

35. E. Crato: Gedanken über die Assimilation und die damit verbundene Sauerstoffausscheidung.

Eingegangen am 19. Mai 1892.

Als Ausgangspunkt für nachstehende Betrachtungen möge zunächst auf die wichtige Eigenschaft des Kohlenstoffs hingewiesen sein, dass derselbe sich bestrebt zeigt, eine Anzahl seiner Atome durch eine oder mehrere Affinitäten ketten- oder ringförmig unter einander zu verbinden. Dieses Verhalten ist für den Kohlenstoff so charakteristisch und durch die Thatsachen so ausreichend bewiesen, dass jede theoretische Betrachtung über Umsetzung von Kohlenstoffverbindungen demselben Rechnung zu tragen hat.

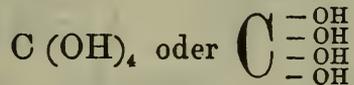
Da in den eiweissartigen Verbindungen aromatische Atomgruppen stets nachweisbar sind, ferner Kohlenhydrate zum Aufbau einer Pflanze nöthig sind, so müssen Benzolderivate und Kohlenhydrate als wesentliche Bestandtheile des pflanzlichen Organismus angesehen werden. Sowohl im Benzol als in den Kohlenhydraten sind sechs Kohlenstoffatome vorhanden. Ist dies nun ein blosser Zufall, oder sind wir berechtigt tiefer zu gehen und einen ursprünglichen Zusammenhang beider Stoffe zu vermuthen? Ich möchte mich für letzteres aussprechen, und da beide Körper, welche man gewissermassen als Elemente der organischen Substanz auffassen kann, sechs Kohlenstoffatome enthalten, so möchte ich glauben, dass diese beiden Körper in engen Beziehungen zu einander stehen.

Wenn wir uns jetzt dem Vorgange der Kohlensäure-Assimilation zuwenden, so haben wir von der Thatsache auszugehen, dass bei der Kohlensäurezersetzung für ein Molecül CO_2 ein Molecül O_2 entweicht, ferner von der Thatsache, dass dieser Process nur in der lebenden, vom Licht getroffenen Pflanze sich abspielt. Es ist dabei anzunehmen, dass durch die nachgewiesene Absorption gewisser Lichtstrahlen mit Hilfe der Chromatophoren die Molecularbewegung in der Zelle sehr gesteigert wird und dadurch chemische Actionen besonders begünstigt werden.

Indem ich annehme, dass dieser wichtige Process ein verhältnissmässig einfacher sein muss, und da hinlängliche Reductionsmittel in den assimilirenden Zellen nicht nachweisbar sind, glaube ich, dass in der Kohlensäure selbst, indem sie in dem Bestreben der Kohlenstoffatome sich untereinander zu binden von der durch das Licht be-

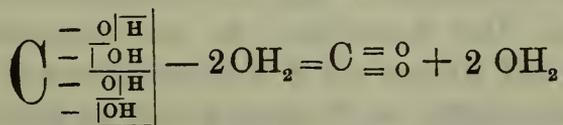
sonders lebhaft gesteigerten Molecularbewegung des Protoplasma einerseits, und dem in der Pflanzenzelle vorhandenen Saftdruck von ca. fünf Atmosphären andererseits unterstützt wird, der Anstoss gegeben ist die Reduction herbeizuführen.

Als in Betracht kommende Formel der Kohlensäure ist die normale oder Orthokohlensäure



anzunehmen. Dass bei Absorption von CO_2 im Wasser diese Formel der Kohlensäure, nicht aber CO_3H_2 vorhanden sein wird, geht daraus hervor, dass sie in ihren zusammengesetzten Aethern als vierbasische Säure auftritt.¹⁾

Bei der verhältnissmässig leicht eintretenden Anhydridbildung der Kohlensäure treten zwei Hydroxyle mit den zwei Wasserstoffatomen der beiden restirenden Hydroxyle als zwei Molecüle Wasser aus. In Folge dessen werden die beiden übrig bleibenden Sauerstoffatome doppelt gebunden.



