

SIEBZEHNTER ABSCHNITT.

Ansichten über Entstehung und Wesen des Zuckers.

Die Eigenschaften der durch charakteristischen Geruch oder Geschmack ausgezeichneten Pflanzenstoffe, und die Bildung derselben in den lebenden Gewächsen, haben bereits in den ältesten Zeiten die Aufmerksamkeit besonnener Beobachter erregt, und sie veranlasst diesen Erscheinungen nachzuforschen, und die sie bedingenden inneren Vorgänge zu erklären.

Schon Demokritos (geb. um 460 v. Chr.) versuchte es, und zwar vermutlich auf Grund noch älterer Lehren, die Mannigfaltigkeit der Gerüche und Geschmäcke, auf eine Verschiedenheit der letzten Bestandteile der Körper zurückzuführen: „alle Eigenschaften der Dinge“, sagt er („Fragm. phil.“, ed. Mullach 1843), „beruhen nur auf der Gestalt, Grösse, Lage und Ordnung ihrer Atome, während die sinnlichen Qualitäten, die wir ihnen beilegen, in Wahrheit nur die Art ausdrücken, wie sie auf unsere Sinne wirken, z. B. süß, bitter, warm, kalt, u. dergl.“ Dieser mechanistischen Auffassung gegenüber blieb indes die Empedokleisch-Aristotelische Lehre von den vier Qualitäten, auf deren Grundlage schon weiter oben des näheren hingewiesen wurde, fast allgemein anerkannt, und gestützt auf die Autorität des Aristoteles und seiner arabischen Kommentatoren, galt sie, trotz ihrer Schwierigkeit und Dunkelheit, während eines Zeitraumes von fast zwei Jahrtausenden, als unangreifbar und in jeder Hinsicht völlig ausreichend.

Nach Empedokles wird die Verschiedenheit des Geschmacks der Pflanzensäfte durch die Verschiedenheit der im Erdboden vorhandenen Säfte, und diese durch die Unterschiede der „Kochungen“ bedingt, welche selbst wieder von der Art und dem Grade der Durchdringung der vier Qualitäten (warm, kalt, trocken, feucht) abhängen; Aristoteles und Theophrast schlossen sich unter Verwerfung der von Demokritos vertretenen Ansicht, dieser Lehre an, und der erstere sagt ausdrücklich („De sensu et sensib.“ cap.

4): „So viele Geschmäcke in den Fruchthüllen, eben so viele müssen offenbar auch in der Erde walten“, er nimmt also an, dass alle in den Pflanzen enthaltenen Stoffe fertig gebildet im Erdboden vorhanden sind, und aus diesem durch die Wurzeln in die Pflanze gelangen, welche sich hierbei ganz passiv verhält, und nur das Dargebotene aufnimmt (Sachs 501; Meyer, „Bot.“ I, 125 und 176; Sprengel I, 312).

Praxagoras von Kos (um 350 v. Chr.) behauptet, dass ein Pflanzenstoff dann süß schmecke, wenn er dem „süssen Saft“ des menschlichen Körpers, einem der zehn Hauptsäfte, von welchen man diesen erfüllt dachte, analog sei; auch Plato vertritt im „Timäus“ eine ähnliche Auffassung: „Die Annehmlichkeit des Geschmacks wird bedingt durch die Übereinstimmung der Säfte des Nahrungsmittels mit den verwandten Säften der Zungenadern; von der Zunge führen nämlich kleine Adern zum Herzen, als zum Sitze des Begehrungsvermögens, und diese nehmen die Geschmacksteilchen auf, lösen sie in ihren Säften, und führen sie so der Seele zu“ (Sprengel I, 437; Phillippe 356). Diese Anschauung hat insofern mit der, Plato im übrigen völlig fernliegenden des Demokritos, einen Berührungspunkt, als auch letzterer eine Einwirkung der „Geschmacksteilchen“ auf die Seele annimmt, welche er indes für verschieden von dem subjektiven Geschmacksgefühl erklärt: „Das Süsse und das Bittere, besteht ebenso wie die Farbe, wie Wärme und Kälte, ausschliesslich in unserer Meinung, denn an und für sich giebt es nichts als den leeren Raum und die Atome. Je nachdem diese gestaltet und in den Körpern geordnet sind, ist auch ihre Wirkung verschieden; durch runde, gleich grosse, symmetrisch angeordnete Atome wird das Gefühl des Süssen, durch eckige oder spitzige, ungleich grosse und unregelmässig angeordnete, das des Sauren erregt werden“ (Sprengel I, 329; Lange, „Geschichte des Materialismus“; Lpz. 1887, 16). Auch Theophrast sagt („De causis plantarum“ VI, 1), dass runde Atome den süssen, eckige den bitteren und salzigen Geschmack verursachen, und der grosse Verfechter der mechanistischen Weltanschauung, Lucretius (98—55 v. Chr.) spricht in seinem Lehrgedichte „Über die Natur der Dinge“ (deutsch von Seydel, München 1881) dieselbe Meinung in folgenden Versen aus (II, 351):

„Honig und Milch löst süß sich im Mund, indessen des Wermuts
 „Herber Geschmack, und Centauriumsafft, verziehen das Antlitz:
 „Leicht entnimmst du hieraus, dass aus glatten und rundlichen Teilchen
 „Alles besteht, wovon uns der sinnliche Eindruck wohlthut,
 „Während das Rauhe und Bittere fest in einander gefügt ist,
 „Dass es die Sinne uns schmerzlich erregt, und dem Körper Gewalt thut.“

Es kann nicht Wunder nehmen, dass eine scheinbar so anschauliche, und das Kausalitätsbedürfnis befriedigende Erklärung grossen Beifall fand, und sich bis in späte Zeiten erhielt, wie wir sie denn z. B. noch bei dem berühmten Chemiker Lémery (1645—1715) in fast unveränderter Fassung vorfinden (Kopp, „Beitr.“ III, 192); allgemeine Annahme wurde ihr jedoch keineswegs zu Teil, da sie sowohl von der aristotelischen, als auch von der skeptischen Schule zurückgewiesen wurde. So z. B. sagt schon Sextus Empiricus (um 200 n. Chr.) vermutlich den Worten Pyrrho's (gest. 288 v. Chr.) folgend: „Wir verwerfen zwar den Gebrauch der Sinne keineswegs, und läugnen nicht etwa, dass der Honig süss schmecke, wenn aber das Wesen des süssen Geschmacks untersucht werden soll, dann bekennen wir unsere Unwissenheit, und verachten die kategorischen Erklärungen der Dogmatiker“ (Sprengel I, 579).

