einem weitern Eindringen in das Wesen dieser Vorgänge verspricht er sich jedoch keinen Erfolg[2]).

Die Vorstellungen Ingenhouss' über die Beziehung der Luft, speziell der Kohlensäure zum Pflanzenleben werden besonders durch folgende Stelle beleuchtet[3]): „Schon die erste Wirkung des Embryo oder der werdenden Pflanze besteht in der Zerlegung der sie umgebenden Luft, indem sie den in ihr enthaltenen Anteil Sauerstoff in Kohlensäure umwandelt. Von dieser Kohlensäure absorbiert die Pflanze bei Nacht und im Schatten den Sauerstoff, im Sonnenlicht hingegen den Kohlenstoff, indem dieselbe zu dieser Zeit den Sauerstoff allein aushaucht und den Kohlenstoff sich als Nahrungsmittel aneignet; alle diese verschiedenen Verrichtungen haben demnach eine gemeinsame Wirkung, nämlich die Zersetzung der sie umgebenden Luft. Es erscheint daher mehr als wahrscheinlich, dass die Gewächse ihre Hauptnahrung von dieser Zersetzung und der Erzeugung der fixen Luft oder des kohlensauren Gases hernehmen." Mit dieser Stelle steht in sachlichem Zusammenhang auch die folgende[4]): „Da es jetzt ausgemacht ist (d. h. nach dem neuen System der Chemie), dass fixe Luft

---

[1]) a. a. O. pag. 58.
[2]) a. a. O. pag. 59.
[3]) a. a. O. pag. 73.
[4]) a. a. O. pag. 76.

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

oder Kohlensäure aus Sauerstoffgas, dem der Wärmestoff entzogen ist, und aus Kohlenstoff besteht, so ist es nicht schwer einzusehen, wie Pflanzen sich ihre eigene Nahrung bereiten, indem sie Kohlensäure erzeugen, vorausgesetzt, dass es ausgemacht sei, dass Kohlenstoff die Hauptnahrung der Pflanzen ausmache. Aus dieser Lehre ergibt sich von selbst, dass die Pflanzen dann am schnellsten wachsen, wenn sie die grösste Menge von diesem Nahrungsmittel bereiten. Dies geschieht, wenn sie im Dunkeln stehen. Auch lehren dies die Thatsachen selbst; denn alle Pflanzen wachsen im Dunkeln weit schneller, als im Sonnenschein, wie Du Hamel und Bonnet fanden." Darauf gründete er die Theorie[1]: „Dass die Pflanzen, welche im Dunkeln mehr atembare Luft in Kohlensäure verwandeln, als sie verdauen können, einen grossen Teil davon aushauchen und also die sie umgebende weniger respirabel machen; dass sie ferner am Tage mit der Atmosphäre so viel Wärme und Lichtstoff, welche die Sonne gibt, absorbieren, dass sie endlich nicht alles verdauen können und folglich den überflüssigen Teil davon mit Sauerstoff verbunden aushauchen. Diese Flüssigkeit hat ganz die Natur der Lebensluft." Diese Worte sind für Ingenhouss' Anschauungen sehr charakteristisch und zeigen deutlich, dass seine Einsicht in die Assimilationsvorgänge noch recht mangelhaft war.

Was die Ernährungsorgane betrifft, so nahm Ingenhouss an, die Kohlensäure werde nicht nur durch die Blätter, sondern auch durch die Wurzeln aufgenommen[2]. Es muss das betont werden, um auch die weitere Behauptung[3] Hansens, Ingenhouss habe gelehrt, dass die

---

[1]) a. a. O. pag. 103.

[2]) Vergl. z. B. a. a. O. pag. 91, 99, 109, 110, 113, 115, 142, 153.

[3]) Hansen, Geschichte der Assimilation etc., pag. 562.

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

Pflanzen die Kohlensäure nur aus der Atmosphäre in Gasform durch die Blätter aufnehmen, als falsch zurückzuweisen.

