III.

Neues Verfahren,
vegetabilische und thierische Körper
chemisch zu zerlegen, und Resultate,
zu welchen diese Analysen geführt
haben,

von

GAY - LUSSAC und THENARD.

(Auszug aus einer Vorlesung, gehalten in der ersten Klasse
des Instituts am 15. Januar 1810.)

Frei bearbeitet von Gilbert.

Der erste Gedanke, der sich uns darbot, als wir den Plan gefasst hatten, uns mit der chemischen Zerlegung der Pflanzenkörper und der thierischen Körper zu beschäftigen, war, diese Körper mittelst Sauerstoffs in Wasser, kohlenfaures Gas und Stickgas zu verwandeln. Glückte uns dieses, und gelang es uns, alle Gasarten, die sich dabei entbinden, aufzufangen, so mußten diese Zerlegungen sich eben so sehr durch Genauigkeit als durch große Einfachheit auszeichnen. Hierbei hatten wir indeß mit zwei Schwierigkeiten zu kämpfen; das Verfahren war nämlich so einzurichten, daß *erstens* aller Kohlenstoff und Wasserstoff vollständig verbrannte; und daß *zweitens* das Verbrennen in verschlossenen Gefäßen vor sich ging.

Die erste Schwierigkeit durften wir nur mit Hülfe von Metall-Oxyden, welche ihren Sauer-

stoff leicht hergeben, oder mit Hülfe des überoxygenirt - salzsauren Kali zu überwinden hoffen. Wenige Versuche reichten hin, uns zu überzeugen, daß das letztere hierbei vorzuziehen sey, und es gelang uns mit diesem Salze über Erwarten.

Die zweite Schwierigkeit war nicht so leicht zu besiegen. In einer Retorte voll Quecksilber liefs sich das Verbrennen nicht vornehmen; sie würde sogleich zerprungen seyn. Wir mußten unsern Apparat so einzurichten suchen, daß sich oft hinter einander Portionen von solcher Kleinheit, daß die Glasgefäße nicht sprangen, verbrennen, und die sich entbindenden Gasarten auffangen und messen ließen. Wir haben die Ehre, der Klasse einen Apparat dieser Art vorzuzeigen *).

Er besteht aus drei Haupttheilen: *Erstens* aus einer an dem untern Ende zugeschmolzenen Röhre *AA'* aus sehr dickem Glase, die ungefähr 0,2 Meter ($7\frac{1}{2}$ p. Zoll) lang und 0,008 Meter ($3\frac{1}{2}$ Linie) weit ist, und einer sehr kleinen Entbindungsröhre, *BB'*, welche in der Seite der Glasröhre, 0,05 Meter (2 Zoll) von ihrer obern Oeffnung, eingeschmolzt ist; *zweitens* aus einer messingenen Fassung, *CC'*, die um die obere Oeffnung der Glasröhre mit einem Kitt festgekittet ist, der erst in einer Wärme von 40° zu schmelzen anfängt; und *drittens* aus einem Hahnstücke, *DD'*, welches in diese Fassung, über der Glasröhre, eingeschraubt

*) Ich habe die Abbildung auf Taf. VI. dieser Abhandlung beigelegt.
Gilbert.

wird. Auf diesem Hahnstücke beruht die Hauptfache. Der konische Hahn ist nicht durchbohrt und läßt sich rund herum drehen, ohne daß die Luft Zutritt zu der Glasröhre erhält. Es befindet sich aber in der Mitte seiner Länge an einer Stelle, o, der Oberfläche eine kleine Höhlung, welche einen Körper von geringem Umfange in sich aufnehmen kann. Ist der Hahn so gedreht, daß diese Höhlung sich oben befindet, so paßt sie an einen kleinen senkrechten Trichter, E, der in dem Hahnstücke über dem Hahne angebracht ist, und macht das untere Ende desselben aus. Legt man daher einen kleinen Körper in den Trichter, so fällt er in die Höhlung, und dreht man alsdann den Hahn um die Hälfte herum, so nimmt er ihn mit fort, und läßt ihn durch die Röhre des Hahnstücks und der Fassung in die Glasröhre herab fallen.