Die arabischen Gelehrten nahmen, als unbedingte Verehrer der aristotelischen Lehren, auch die Qualitäten-Theorie an, und erweiterten sie, ohne ihre Grundlagen wesentlich abzuändern, in vielen Richtungen; bereits bei Massudi (IV, 2) findet sich z. B. erwähnt, dass die Qualitäten selbst das Klima der Länder bedingten, und dass der „Hauptgeschmack des Orientes der süsse sei“, weil das Morgenland zugleich heiss und feucht wäre. Spätere Autoren versichern indes, dass der süsse Geschmack nicht durch Hitze und Feuchtigkeit, sondern durch mittlere Temperatur und eine gewisse Zusammensetzung der Stoffe aus nicht allzu feinen Bestandteilen bedingt werde (Sprengel II, 389), und dass er, wenn einmal vorhanden, von einem Stoffe auf manche andere übertragen werden könne. Nach Kazwini (ed. Ethé, Lpzg. 1868; I, 209) gehört zu diesen vorzüglich das Wasser: „Im Wasser liegt eine Kraft, von solcher Art, dass es, wenn man in ihm Speise, z. B. Rosinen, einweicht, deren gesammte Süssigkeit einsaugt, und keine Spur derselben in jenen zurücklässt; Wasser ist nämlich für alle Kräfte empfänglich, und wenn es sich mit den verschiedenen Materien vermischt, so nimmt es deren Kräfte, also alle Arten der Farbe und des Geschmacks in sich auf, ohne selbst im geringsten Farbe oder Geschmack zu haben, so dass es einmal zu Öl, ein andermal zu Honig, ein drittes Mal zu Milch, ein viertes Mal zu Blut wird.“ *)

Unter den, ausserhalb des arabischen Kreises stehenden mittel-

*) Nach Plato's „Timäus“ ergeben die vielen Arten des Wassers, durch die Pflanzen und die Erde destilliert, die verschiedenen Pflanzensäfte, und eine der vier Hauptarten dieser Säfte, welche zugleich auch ein hitziges Prinzip enthält, ist der Honig.

alterlichen Denkern, die den vorliegenden Problemen näher traten, ist in erster Reihe Albert von Bollstaedt, auch Albertus Magnus geheissen (1193—1280), anzuführen, welcher in Padua studierte, meist in Köln, wo Thomas von Aquino sein Schüler war, zeitweise aber auch in Paris und Rom lebte, und der gefeierteste Lehrer und grösste Naturforscher des 13. Jahrhunderts war, dessen Schriften indes meist unverstanden, und daher auch bald ungelesen blieben. Er beschäftigte sich zuerst mit den Lehren des Aristoteles, die er aus den lateinischen Übersetzungen arabischer Versionen kennen lernte, und als Frucht des Studiums dieser Werke, zu denen man damals auch noch das später als unecht erkannte „Buch über die Pflanzen“ zählte, erscheint unter anderem auch seine Schrift „De vegetabilibus“, die wichtigste und umfassendste Darstellung der wissenschaftlichen Botanik seit dem Altertume, die neben zahlreichen, den Griechen und Arabern entnommenen Gedanken, auch eine Fülle eigener, oft überraschender Beobachtungen enthält (Haeser I, 694; Meyer, „Bot.“ IV, 12, 65, 78). „Die Bestandteile der Pflanze“, sagt Albertus Magnus, „müssen ihr durch den Ernährungsprozess von aussen zugeführt werden, auch muss die Nahrung den Gliedern der Pflanze zugänglich, daher in Auflösung befindlich sein. Die Natur derselben wird durch die vier Qualitäten bestimmt, aus deren Mischung alles Körperliche entsteht. Vom Überflusse wässriger Feuchtigkeit reinigt sich die Pflanze durch die Blätter, welche zugleich auch die Früchte zu schützen haben“ (ebd. 12, 52, 76). Diese Auffassung über die Funktion der Blätter ist auch die des Aristoteles und des Nicolaos Damascenus; ersterer sagt („Physic. auscult.“ II, 8): „Die Blätter sind zur Bedeckung der Frucht da“, letzterer: „Zweck der Blätter ist, dass die Sonne durch sie die Feuchtigkeit anziehe, und dass sie die Frucht gegen die Sonnenglut schützen“ (Meyer, „Bot.“ I, 115 und 332). Erst Roger Baco (1214—1294) sprach die Vermutung aus, dass, wie die Wurzeln aus dem Boden, so auch vielleicht die Blätter aus der Luft, der Pflanze Nahrung zuführen könnten (Haeser II, 235); mit deutlicher Bestimmtheit vertrat diesen Gedanken jedoch erst Lionardo da Vinci (1492—1519), das staunenswerteste Universalgenie, das die Menschheit wohl je hervorgebracht, ein Mann, ebenso gross als Maler, Architekt und Bildhauer, wie als Ingenieur, Anatom und Physiker, ebenso erfahren in der Theorie wie in der Praxis, dabei ein überlegter und klarer Denker, dem es zu gleichem Ruhme gereicht, die drei Lieblingsprobleme seiner Zeit, das Perpetuum mobile, die Quadratur des Kreises, und die künstliche Darstellung des Goldes als unausführbar

