

Molekülen zu verbinden. Wie schon angedeutet, brauchen physikalisch-gesättigte Verbindungen (Molekularverb.) keineswegs absolut gesättigt zu sein; dies wird wesentlich von den Bewegungsverhältnissen der Moleküle abhängen. Selbstverständlich ist die Intensität der aktuellen Verwandtschaftskraft sowohl, als auch die Grösse der in aktuelle verwandelbaren disponiblen Verwandtschaftskraft eine Funktion der Temperatur.

Literaturangaben und ausführlichere Darstellung dieser Principien seien einer späteren Abhandlung vorbehalten.

366. A. Stutzer: Ueber Metamorphosen der Gruppen COOH , CH.OH , CH_3 und CH_2 in der lebenden Pflanze.

(Eingegangen am 9. September; verl. in der Sitzung von Hrn. E. Salkowski.)

Die Frage über die Entstehung der Kohlenhydrate in der Pflanze sowie über die Bedeutung der organischen Säuren ist noch immer eine offene, und hat dies theilweise darin seinen Grund, dass die von verschiedenen Seiten aufgestellten Ansichten noch recht wenig experimentell geprüft sind. Liebig und Rochleder nahmen an, dass die organischen Säuren (Oxalsäure, Weinsäure u. s. w.) Uebergangsglieder der atmosphärischen CO_2 zu den Kohlehydraten seien. Es sollte sich hiernach aus der CO_2 zunächst Oxalsäure bilden und diese unter Austritt von Sauerstoff stufenweise in Zucker u. s. w. umgewandelt werden. Einige Forscher erklären die Bildung der Kohlehydrate auf eine ganz andere Weise, Davy, Sachs u. s. w. nahmen z. B. eine directe Entstehung ohne Zwischenstufen an.

Ich habe in Hinsicht auf diese verschiedenen Ansichten Vegetationsversuche ausgeführt und erlaube mir zunächst Einiges über die experimentelle Prüfung der von Liebig vertretenen Ansicht mitzutheilen. Vorzugsweise benutzte ich zu den Untersuchungen Keimpflanzen von *Brassica Rapa*, welche Pflanzen sich durch ein geringes Gewicht und ein schnelles Wachstum in der ersten Vegetationsperiode auszeichnen. Ich entzog ihnen die atmosphärische Kohlensäure und gab dafür Oxalsäure oder Weinsäure als Kohlenstoffquelle. Die günstigsten Resultate erhielt ich bei Ernährung mit der Kalkverbindung dieser Säuren. Ich fand, dass Oxalsäure wie Weinsäure von den Pflanzen an Stelle der atmosphärischen Kohlensäure aufgenommen werden kann, dass die Pflanzen neue Blätter bilden und an Trockengewicht zunehmen. Ferner konnte ich bei Wasserpflanzen, die statt der Kohlensäure eine sehr verdünnte Lösung weinsaurer oder oxalsaurer Salze erhielten im directen Sonnenlicht starke Sauerstoff-Exhalation beobachten. Ich glaube damit bewiesen zu haben, dass die atmosphärische CO_2 durch organische Säuren ersetzt werden kann,

und ich suchte nun die Frage zu beantworten: In welcher Weise findet die Umwandlung der beiden Säuren in Baustoffe des Pflanzenkörpers, also Kohlenhydrate statt? Diese Umwandlung ist auf zweierlei Weise möglich. Entweder werden die Säuren unter Ausscheidung von Sauerstoff stufenweise in Kohlenhydrate verwandelt, es findet also ein Reductionsprocess statt, wie es Liebig's Anschauung war, oder die Säuren werden zunächst zu CO_2 oxydirt und diese in Gegenwart von Sonnenlicht in den chlorophyllhaltigen Blättern weiter umgewandelt. Ob die eine oder andere Metamorphose stattfindet lässt sich entscheiden, wenn man die Atmosphäre, in der die Pflanzen vegetiren, stets kohlenstofffrei erhält. Findet ein Reductionsprocess statt, so werden die Pflanzen auch in einer vollständig kohlenstofffreien Atmosphäre vegetiren können, sie werden neue Blätter bilden und an Trockensubstanz zunehmen, nicht aber, wenn die Säuren durch Oxydation zunächst in CO_2 umgewandelt werden müssen. Diese Versuche wurden theils unter tubulirten Glasglocken ausgeführt, unter denen neben dem Vegetationsglase sich eine Schale mit concentrirter Natronlauge befand, theils benutzte ich dazu cylinderförmige Gläser von ungefähr 2 Liter Inhalt, brachte ein kleineres, ebenfalls cylinderförmiges Gefäss mit den in die Nährlösung gebrachten Keimpflanzen hinein, und goss in das äussere Glas einige cm. hoch Natronlauge. Das äussere Glas wurde gut verschlossen und mit einem Kalirohr versehen, um den Eintritt von kohlenstofffreier atmosphärischer Luft zu ermöglichen. Ich hielt es für unnöthig, die noch im Apparat vorhandene atmosphärische CO_2 auszupumpen und durch kohlenstofffreie Luft zu ersetzen, da sie jedenfalls durch die concentrirte Natronlauge schnell entfernt wurde. Die zahlreich angestellten Versuche gaben ausgezeichnete Resultate.