Will man in diesem Apparate die Zerlegung vegetabilischer oder thierischer Körper vornehmen, so muß man vor allen Dingen das überoxygenirt-salzsaure Kali, das zu den Versuchen dienen soll, analysiren; denn auf dieser Analyse fußen größtentheils die Berechnungen der Versuche.

Man zerreibt dann den zu analysirenden Pflanzenkörper auf dem Reibsteine mit der größten Sorgfalt, und eben so das überoxygenirt-salzsaure Kali; trocknet beide in der Hitze des kochenden Wassers und wiegt von ihnen bestimmte Mengen mit einer gehörig empfindlichen Wage ab, wobei man wenigstens die Hälfte mehr überox. salzf. Kali

nehmen muß, als zum vollständigen Verbrennen des Pflanzenkörpers nach vorläufig anzustellenden Versuchen erfordert wird. Man mengt dann beide sorgfältig, befeuchtet sie etwas, formt aus ihnen Cylinder, zerfchneidet diese in kleine Stücke, und rundet jedes derselben mit den Fingern ab, zu kleinen Kugeln; und diese setzt man der Hitze des kochenden Wassers so lange aus, bis sie auf denselben Grad von Trockniß zurück gekommen sind, den die einzelnen Körper zuvor hatten. Man weiß also dann genau, wie viel in einem gegebenen Gewichte der Mengung von überoxygenirt-salzsaurem Kali und von dem zu analysirenden Körper enthalten ist.

Man bringt nun den Boden der Glasröhre zum Rothglühen, und erhält ihn die ganze Operation über in der höchsten Hitze, die er, ohne zu schmelzen, aushalten kann, damit während des Verbrennens so wenig oxygenirtes Kohlen-Wasserstoffgas entstehe, als möglich. Dann läßt man eine gewisse Anzahl Kügelchen, die man nicht gewogen zu haben braucht, eine nach der andern in die Röhre fallen; kaum berühren sie den Boden, so entzünden sie sich und verbrennen mit Lebhaftigkeit, wobei der Pflanzenkörper zerstört wird, und sich in Wasser und in kohlenfaures Gas verwandelt, während zugleich Wasserstoffgas frei wird. Haben diese Gasarten die atmosphärische Luft aus der Röhre ausgetrieben, so läßt man nun ein genau bestimmtes Gewicht an Kügelchen herein fallen,
und

und sammelt alles Gas, das beim Verbrennen entweicht, in graduirte Flaschen voll Quecksilber auf. Haben alle diese Flaschen einerlei Inhalt, so wird jede derselben von einem gleichen Gewichte der Mischung mit Gas gefüllt, und dieses Gas zeigt sich bei der Prüfung in allen von ganz gleicher Beschaffenheit; ein offenkundiger Beweis, daß dieses Zerlegungsmittel die größte Genauigkeit giebt.

Das entbundene Gas muß man über Quecksilber analysiren; eine Prüfung, welche man nicht unterlassen darf. Es reicht dabei hin, dem Gas den vierten Theil seines Volumens an Wasserstoffgas zuzusetzen, und es durch den elektrischen Funken zu detoniren. Da es Sauerstoffgas in großem Uebermaasse enthält, so verbrennt zugleich mit dem hinzugefügten Wasserstoffgas (welches man gehörig mit in Rechnung bringt) alles oxygenirte Kohlen-Wasserstoffgas, welches es enthalten konnte, und man erhält dadurch Gewißheit, daß sich kein anderes gasförmiges Produkt, als kohlen-säures Gas und Sauerstoffgas, gebildet haben kann. Beide trennt man von einander durch Kali,

Eine Pflanzen-säure, die zerlegt werden soll, muß man zuvor an Kalk oder Baryt binden, und das dadurch gebildete Salz analysiren, ehe man es mit dem überoxygenirt-salzsauren Kali vermengt. Die Kohlen-säure, welche nach dem Versuche an dem Kalk oder dem Baryte gebunden bleibt, muß man besonders in Rechnung bringen. Eben so je-

den andern fremdartigen Körper, den die zu analysirende Substanz enthält.