erkannt, als, — ein Jahrhundert vor Baco von Verulam*) —, den Satz ausgesprochen zu haben: „Die Erfahrung allein ist es, die niemals täuscht, wohl aber geht unser Urteil manchmal irre, indem es derselben etwas entnimmt, was nicht in ihr liegt. Mit der Erfahrung müssen wir anfangen, und durch sie die Schlüsse des Verstandes korrigieren.“ Lionardo da Vinci nun, betrachtet die Blätter geradezu als Ernährungsorgane der Pflanze, welche durch sie Stoffe aus der Luft aufnimmt, und aus diesen, und den durch die Wurzel zugeführten, auf geheimnisvolle Weise die zahlreichen verschiedenen Substanzen erzeugt, die sich in ihren Säften vorfinden; da sich die Flamme und der atmende Körper beide von Luft nähren, und die Luft, in welcher Atmung oder Verbrennung stattgefunden haben, zu weiterem Atmen nicht mehr tauglich ist, so vermutet er, auf Grund der in der ganzen Natur herrschenden Ökonomie, dass diese Luft noch den Pflanzen als Nahrung dienen könne, da es doch bekannt sei, dass schlechte und verdorbene Luft durch Pflanzen wieder gereinigt und atembar gemacht werde, — eine in der That staunenswerte Vorausahnung der wahren Verhältnisse.**)

Paracelsus (1493—1541) wandte seine Theorie, dass alles Körperliche aus Schwefel, Salz und Quecksilber bestehe, auch auf die Pflanzenwelt an, und erklärte die Verschiedenheit der Pflanzenstoffe, ihres Geschmackes und Geruches, durch die Verschiedenheit der Mischungen jener Grundstoffe; jedoch soll dieselbe auch von der Natur der Gestirne abhängen, da jede Pflanze als ein irdischer Stern, und als abhängig von einem bestimmten himmlischen zu betrachten sei (Meyer, „Bot.“ IV, 429); mit besonderem Eifer verfolgte Paracelsus die Aufgabe, die charakteristischen Bestandteile der Pflanzen, die er deren Quintessenz nannte, aus ihnen aus-

*) Betreff der Überschätzung des von Baco auf die Naturwissenschaften ausgeübten Einflusses, s. Liebig, „Reden und Abhandlungen“, Lpzg. 1874, 220 ff.

***) Lionardo da Vinci ist der Erfinder des Hygrometers, des Schiffslogs, des Fallschirmes, und des Lampencylinders, sowie der Camera obscura und des Naturselbstdruckes; er erklärte in richtiger Weise Entstehung und Wesen der Versteinerungen, die Natur der Wellenbewegung, die Grundprinzipien der Mechanik, und die Mechanik des Weltalls, als dessen Mittelpunkt er die Erde verwarf; er war der grösste Anatom seiner Zeit, trieb zuerst vergleichende Anatomie, entwarf die ersten, wirklich richtigen und lehrreichen anatomischen Zeichnungen, und schuf die Wissenschaft von der Statik und Mechanik des menschlichen Körpers (Raab, „Lionardo da Vinci als Naturforscher“, Berl. 1880; Haeser II, 28; Humboldt, „Kosmos“ II, 324 und 484).

zuziehen, ohne dass er aber hierbei wesentliche und dauernde Ergebnisse erzielt hätte (Kopp, „Geschichte der Chemie“ IV). Seine Ansichten blieben jedoch auf lange Zeit hinaus herrschend und noch Libavius (1600) sagt in seiner „Alchemia“ kurzweg: „Alle organischen Substanzen bestehen aus den Grundstoffen Salz, Schwefel und Quecksilber, und aus diesen bilden sich die flüchtigen Geister, die Säfte, die Öle, und die Quintessenzen.“ Fast allgemein glaubte man während des 16. Jahrhunderts noch, dass diese Bildung ausschliesslich im Erdboden vor sich gehe, und die Wurzeln bloss die fertigen Stoffe aufnahmen, wie denn z. B. noch Campanella (1568—1639) sagt: „Die Pflanze ist ein bewegungsloses Tier, und die Wurzel ist ihr Mund.“ Erst Caesalpino (1519—1603), obwohl ein getreuer Schüler des Aristoteles, beginnt von dieser Ansicht abzuweichen, und Jungius (1587—1657), als Philosoph ein Vorgänger des Leibnitz, ein kritischer Gegner der Scholastik und des Aristoteles, weist der Pflanze schon in bestimmter Weise eine selbstthätige chemische Mitwirkung bei ihrer Ernährung zu (Sachs 487, 63, 492); die ersten Versuche über diesen Gegenstand stellte van Helmont (1577—1644) an, schloss aber aus denselben fälschlich, dass die Pflanzen alle ihre Bestandteile allein aus Wasser bildeten (ebd. 493).

In seltsamer Weise aus Wahrheit und Aberglauben gemischt, sind die Ansichten, die Baco von Verulam im „Novum Organum“, dem zweiten Teile der „Instauratio magna scienciarum“ (1620), äussert. Es heisst darin: „Die Entstehung der Pflanzen beginnt mit der Verbindung gewisser Säfte in der Erde. Es steht fest, dass die entsprechenden organischen Bestandteile der Pflanzen die ihnen gleichen oder ähnlichen mit einer gewissen Auswahl aus ihren Nahrungsmitteln anziehen, sie sich ähnlich machen, und in ihre Natur umwandeln. Für verschiedene Pflanzen sind verschiedene Arten Dünger förderlich, z. B. Mist, Kreide, oder Asche, was durch den Versuch zu erforschen ist; zwei aussaugende Pflanzenarten nebeneinander, nehmen sich die Nahrung weg, ebenso wieder wachsen z. B. Kornblumen aus den Säften, welche das Getreide als unbrauchbar von sich stösst. Die Bildung der Säfte beruht auf gewissen natürlichen Eigenschaften der Körper. Zur richtigen Erkenntnis eines Körpers muss man aber ermitteln, welches seine Geister*) sind, wozu Auflösung, Erwärmung, Destillation, und dergl., feine Mittel bieten. Alle Körper, denen ein