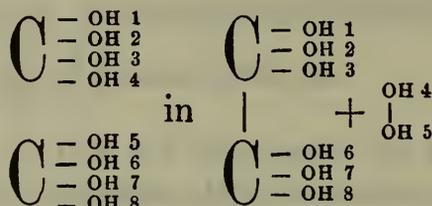
Welches Hydroxyl dabei austritt ist vollständig gleichgültig, da einerseits alle Hydroxyle untereinander und andererseits auch die vier Affinitäten des Kohlenstoffatoms unter einander gleichwerthig sind. Mithin ist jede einzelne Hydroxylgruppe nicht allzu fest an das Kohlenstoffatom gebunden und kann unter günstigen Bedingungen vom Kohlenstoffe leicht abgegeben werden, wenn die frei werdenden Affinitäten des C-Atomes anderweitig gesättigt werden.

Kurz wiederholt: Man ist berechtigt anzunehmen, dass sich in der Pflanzenzelle die normale Kohlensäure $C(OH)_4$ als leicht zersetzliche Verbindung befindet.

Ziehen wir nun die charakteristische Eigenschaft des Kohlenstoffatoms in Betracht, sich durch eine oder mehrere Affinitäten mit anderen Kohlenstoffatomen zu verbinden, ferner, dass die Möglichkeit

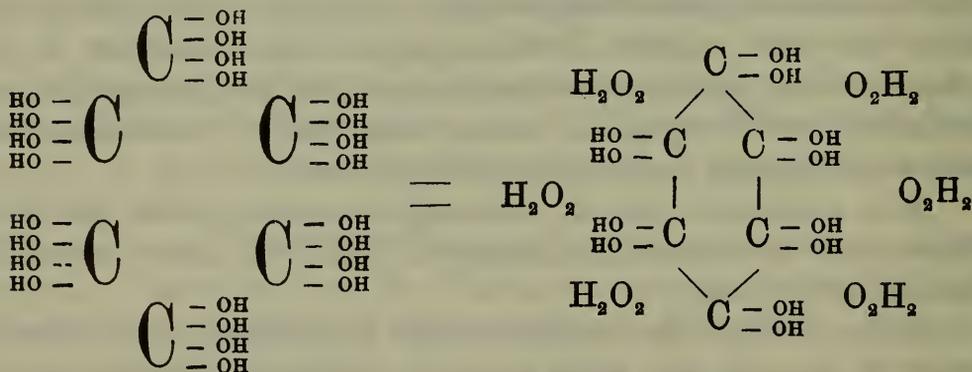
1) Hierin verhält sich die Kohlensäure wie die Kieselsäure. Von dem Silicium, welches dem Kohlenstoff in seinen anorganischen Verbindungen fast vollständig gleicht, können wir die normale Kieselsäure $Si(OH)_4$, welche in Wasser löslich ist, darstellen. Aus dieser Lösung scheidet sich aber sehr leicht die $Si(OH)_4$ als voluminöse Masse ab, welche dann bald weiter in SiO_3H_2 (analog CO_3H_2) und schliesslich in SiO_2 (analog CO_2) zerfällt. Derselbe Process findet bei einer gesättigten Lösung von $C(OH)_4$ in Wasser leicht statt, nur mit dem Unterschied, dass wir hier die Zwischenproducte nicht so deutlich vor Augen haben, wie bei der nicht flüchtigen Kieselsäure. Wir sind jedoch vollkommen berechtigt das Vorhandensein der normalen Kohlensäure anzunehmen.

dieser Eigenschaft zu folgen durch die Energie der Sonnenstrahlen wesentlich gesteigert gedacht werden kann, so ist leicht vorzustellen, dass zwei benachbarte Kohlensäuremolecüle jedes eine Hydroxylgruppe ausscheiden und die hierdurch frei werdenden Affinitäten zur eigenen Bindung benutzen.