Nach den soeben angeführten Stellen hatte sich Ingenhouss etwa folgende Vorstellung von der Assimilation gebildet: Die Pflanzen zersetzen fortwährend die gemeine Luft und verwandeln sie in ihrem Parenchym in Kohlensäure. Die erzeugte Kohlensäure gebrauchen sie dann zur Nahrung; wird mehr erzeugt, als sie verdauen können, so hauchen sie den Überfluss aus, was in der Dunkelheit und im Schatten geschieht. Am Tage nehmen sie mit der Atmosphäre auch Wärme und Lichtstoff auf, was sie ebenfalls ihrem Körper einverleiben; auch hier wird die überschüssige Menge mit dem Sauerstoff verbunden, ausgehaucht, wodurch eben die Luft verbessert wird, da diese ausgehauchte „Flüssigkeit" ganz die Natur der Lebensluft hat[1]). Man wird daraus erkennen, dass Ingenhouss von den Veränderungen, welche die Kohlensäure in der Pflanze erleidet, also von dem Wesen des Assimilationsprozesses keine besonders klare Vorstellung hatte[2]), und dass seine Theorie hinter der von Senebier viele Jahre früher veröffentlichten weit zurücksteht.

Zur weitern Erhärtung meiner Behauptung, dass Senebier der Begründer der Assimilationstheorie ist, führe ich noch einen Ausspruch aus gegnerischem Lager an; im Jahre 1792, also vier Jahre vor dem Erscheinen der Ingenhouss'schen Arbeit über die Ernährung der Pflanzen erklärte sich der Pariser Chemiker Hassenfratz im zweiten seiner drei „Mémoires, Sur la nutrition des

---

[1]) Vergl. Ingenhouss, Ernährung etc., pag. 103.

[2]) Vergl. darüber auch a. a. O. pag. 105 und 106.

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

végétaux[1])" gegen die Theorie Senebier's, „qui avait fait adopter par tous les physiciens la brillante hypothèse que l'acte de la végétation décomposait l'acide carbonique, que les végétaux s'emparaient du carbone de cet acide et rendaient à l'atmosphère son oxygène; qu'ainsi l'acide carbonique était une des substances nutritives des plantes et qu'il contribuait à l'accroissement de leur carbone." In seiner Antwort auf die Aussetzungen und Ansichten von Hassenfratz hielt Senebier an seiner Theorie fest und wies dessen Einwände und Anschauungen als unstichhaltig und als nicht genügend durch Thatsachen bewiesen zurück[2]).

Ich schliesse meine Ausführungen über die Arbeiten von Ingenhouss und Senebier mit dem Urteil eines ihrer Zeitgenossen, eines Mannes, dessen wissenschaftliche Tüchtigkeit und Objektivität auch heute noch allgemein anerkannt sind. Es ist Nicolas Théodore de Saussure (1767—1845); er sagt[3]): „M. Senebier a découvert que les feuilles décomposaient le gaz acide carbonique en s'appropriant son carbone et en éliminant son oxygène. Il a observé que les feuilles fraîches exposées au soleil, dans de l'eau de source où de l'eau légèrement imprégnée de gaz acide carbonique, produisaient du gaz oxygène aussi longtemps qu'il restait du gaz acide dans l'eau. Il a vu que lorsque ce gaz était épuisé, et que lorsqu'on exposait les feuilles

---

[1]) Annales de chimie 1792. Tome 13, pag. 178 und 318; Tome 14, pag. 55.

[2]) Senebier, Mémoire sur la grande probabilité qu'il y a que le Gaz acide carbonique est décomposé par les Plantes dans l'acte de la Végétation; Observation sur la physique etc. Tome XLI; Paris, Juillet 1792.

[3]) Saussure, Recherches chimiques sur la végétation; Paris 1804, pag. 39 et 40.

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

dans de l'eau distillée, elles ne produisaient pas une quantité d'air plus grande que celle qui pouvait être interposée dans leur propre volume."

Mit diesen Worten sagt Saussure bestimmt und klar: Senebier hat die Assimilationstheorie entdeckt! Und dabei darf man nicht übersehen, dass Saussure auch die Arbeiten von Ingenhouss kannte [1]). Eine weitere Darlegung der Entwicklung der Assimilationstheorie liegt ausser dem Rahmen dieser Arbeit; nur sei noch bemerkt, dass Saussure das Verdienst zukommt, der Senebier'schen Theorie durch seine trefflichen quantitativen Untersuchungen eine solide, ächt wissenschaftliche Grundlage gegeben zu haben [2]).

---

[1]) a. a. O. pag. 53.

[2]) a. a. O. pag. 40, 43 u. ff.; pag. 49, 58.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: 12_1900

Autor(en)/Author(s): Wetterwald X.

Artikel/Article: Die Entdeckung der Kohlenstoffassimilation 225-243