*) Die Erklärung aller immanenten Eigenschaften durch „Geister“ ist ein echt scholastischer Zug, der sich auch bei Paracelsus, und noch bei Cartesius findet.

starker Geist innewohnt, sind dauerhaft und zersetzen sich nicht leicht, denn der herrschende und befehlshaberische Geist führt hier fest und kräftig die Zügel. Die Leitung der Bewegung, d. i. die Art, wie sich Körper begegnen, hemmen und zurückstossen, ist auch von grossem Einflusse auf Gestalten und Verhältnisse gewisser Gefässe: dieselbe Kraft, welche beim Destillieren die leichten Dünste nach oben steigen lässt, macht schwere Schmutzstoffe in anderen Fällen nach unten sinken, und deshalb befördert die Form eines aufrecht stehenden Kegels (Destillirhelm) die Verdichtung der Dämpfe, und die eines verkehrt stehenden (Zuckerhut) die Reinigung der Zuckermassen. Zucker, ebenso wie Schwämme, Papier und Tuch erfreuen sich nämlich nicht an der Luft, und vertragen sich nicht gerne mit der in ihren Poren eingeeengten; daher stossen sie diese am liebsten wieder aus und ziehen Wasser oder andere Flüssigkeiten an, ja heben diese sogar in die Höhe, wenn sie nur halb eingetaucht sind. Sicher ist es, dass der ganz trockene und harte Zucker jeder Art im Dunklen beim Zerschlagen und Zerbrechen leuchtet, welche Erscheinung seiner Geister an das St. Elmsfeuer mahnt. Das schwere Sieden von Zuckersyrup (ebenso von Öl), gegenüber dem des Wassers und Weins, des Essigs und der Milch, erklärt sich daraus, dass die Dampfblasen in dieser zähen Flüssigkeit weniger Öffnungen zum Aufsteigen und Entweichen finden; man kann dieses Sieden mit dem Aufblähen des sich mit Geistern erfüllenden keimenden Pflanzensamens, mit der Ausbrütung der Eier, und mit der Entstehung von Tieren und Pflanzen bei der Fäulnis vergleichen*) (II, 5, 48, 50, 7, 12, 41).

*) Diese Anschauung war im Altertum und Mittelalter ganz allgemein verbreitet. Plinius („Hist. Nat.“ IX, 84) berichtet, und zwar, wie stets, auf Grund viel älterer Quellen (Aristoteles, „Hist. Nat.“; Diodor I, 10): „Wenn der Nil Ägypten wieder verlässt, so findet man kleine Mäuse, deren Erzeugung aus Wasser und Erde eben begonnen hat, indem sie an einem Teile des Körpers schon leben, während der Rest noch aus Erde besteht.“ Isidorus Hispalensis (ed. Lindemann, 393) lässt Würmer aus Holz, Fleisch oder Erde, von selbst entstehen; Albiruni, ein sonst zuverlässiger Forscher, der z. B. die spezifischen Gewichte von 18 Edelsteinen und Metallen durch Wägen in Luft und Wasser auf das Genaueste bestimmte (Kremer II, 458), will die Bildung von Mäusen aus Schlamm, sowie von Bienen und Wespen aus gefaultem Fleisch selbst beobachtet haben („Chronologie“ 214), und Albertus Magnus leugnet zwar die Urzeugung der höheren Tiere, nicht aber die der Pflanzen: „Kräuter, Stauden und Bäume wachsen nämlich an Orten, wohin kein Samen gelangt zu sein scheint, und aus der Fäulnis von Eichen- und Buchenwäldern bilden sich Espen und Birken“ (Meyer, „Bot.“ IV, 59 ff.). Paracelsus hält an der *Generatio aequivoca* für niedere Tiere, Gras und Unkraut fest, und nimmt nur Korn und Weizen, sowie die Lilie aus, weil diese Pflanzen zuerst im Paradies gewachsen seien (ebd. IV,

Im Laufe des 17. Jahrhunderts wurden die Lehren des Caesalpino und Jungius allenthalben endgültig angenommen, besonders als Malpighi (1628—1694) mit der wohldurchdachten Theorie hervortrat, dass die Blätter die eigentlichen ernährenden Organe der Pflanzen seien. Auch der grosse Physiker Mariotte (1610—1684) legte in der Abhandlung „Sur le sujet des plantes“ dar, dass die Gewächse die letzten Bestandteile der in ihnen enthaltenen, verschiedenen, und selbst wieder zusammengesetzten Stoffe, aus der Erde und der Luft aufnehmen und durch chemische Umsetzung umgestalten, doch blieb diese Ansicht unverstanden, und geriet, trotz der späteren Bemühungen des Philosophen Christian Wolff, wieder in Vergessenheit (Sachs 494, 498, 511). Gleichzeitig mit Mariotte gab auch Stahl (1660—1734) an, dass die Pflanzen den grössten Teil ihrer „brennbaren Substanz“ der Atmosphäre entzögen (Kopp, „Beitr.“ III, 224); dies hinderte jedoch Stahl und Becher (1635—1682) nicht, anzunehmen, dass jene organischen Stoffe Salz, Schwefel und Quecksilber enthielten, deren Zusammenhang ein sehr komplizierter sei; als nähere Bestandteile bezeichnete Stahl gewisse salzig-saure Teilchen, Wasser, Phlogiston, und zuweilen etwas Erde. Näher wurde die Aufnahme gasförmiger Nahrungsstoffe aus der Luft zuerst von Hales (1677—1761) untersucht, systematisch bewiesen, auf bekannte physikalische und chemische Gesetze zurückgeführt, und an die Thätigkeit der Blätter geknüpft, wobei dem Lichte (das man nach Newton für einen Stoff hielt), in Zusammenwirkung mit Wasser, und den aus dem Erdboden aufgenommenen Substanzen, eine wichtige Rolle zufiel (Sachs 515); Hales bemerkt auch das Entstehen einer besonderen Gasart bei der Gährung von Zuckerlösungen, hielt sie aber nur für veränderte Luft (Hoefer II, 340), und erst Black (1728—1799) erkannte dieselbe als Kohlensäure, und identifizierte sie mit dem „gas sylvestre“, welches van Helmont bei der Gährung, der Verbrennung organischer Stoffe, und der Auflösung gewisser