Dass sich in einem solchen Fall die beiden in statu nascendi befindlichen Hydroxylgruppen 4 und 5 mit einander verbinden werden, ist einleuchtend, zumal keine der austretenden Gruppen dem neben ihm gelagerten Hydroxyle 3 respective 6 das Wasserstoffatom zur Wasserstoffbildung entreissen kann, weil für das Sauerstoffatom 3 respective 6 die zweite Bindung fehlen würde. Ebenso wie die Hydroxyle 4 und 5 würden auch die Hydroxyle 1 und 8 mit benachbarten Kohlensäuremolecülen reagieren. Und lassen wir, da die wesentlichsten Baustoffe der Pflanzenzellen auf Körper mit 6 Kohlenstoffatomen zurückzuführen sind, 6 Kohlensäuremolecüle in Wirkung treten, so würden sich folgende Formeln ergeben:

Formel I:

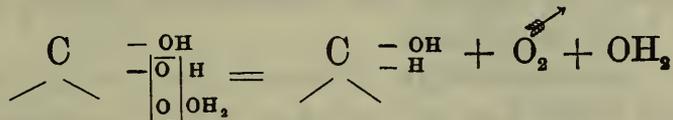


Wir erhalten somit einen reducirten oder secundären Benzolring und zwar an jedem Kohlenstoffatom zwei Phenol = Hydroxylgruppen und ferner neben jedem Kohlenstoffatom abgespalten ein Wasserstoffsperoxydmolecül.

Nun ist aber bekannt, dass Phenolgruppen leicht reducierbar sind und andererseits O_2H_2 leicht reducierbare Körper unter Sauerstoffausscheidung reducirt und nicht oxydirt. Z. B. wird der unterchlorigen Säure unter Bildung eines Molecül O_2 und OH_2 der Sauerstoff entrissen und das Wasserstoffatom verbindet sich direct mit dem Cl-Atom.

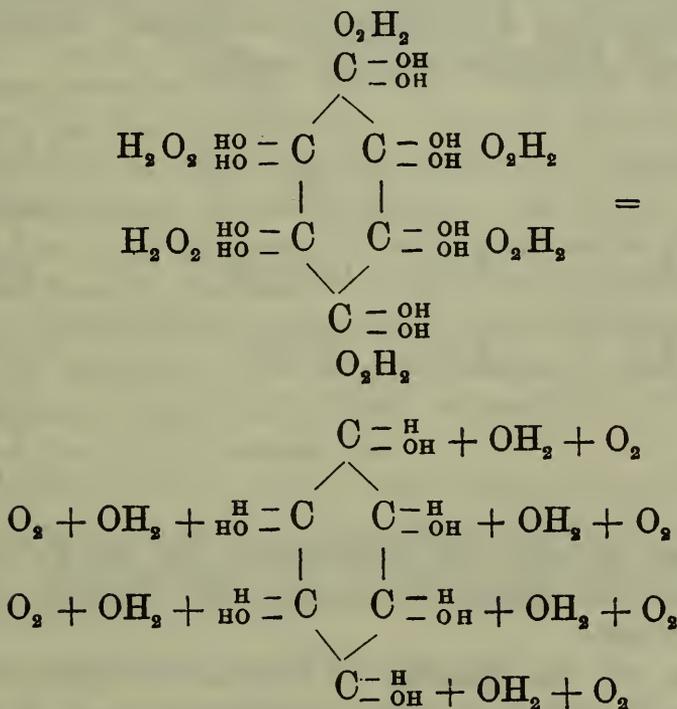


In analoger Weise wird nun an jedem Kohlenstoffatom eine Phenolgruppe durch das ihm benachbarte O_2H_2 -Molecül unter Freiwerden eines Molecül O_2 reducirt werden.

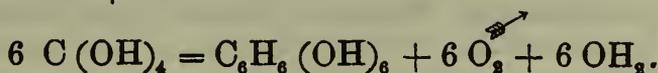


Das aus dem O_2H_2 freiwerdende O-Atom kann den beiden Phenolgruppen nicht die Wasserstoffatome unter Wasserbildung entziehen, da zur Bindung der sonst restirenden beiden O-Atome der Hydroxyle die nöthigen Affinitäten fehlen würden. Nach diesem Reductionsprocess, welcher übrigens momentan nach der Ringbildung folgend gedacht wird, so dass beide Prozesse als zusammengehörig zu betrachten sind, bleibt nunmehr ein sechswerthiges Phenol des reducirtten Benzols und ausserdem sechs Sauerstoffmolecüle und sechs Wassermolecüle.