Bei der grossen Hitze, welche man der Glasröhre geben muß, werden einige Maafsregeln der Vorsicht nöthig, damit der Hahn nicht zu heifs werde. Man steckt zu dem Ende die Glasröhre durch ein in einen Ziegelftein, *L*, angebrachtes Loch, und kittet sie darin fest mit einem erdigen Kite, wodurch der Apparat zugleich an Solidität gewinnt; und um die untere Röhre des Hahnstücks läßt man einen kleinen hohlen Cylinder, *FF*, löthen, in welchen man Eis, oder wenigstens Wasser thut. Das untere Ende der Röhre läßt man auf einem eisernen Roste aufstehen, und erhitzt dasselbe durch Kohlen und durch eine Weingeistlampe bis zum Rothglühen.

Man hat nun alle Data, welche nöthig sind, die Bestandtheile des zerlegten Pflanzenkörpers zu berechnen. Das Gewicht desselben ist bis auf $\frac{1}{2}$ Milligramm ($\frac{1}{10}$ Grain) bekannt; man weifs, wie viel Sauerstoff er verzehrt, indem er sich in Wasser und in kohlenfaures Gas verwandelt, aus dem Unterschiede der Menge des Sauerstoffs in dem überoxygenirt-salzfauren Kali und in den Gasarten. Endlich kennt man die Menge des kohlenfauren Gas, welche sich gebildet hat. Aus diesen Datis läßt sich die Menge des Wassers, die entstanden seyn muß, berechnen.

Mit thierischen Körpern, die man analysiren will, muß man dasselbe Verfahren beobachten,

nur mit dem Unterschiede, daß man ihnen nicht mehr überoxygenirt-salzsaures Kali beimeugen darf, als gerade nöthig ist, sie in kohlensaures Gas, in oxygenirtes Kohlen-Wasserstoffgas und in Stickgas zu verwandeln; denn ein Uebermaafs dieses Salzes würde machen, daß salpetrigsaures Gas entstünde. Man analysirt das entstandene Gas im Volta'schen Eudiometer über Quecksilber auf die bekannte Art, und daraus läßt sich dann die Mischung des thierischen Körpers mit Genauigkeit durch Rechnung finden.

Nachdem wir die Art, wie wir die vegetabilischen und thierischen Theile analysiren, umständlich beschrieben haben, dürfen wir es nun wagen, anzugeben, wie groß die Mengen sind, welche wir zerlegen, ohne zu befürchten, das Zutrauen zu schwächen, das unsere Resultate verdienen. Sie betragen höchstens 0,6 Grammes (12 Grains). Wollte man deshalb Zweifel gegen die große Genauigkeit unserer Resultate erheben, so würde der Umstand sie heben, daß wir jedes Mahl 2, und manchemahl selbst 3 Flaschen von gleichem Inhalte mit dem Gas gefüllt haben, und daß diese Portionen identisch sind und immer aus gleichen Gewichten des Pflanzenkörpers entstehen.

Ueberhaupt hängt die Genauigkeit einer Analyse weit mehr von der Genauigkeit der Instrumente und der Methoden ab, deren man sich bedient, als von der Menge des Körpers, mit der man operirt. Die Zerlegung der Luft ist genauer, als ir-

gend eine Zerlegung von Salzen, obgleich man es bei ihr mit 200 bis 300 Mahl weniger Materie, als bei den Salzen, zu thun hat. Da man bei der Luft aus dem Umfange auf die Gewichte schließt, so werden die Fehler vielleicht 1000 oder 1200 Mahl weniger merklich, als bei den Salzen, bei denen man dieses Hülfsmittel nicht hat. Da wir nun die vegetabilischen und thierischen Körper, die wir zerlegen, in Gasarten verwandeln, so können wir unsern Analysen nicht bloß die Zuverlässigkeit der gewöhnlichen, sondern der allergeauigsten Analysen der Mineralien geben; um so mehr, da wir wenigstens 1 Litre (50 Cub. Z.) Gas auffangen, und in unserer Art zu verfahren selbst den Beweis außerordentlicher Genauigkeit und die Anzeige der kleinsten Irrthümer finden.