429). Van Helmont glaubte die Synthese von Mäusen aus Weizenmehl und einem schmutzigen Hemd ausgeführt zu haben (Meyer, „Gesch. d. Chem.“ 63); nach Cardanus (1501—1576) bilden sich bei rascher Fäulnis nur niedrige Tiere, z. B. Mäuse, bei langsamer aber, z. B. der der stehenden Gewässer, auch Biber, Hasen, und Gazellen (Sprengel II, 329), und ähnliche Vorgänge finden bei der Gährung statt, wie schon Dinus de Garba aus Florenz (gest. 1327) behauptete (ebd. III, 503). Aber selbst 1830 schreibt Bohlen noch ganz ernstlich („Das alte Indien“ I, 34): „aus dem Nilschlamm entwickelt sich eine Menge Ungeziefer, besonders Mäuse, Frösche und Sumpfmücken.“ — [Strabo (XI, 14, 4) liess die Mücken aus den Funken der Eisen-Schmelzhütten entstehen.]

Mineralien in Säure erhalten hatte, aber nicht aufzufangen und zu isolieren vermochte (ebd. 344). Die Entstehung von Kohlensäure und Wasser bei der Verbrennung organischer Substanzen war übrigens, in ähnlicher Weise wie von van Helmont (1650), auch von Glauber (1664), Geoffroy (1718), Stahl (1731), Juncker (1730), Boerhave (1732), und vor allem von Scheele (1777) beobachtet worden, welcher Letztere daraufhin schloss, dass jene Stoffe aus Kohlensäure, Wasser und Phlogiston bestehen müssen (Kopp, „Gesch. d. Chemie“ IV.).

Die gegen Ende des 18. Jahrhunderts gemachten, wichtigen, chemischen Fortschritte, lieferten gleichzeitig auch die Basis für die Begründung der neueren Ernährungslehre der Pflanzen (Sachs 483); Priestley entdeckte 1774 den Sauerstoff (Kopp a. a. O. I, 306 ff.; „Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit“, München 1873, 138 ff.), Lavoisier erkannte 1775 qualitativ, und 1781 quantitativ die Zusammensetzung der Kohlensäure aus Kohlenstoff und Sauerstoff, bewies 1783 auf Grund einer Beobachtung Cavendish's (Bildung von Wasser bei der Verbrennung von Wasserstoff), dass Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff bestehe, und folgerte noch im selben Jahre, dass der Alkohol, dessen Verbrennung Kohlensäure und Wasser liefere, Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten müsse; doch betrachte er die organischen Stoffe als ternäre Verbindungen, in welchen Sauerstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff nicht direkt aneinander gekettet seien.

Dass grüne Pflanzenteile Sauerstoff abgeben, nahm schon Priestley wahr, aber erst Ingen-Houss (1730—1799) entdeckte 1779, dass zwar die grünen Blätter im Sonnenlichte Sauerstoff aushauchen, daneben aber auch eine stetige Kohlensäure-Entwicklung stattfindet, dass also Atmung und Assimilation wohl von einander zu unterscheiden seien, und dass die Kohlensäure der Luft als Hauptquelle für den Kohlenstoffgehalt der Pflanzen zu betrachten sei (Sachs 533). Durch Sandkultur-Versuche mit kohlenstoffhaltigem Wasser hatte auch schon Percivall (1775) in klarer Weise die Wichtigkeit der Kohlensäure als Pflanzen-Nährstoff dargelegt, nahm jedoch irrtümlicherweise an, dieselbe sei direkt aus der wässerigen Lösung absorbiert worden, was schon Schrader bei genauer Wiederholung dieser Versuche als unmöglich erkannte (Sprengel, „Bot.“ II, 313 und 319). Quantitativ behandelte die Ernährungsfragen zuerst Saussure (1767—1845), und stellte hierbei fest (1804), dass zugleich mit dem Kohlenstoffe auch die Bestandteile des Wassers gebunden werden, und dass zum normalen Gedeihen der Pflanze auch die Gegenwart von stick-

stoffhaltigen Verbindungen und Aschenbestandteilen unbedingt erforderlich sei; diese Lehren fanden jedoch wenig Verbreitung und noch weniger Glauben, und die Ungewissheit, die auf diesem Gebiete herrschte, geht am besten aus dem Umstande hervor, dass noch 1838 die Göttinger Akademie die Preisfrage stellte, „ob die pflanzliche Asche in den Pflanzen selbst erzeugt werde, und für deren Wachstum wirklich nötig sei“, — eine Frage, die erst 1840 durch die Arbeiten Liebig's und Boussingault's ihre endgültige Erledigung fand (Sachs 537, 568, 574). Ein Haupthindernis für das richtige Verständnis aller dieser Verhältnisse, war der Glauben an eine besondere „Lebenskraft“, welcher namentlich von den Anhängern der naturphilosophischen Schule hartnäckig festgehalten wurde, und noch 1827 einen Berzelius zu seinen Verteidigern zählte; es bedurfte der Synthese des Harnstoffes durch Wöhler (1828), um denselben zu widerlegen, und zu zeigen, dass die lebenden Organismen, ebenso wie die tote Aussenwelt, von den nämlichen, einheitlichen, chemischen und physikalischen Gesetzen beherrscht werden.