Formel II:



mithin Formel I + II:

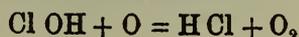


1) Der Process zerfällt in zwei Theile:

1. Das Wasserstoffsperoxyd spaltet sich in ein Atom O und ein Molecül OH_2 ,

$$\text{O}_2\text{H}_2 = \text{O} + \text{OH}_2$$

und 2. das active Sauerstoffatom reducirt die unterchlorige Säure unter Bildung von je einem Molecül Sauerstoff und Salzsäure

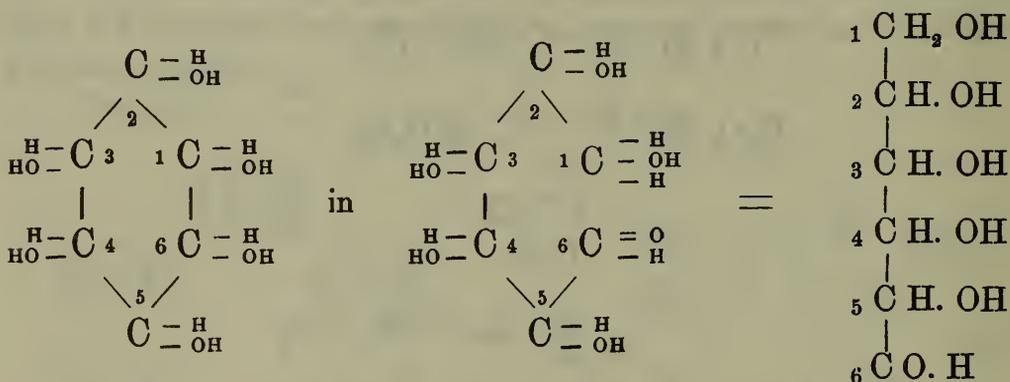


Es entweicht also für ein Molecül CO_2 , ein Molecül O_2 , was der Erfahrung entspricht.

Der sich bildende Körper $\text{C}_6\text{H}_6(\text{OH})_6$ würde ein dem Inosit nahestehender, vielleicht auch damit identischer Körper sein, und sei es deshalb gestattet am Schluss der Abhandlung einige bekannte That- sachen über Inosit anzuführen.

Dieses sechswerthige Phenol des reducirten Benzols [$\text{C}_6\text{H}_6(\text{OH})_6$] kann nun als solches weiterbestehen oder wird ebenfalls mit Hilfe der Energiezufuhr, die die Sonne den Plasmamolecülen zu Theil werden lässt, entweder durch eine Atomumlagerung gesprengt, wodurch Kohlenhydrate entstehen, oder durch Wasserabspaltung in ein gewöhnliches Phenol übergeführt.

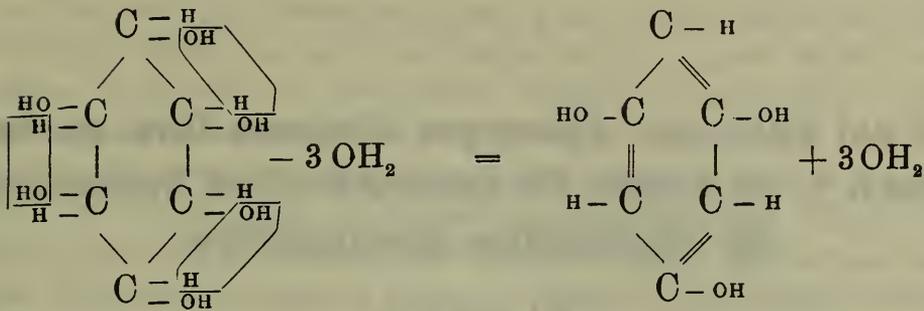
Was nun zunächst die Sprengung anbetrifft, so wandert ein H-Atom des Kohlenstoffatoms 6 nach dem benachbarten Kohlenstoffatom 1. In Folge dessen bildet sich bei C_1 eine primäre Alkoholgruppe, die Bindung zwischen 1 und 6 wird aufgehoben und die bei C_6 übrig- bleibende einwerthige Hydroxylgruppe wird durch moleculare Umlage- rung in eine dreiwertige Aldehydgruppe verwandelt, wodurch die bei C_6 frei gewordenen Affinitäten gesättigt werden.