Es zeigte sich, dass unter diesen Verhältnissen die Oxalsäure nicht assimilirt werden konnte. Die Pflanzen starben bald ab und verminderten ihr Trockengewicht. Somit kann die Oxalsäure, widersprechend der Liebig'schen Ansicht, kein Uebergangsglied der atmosphärischen CO_2 zu den Kohlenhydraten sein. Sie kann nur dann in den Ernährungsprocess der Pflanzen wieder eintreten, nachdem sie zuvor zu CO_2 oxydirt ist.

Haben wir diese Umwandlung für die Oxalsäure festgestellt, so haben wir damit zugleich die Metamorphose der Carboxyl-Gruppe klar gelegt, da die Oxalsäure ja eine $\text{CO} \cdot \text{OH}$ -Verbindung ist.

Ganz anders verhält sich die Weinsäure bei Vegetationsversuchen in einer durch Natronlauge stets kohlenstofffrei gehaltenen Atmosphäre. Diese Pflanzen vegetirten fort, wenn auch langsamer als unter den ersten Verhältnissen. Die Vermehrung der Trockensubstanz betrug nur halb soviel als bei unter gleichen Verhältnissen gezogenen Pflanzen, denen nur die CO_2 der äusseren Atmosphäre versagt war. Es

zeigte sich aufs Deutlichste, dass bei der Weinsäure unter diesen Umständen die beiden alkoholischen Gruppen direct zu Baustoffen des Pflanzenkörpers verwendet werden. Ist dies eine allgemeine gültige Thatsache, so müssen sich auch alkoholische Gruppen in solchen Verbindungen, die keine Säuren sind analog erhalten. In der That erhielt ich hierfür den besten Beweis, indem ich jungen Rapspflanzen als einzige Kohlenstoffquelle Glycerin gab und für eine stets kohlenstofffreie Atmosphäre sorgte. Die Pflanzen bildeten neue Blätter und nahmen an Trockengewicht zu.

Somit können wir sagen: Carboxylgruppen können indirect durch vorherige Oxydation, alkoholische Gruppen dagegen direct zur Stoffbildung in der chlorophyllhaltigen, belichteten Pflanze verwendet werden.

Ferner habe ich noch einen Versuch gemacht, ob sich Methyl- resp. Methylengruppen in Endprodukte des Stoffwechsels umwandeln lassen. Die Versuche wurden in derselben Weise wie die bisherigen ausgeführt. Als Kohlenstoffquelle nahm ich Essigsäure und Bernsteinsäure. Atmosphäre durch concentrirte Natronlauge stets kohlenstofffrei gehalten. Aus den Versuchen mit Calciumoxalat hatte sich ergeben, dass die Pflanzen auch aus unlöslichen Verbindungen Kohlenstoff aufnehmen können. Ich wendete auch hier mit Erfolg das unlösliche bernsteinsäure Eisen als Kohlenstoffquelle an. Die Pflanzen nahmen an Trockensubstanz zu, entwickelten neue Blätter, zeigten aber niemals ein so kräftiges Ansehen, wie die mit Weinsäure ernährten. Es wird dies darauf zurückzuführen sein, dass, da zunächst Sauerstoff aufgenommen werden muss, die Methyl- und Methylengruppen einer grösseren Metamorphose unterliegt.

Augenblicklich bin ich damit beschäftigt, die Untersuchungen über Metamorphosen verschiedener $C_1 H_1 O$ -Verbindungen auch auf chlorophyllfreie Pflanzen auszudehnen. Die Versuche sind noch nicht ganz abgeschlossen, scheinen aber eine vollständige Uebereinstimmung mit den soeben ausgesprochenen Resultaten zu ergeben. Ich werde hierüber, wie über experimentelle Untersuchungen anderer auf diese Fragen bezüglichen Ansichten in nächster Zeit berichten. Eine ausführliche Darlegung der heute behandelten Frage wird demnächst in einer anderen Zeitschrift erfolgen.

Laboratorium für Agriculturchemie in Göttingen, August 1876.