Neben Dutrochet (1776—1847), welcher die grosse Wichtigkeit der endosmotischen Erscheinungen für das Verständnis gewisser physiologischer Vorgänge nachwies, bahnte namentlich der ältere Decandolle eine rationelle Erklärung derselben an (Sachs 550, 556, 559). Wie er in seiner „Pflanzenphysiologie“ auseinandersetzt (1832), „zerlegt das Sonnenlicht in den Blättern den rohen Nahrungssaft, giebt den Sauerstoff als Gas an die Aussenwelt ab, und überträgt den Kohlenstoff an die Pflanze, wobei zunächst ein Gummi gebildet wird, der aus einem Atom Kohlenstoff und einem Atom*) Wasser besteht, und durch sehr geringe Umänderungen in Stärke, Cellulose und Zucker verwandelt werden kann, Verbindungen, deren Zusammensetzung fast die nämliche ist. Nachts steigt dann dieser gummihaltige Saft wieder in die Wurzeln hinab, und setzt dabei in bestimmten Organen Gummi, Stärke, Zucker, Cellulose, oder fettes Öl, als Reservestoffe ab.“ Diese Vorstellungen nähern sich bereits in hohem Grade den noch heute üblichen, deren Entwicklung wir wesentlich Sachs verdanken, welcher auch schon die Frage nach der Art der Fortleitung dieser Bildungstoffe, und nach der Natur derselben, auf mikrochemischem Wege zu lösen trachtete.

Das eigentliche Wesen des Zuckers suchte zuerst wohl Angelus Sala in seiner „Sacharologia“ (1650) zu ergründen. Er sagt darüber (S. 137 ff.): „Bei der gemässigten trockenen Destillation erhält man aus dem Zucker seine vier Bestandteile,

*) Nach heutigem Ausdrucke: Molekül.

nämlich Wasser, ein auf diesem schwimmendes Öl, eine Säure, die stark genug ist, um Kreide aufzulösen, und ein rückständiges, dem Weinstein ähnliches Salz. In Alkohol löst sich der Zucker, ohne dabei, wie manche behaupten, seine Natur zu ändern; dagegen wird Zucker beim Erwärmen mit Salpetersäure, Schwefelsäure oder Essig, derart verändert, dass er seine frühere Form auf keine Weise wieder annehmen kann, und es entsteht eine saure, rötliche, auch in Alkohol lösliche Masse, die aber nicht die wunderbaren pharmazeutischen Eigenschaften hat, welche Viele ihr zuschreiben. Mit Salpeter krystallisiert der Zucker nicht zusammen, obwohl beiderlei Krystalle etwas von einander enthalten. Bei der Gährung giebt der Zucker Alkohol, und zwar ist dessen Geschmack zu Anfang reiner und angenehmer, weil beim Stehen an der Luft später Essigsäure gebildet wird. Dass der Alkohol nur aus dem Wasser, oder dem Öl, oder dem Schwefel des Zuckers hervorgehen soll, ist falsch, wie dies auch die Mengenverhältnisse beweisen, es muss vielmehr die ganze Substanz des Zuckers sein, die bei der Gährung, auf noch unbekannte Weise, zum Teil in Alkohol übergeführt wird.“ Dass bei der Gährung Kohlensäure entsteht, hat Sala nicht wahrgenommen, und diese vermutlich für Luft gehalten; sehr merkwürdig ist seine Erklärung der Gährung: „Diese ist nichts weiter als eine innerliche Bewegung der Elementarteilchen, die sich in anderer Weise zu lagern trachten, wodurch eine Verbindung von neuer Art entsteht“ (Hoefler II, 210). Boyle (1626—1691) beschäftigte sich ebenfalls mit der Gährung des Zuckers; bei dieser Gelegenheit bemerkte er, dass sich Zucker in Wasser unter Wärmebindung löst, und mit Schnee eine Kältemischung giebt (ebd. II, 169), auch bestimmte er das spezifische Gewicht des Honigs, das er 1.450 fand (ebd. II, 176). In quantitativer Hinsicht studierte die Gährungsvorgänge erst Cavendish (1766), und erhielt dabei aus Zucker 57 % Kohlensäure; genauere aber auch noch nicht richtige Zahlen für Kohlensäure und Alkohol ermittelte Lavoisier (1789).

In ähnlicher Weise wie Sala untersuchte auch Willis (1674) den Zucker, und kam zum Resultate, dass derselbe aus Schwefel, einer Säure, und einem ätzenden Salze bestehe (Moseley a. a. O.). Auch nach Hoffmann-Maederjan (1701) ist Zucker eine salzig-schwefelige Substanz, und seine Salznatur geht aus seiner Löslichkeit und Krystallisationsfähigkeit, aus seiner weissen Farbe, und aus seinem süssen Geschmacke hervor, „da ein nicht salzartiger Stoff überhaupt nicht schmecken könnte“; neben der Salznatur zeigt sich aber auch, beim Verbrennen und Schmelzen, eine schwefelig-erdige,

und da diese Bestandteile die salzigen an Menge weit übertreffen, so schmeckt Zucker, entgegen allen anderen Salzen, süß. Die trockene Destillation des Zuckers giebt ausserdem noch ein Öl und eine Säure, und die Gährung brennbaren Alkohol und Essig, es sind also sehr zahlreiche und mannigfache Bestandteile in ihm enthalten.