Diese Formel ist aber die Grundformel für die Kohlenhydrate, speciell Traubenzucker, welcher bekanntlich sehr allgemein als Assimilationsproduct auftritt.

Recapituliren wir das Bisherige in Worten, so ergibt sich, dass aus 6 Molecülen Kohlensäure unter Abscheidung von 6 Molecülen Sauerstoff und 6 Molecülen Wasser 1 Molecül Traubenzucker gebildet wird.

Die Bildung von Phenolen aus dem sechswerthigen Phenol des reducirten Benzols kommt durch einfache Wasserabspaltung zu Stande und dürfte im gewöhnlichen Falle Phloroglucin, ein nach den bisherigen Untersuchungen in den Pflanzen und zumal in den Blättern nicht selten vorkommendes Phenol, entstehen.



Wie bekannt, sind die Phenole äusserst reactionsfähige Körper und als Atomgruppe im Eiweiss stets nachweisbar; sie werden selbst leicht reducirt und sind dabei doch starke Reducionsmittel.¹⁾

Diese Anschauung entspricht den Thatsachen insofern, als erstens für je ein aufgenommenes CO_2 ein Volumen O_2 entweicht, und ferner, als die ersten Assimilationsproducte, Kohlenhydrate und Phenole, zwei wesentliche Bestandtheile der Pflanzenzelle darstellen, von welchen ausgehend man sich leicht eine Vorstellung über die Entstehung einfacherer wie complicirterer Pflanzenstoffe machen kann.

Am Schluss der Abhandlung möge noch darauf hingewiesen werden, dass Inosit $\text{C}_6 \text{H}_6 (\text{OH})_6$, welche Formel sich mit der des ersten Assimilationsproductes deckt, sowohl im Pflanzen- als im Thierreiche (Fleischsaft und den verschiedensten Organen) sehr verbreitet ist. Im Pflanzenreiche ist es bisher im Spargelkraut, in Eschenblättern, Weinblättern, Nussblättern, Löwenzahnblättern und ferner nach TOLLENS, Kohlenhydrate, pag. 254, aus vielen verschiedenen Vegetabilien, aus Rankengewächsen etc. hergestellt worden. Auch ausserhalb der Blätter ist Inosit verschiedentlich nachgewiesen und soll mittelst Pankreas aus dem Eiweiss isolirt sein. Es ist demnach Inosit ein im Pflanzenreiche sehr verbreiteter Körper und dürften weitere Untersuchungen daraufhin wohl kaum ohne Erfolg sein.

Diese vorstehenden Zeilen sollen keine abgeschlossene Theorie wichtiger Erscheinungsreihen vorstellen, sondern sie sollen im hypothetischen Gedankengange zu erneuter experimenteller Prüfung des Assimilationsprocesses anregen.

Botanisches Institut in Kiel.

1) In Folge dessen haben sie manche Reactionen mit verschiedenen Aldehyden und Kohlenhydraten gemein. Sie reduciren z. B. FEHLING'sche Lösung, ammoniakalische Silberlösung etc. In einer anderen Arbeit beabsichtige ich über Vorkommen und Nachweis von Phenolen in der Zelle eingehender zu berichten, und mag hier nur darauf hingewiesen werden, dass die Phenole leicht mit aldehydartigen Körpern verwechselt sein können und vor allem, dass diese wichtige Gruppe in vielen Arbeiten über Gerbstoff meist nicht nur unberücksichtigt geblieben ist, sondern in Folge der ähnlichen Reactionen geradezu als Gerbstoff angesehen worden ist, wodurch eine Klarstellung über letzteren sehr erschwert wird.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Crato Ernst

Artikel/Article: [Gedanken Über die Assimilation und die damit verbundene Sauerstoffausscheidung 250-255](#)