Nach Hallens (S. 7) ist Zucker „ein, in ein flüchtiges Öl eingewickeltes Sauersalz, mit schwefeligen und erdigen Teilen verbunden“, nach Herrmann, entsprechend Becher's Lehre, „eine Verbindung von Schwefel, fettiger Erde, salzigen Teilchen und Wasser“, nach Ludolf („Chemie“, Erfurt 1752, 1018) besteht er wesentlich aus Schwefel. Beckmann erklärt Zucker für „eine saure Seife, d. i. ein Fett, mit einem sauren Salze verbunden“ und bezeichnet als seine näheren Bestandteile „Wasser, Erde, Säure, und ein feines, öliges, brennbares Wesen“ („Anl. z. Techn.“ 176, 378); Böhmer sagt (I, 695, 751, 386 ff.): „Zucker besteht aus einem wesentlich sauren Salz, das jedoch mit einem feinen Öl und Erde vermischt ist, daher auch nicht sauer schmeckt; die Gährung desselben beweist, dass sich in seinem Grund auch ein brennbarer Geist vorfindet, neben dem noch eine sauer-salzige, schleimige Mischung vorhanden ist.“ Ähnliche Ansichten finden sich bei Cartheuser (1774), Rouelle (1703—1770), und den anderen letzten Vertretern der phlogistischen Schule, denen Zucker als ein, dem Schwefel analoger, aus „brennbarem Wesen“ und Säure bestehender Körper, als „ein vegetabilisches Hepar, in welchem das ölige Prinzip durch eine Säure mit dem Wasser mischbar geworden ist“, und als ein „eigentliches essentielles Pflanzensalz“ galt (Hoefler II, 364 und 407; Berthelot, „Die chemische Synthese“, Lpzg. 1877, 43; Kopp, „Gesch. d. Chem.“ IV). Letztere Anschauung wurde aber erst durch Marggraf zur herrschenden erhoben (Scheibler 27), welcher die, namentlich von Glauber (1660) verfochtene Behauptung, der Zuckersaft sei ursprünglich nur eine honigartige Masse, und gebe erst durch die chemische Behandlung, und namentlich durch die Einwirkung des Kalkes, trockenen festen krystallisierten Zucker, dadurch widerlegte, dass er den Zucker mittelst Alkohol, unmittelbar in Substanz, aus den Pflanzen auszog. Die Frage, ob der Kalk zu den wesentlichen Bestandteilen des Zuckers gehöre, und denselben gesundheitsschädlich und „hitzig“ mache, wie zahlreiche Ärzte versicherten, war eine viel umstrittene; obwohl Wiegleb („Chemische Versuche“, Berlin 1774) die Angabe des Angelus Sala bestätigte, dass reiner Zucker ohne Hinterlassung von Asche vollständig verbrenne, so fand dieselbe dennoch nur wenig Glauben, und noch 1785 unter-

nahm Hielm eine neue ausführliche Untersuchung, als deren Ergebnis er mitteilt, dass der reinste Zucker fast keinen, der rohe Zucker ziemlich vielen, und der Syrup sehr vielen Kalk enthalte, welcher demnach nicht aus dem Zuckerrohre stammen könne, sondern erst bei der Fabrikation in den Saft eingeführt werde; das allgemeine Vorurteil wurde aber auch hierdurch nicht beseitigt, und Spuren desselben wirken sogar heute noch fort.

Im Jahre 1776 entdeckte Bergman (1735—1784) die Entstehung der sog. „Zuckersäure“ (heute Oxalsäure) bei der Behandlung des Zuckers mit Salpetersäure (Haeser II, 445); diese Beobachtung machte das grösste Aufsehen, und schien so unerklärlich, dass z. B. Girtanner (1795) und Wurzer (1806) sagen: „von jetzt ab müsse man die Verwandlung von Metallen in einander für möglich halten, und für nicht merkwürdiger, als die des süssesten Körpers, des Zuckers, in den sauersten, die Zuckersäure“ (Kopp, „Alchemie“ II, 168 und 175). Nach Stahl's System wurde nunmehr der Zucker als eine Verbindung von Phlogiston und Oxalsäure betrachtet, welches erstere durch die Salpetersäure ausgetrieben werde; dieser Meinung war auch Morveau, während Fourcroy als weitere Bestandteile noch „alkalische, sowie gewisse fette Teilchen“ annahm. Nach Lavoisier („Traité de chimie“ 1793; I, 69) ist der Zucker eine Verbindung einer kleinen Menge brennbarer Luft mit einer grossen Masse kohligter Substanz, und geht durch Aufnahme eines säuernden Prinzipes in Oxalsäure über; Zucker ist das neutrale niedrigere Oxyd eines kohlenwasserstoffhaltigen Radikals, und Oxalsäure dessen höhere Oxydationsstufe (Kopp, „Entw.“ 178 und 522; Schorlemmer, „Ursprung und Entwicklung der organischen Chemie“, Braunschweig 1889, 12); nach Girtanner (1795) ist er „die wahre Grundlage der Oxalsäure, und zwar ein vegetabilisches Oxyd mit zwei Grundlagen, welches Kohlenstoff und Wasserstoff genau zusammen verbunden, und durch etwas Sauerstoff in ein Oxyd verwandelt, enthält“. In der Gährung des Zuckers sieht Lavoisier den Zerfall des Oxydes in Sauerstoff, welcher sich an einen Teil des Kohlenstoffes bindet und als Kohlensäure entweicht, und in das kohlenwasserstoffhaltige Radikal, das unter Aufnahme von Sauerstoff in Alkohol übergeht: „Könnte man Kohlensäure und Alkohol wieder verbinden, so müsste daraus der Zucker zurückentstehen“ (Kopp, „Gesch. der Chem.“ IV). Diese geläuterten Anschauungen fanden indes nur wenige Anhänger, während die grosse Menge der Chemiker an den älteren und geläufigeren Lehren festhielt; so z. B. erklärte Fabroni noch 1785 die Gährung für eine blosser Veränderung des

Zuckers durch die Pflanzensäuren, Göttling (1797) liess den hierbei gebildeten Alkohol aus Lichtstoff, Wasserstoff, etwas Kohlenstoff, und einer unvollkommenen Pflanzensäure bestehen, Wiegleb (1784) glaubte noch, die Zuckersäure (deren Identität mit Savary's Oxalsäure Scheele 1784 bewies) bestehe aus Salpetersäure, vegetabilischem Stoffe, und Phlogiston, der Zucker aber, den Lehren Bergman's (1776) und Macquer's (1778) gemäss, aus Zuckersäure, Phlogiston, und einem Öl; auch Essigsäure wurde im Zucker vermutet, da Scheele (1774) eine, bei der Oxydation desselben mit Braunstein und Schwefelsäure entstehende Substanz (die erst Döbereiner 1822 als Ameisensäure erkannte), für Essigsäure erklärt hatte (Kopp, a. a. O.). Den Milchzucker, bei dessen Oxydation Scheele (1780), und unabhängig davon auch Hermbstädt (1782), die Schleimsäure beobachtet hatten, deutete man in analoger Weise wie den Rohrzucker als eine Verbindung von Schleimsäure, Zuckersäure, Kalkerde, Phlogiston, und Salz (Wiegleb, „Gesch. d. Chem.“ II, 276, 299, 301, 336).

Die erste Analyse des Zuckers rührt von Lavoisier her (1789), doch waren seine Zahlen, ebenso wie die Berthollet's (1803), zu niedrig, was angesichts der Unvollkommenheit der benutzten Methoden nicht wunder nehmen kann; genauere Resultate erhielten erst Gay-Lussac und Thénard (1810), Berzelius (1814), Gay-Lussac (1815), und Döbereiner (1822). Letzterer schloss sich auch schon 1816 in bestimmter Weise den Anschauungen Lavoisier's über den Zucker an, und betrachtete ihn als aus Kohlenensäure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff und Wasser zusammengesetzt (Kopp, „Entw.“ 551), während Gay-Lussac (1814) Kohlenstoff- und Wasserdampf, Dalton (1808) Alkohol und Kohlensäure, und Dumas und Boullay (1828) Äthylen, Wasser und Kohlensäure als nähere Bestandteile annahmen, und die Konstitution des Zuckers mit der des kohlensauren Ammoniaks verglichen (Kopp, „Entw.“ 551 und 299; Schorlemmer, a. a. O. 16).

Über die Ursache der Süssigkeit des Zuckers wurden, nebst den schon oben angeführten Theorien, noch zahlreiche andere aufgestellt, denen zumeist völlig willkürliche, vorgefasste Meinungen oder Voraussetzungen zu Grunde liegen; im allgemeinen begnügten sich einsichtigere Forscher damit, ihre Unwissenheit einzugestehen, oder, namentlich in älterer Zeit, den unabänderlichen Willen Gottes als Erklärungsgrund anzugeben. Häufig nahm man auch zu einer eigentümlichen dem Zucker anhaftenden „vis edulcativa“ (versüssenden Kraft) seine Zuflucht, deren Wesen aber hinwiederum selbst dunkel und geheimnisvoll blieb.

Die Süßigkeit, als hervorragendste und jedermann auffällige Eigenschaft des Zuckers oder Honigs, dürfte es veranlasst haben, dass diese Stoffe seit jeher mit besonderer Vorliebe als Beispiele bei der philosophischen Erörterung des Verhältnisses zwischen Empfindung und Aussenwelt benutzt wurden. Einige diesbezügliche Ansprüche antiker Autoren sind bereits oben angeführt worden; ein vedischer Spruch, citiert in Hartmann's „Philosophie des Unbewussten“ (1872, 26) sagt gleichfalls: „auch der Syrupsaft bringt sich selbst nicht in Erfahrung, und dennoch sagen wir, vermöge der von jenem Saft verschiedenen Sinne die ihn erkennen, dass er von süßer Natur sei.“ In John Locke's (1632—1704) „Versuch über den menschlichen Verstand“ heisst es: „Wermutsamen und Senfkörner, die das Kind von sich stösst, sind, das weiss es gewiss, nicht Äpfel oder Zucker, nach denen es schreit: längst bevor das Kind den logischen Satz des Widerspruches kennt, weiss es genau, dass süß nicht bitter ist.“ Bei Berkeley (1684—1753) findet sich der Satz: „Das einzige Objekt des Verstandes sind Ideen: sinnliche Eigenschaften, wie weiss und süß, sind subjektive Zustände der Seele, Sinnendinge, wie Zucker, Komplexe von Empfindungen“; bei Hume (1711—1776) steht der analoge Ausspruch: „Bei der mehrmaligen Empfindung derselben Merkmalgruppe bleibt sich das Vorstellen immer gleich: jedesmal wenn ich Zucker sehe, thue ich dasselbe, ich verknüpfe nämlich die Eigenschaften der weissen Farbe, des süßen Geschmackes, und der Härte miteinander.“ Ebenso sagt Kant in den „Prolegomena“ (Grundzüge der Erkenntnis-Theorie, §. 19): „Dass der Zucker süß, der Wermut widrig sei, sind bloss subjektiv gültige Urteile.“ Selbst in einem Werke aus allerjüngster Zeit, wie Max Müller's „Das Denken im Lichte der Sprache“, weiss der Verfasser kein geeigneteres Beispiel zur Darstellung seines Gedankenganges zu finden, und sagt (S. 21 und 409): „So wird Süßigkeit . . ., die fürs erste nur einen passiven Zustand des Subjektes darstellt, infolge des unserem Geiste anhaftenden Zwanges jedes Ding als Ursache oder Wirkung aufzufassen, in eine Ursache, oder in das, was wir ein ausser uns befindliches Objekt nennen, verwandelt. Statt zu sagen: wir empfinden süß . . ., gehen wir weiter, und sagen, dass dies andere ausser uns süß, Zucker, sei. Drücken wir uns subjektiv aus, so meinen wir, die Empfindung dieses Dinges, Zucker, ist von der Empfindung des Süßen, nicht von der Empfindung eines anderen süßen Dinges begleitet; drücken wir uns objektiv aus, so meinen wir, dieses Stück Zucker ist süß, d. h. es ruft in uns eine Empfindung hervor, die wir süß nennen.“