Wir haben nach der hier beschriebenen Methode, und unter Beobachtung der angegebenen Vorichtsregeln, bereits 16 Pflanzenkörper zerlegt, nämlich: *Sauerkleesäure*, *Weinsteinsäure*, *Schleimsäure*, *Citronensäure* und *Essigsäure*; *Terpenthinharz*, *Kopal*, *Wachs* und *Olivenöhl*; *Zucker*, *Gummi*, *Stärke*, *Milchzucker*, *Büchenholz*, *Eichenholz* und den *krySTALLisirbaren Stoff der Manna*. Die Resultate dieser Analysen scheinen uns von dem größten Interesse zu seyn, denn sie haben uns zu der Kenntniß drei sehr merkwürdiger Gesetze für die Zusammensetzung der Pflanzenwelt geführt. Es sind folgende:

Erstes Gesetz. Alle Pflanzenkörper, in welchen des Sauerstoffs im Verhältnisse zum Wasserstoffe mehr, als im Wasser vorhanden ist, sind Säuren.

Zweites Gesetz. Alle Pflanzenkörper, in welchen des Sauerstoffs im Verhältnisse zum Wasserstoffe weniger, als im Wasser vorhanden ist, sind harziger, oder öhliger, oder alkoholischer Natur.

Drittes Gesetz. Alle Pflanzenkörper, welche Sauerstoff und Wasserstoff genau in eben dem Verhältnisse enthalten, worin sie im Wasser vorhanden sind, sind weder saurer noch harziger Natur, sondern gehören zu der Klasse des Zuckers, Gummis, der Stärke, des Milchzuckers, der Holzfaser und des krySTALLISIRbaren Stoffs der Manna.

Nehmen wir daher für einen Augenblick an, was wir indess weit entfernt sind für wahr zu halten, daß sich der Wasserstoff und Sauerstoff im Zustande des Wassers vereinigt in den Pflanzenkörpern befinden, so würden die Pflanzensäuren aus Kohlenstoff, Wasser und Sauerstoff; die Harze, Oehle, Alkohol und Aether aus Kohlenstoff, Wasser und Wasserstoff; und endlich Zucker, Gummi, Stärke, Milchzucker, die Holzfaser und der krySTALLISIRbare Stoff der Manna bloß aus Kohlenstoff und Wasser, nach verschiedenen Verhältnissen, bestehen.

Als Belege hierzu mögen hier einige unserer Analysen stehen. Es enthalten 100 Gewichtstheile

	<i>Sauerkleefäure.</i>	<i>Essigfäure.</i>
Kohlenstoff	26,566 Th.	50,224 Th.
Sauerstoff	70,689 —	44,147 —
Wasserstoff	2,745 —	5,629 —
	<hr/>	<hr/>
	100	100
von beiden letztern also		
im Verhältnisse, wor-		
in sie Wasser bilden	22,872 —	46,911 — *)
und Sauerstoff in Ueber-		
schufs	50,562 —	2,865 —

Diese Säuren machen die beiden äußersten Gränzen in der Reihe der Pflanzen Säuren aus; die Sauerkleefäure ist von allen die sauerstoffreichste, da sie mehr als die Hälfte ihres Gewichts an Sauerstoff in Ueberschufs über das Verhältniß, worin er mit dem vorhandenen Wasserstoffe Wasser bilden würde, enthält; die Essigfäure ist dagegen die ärmste an Sauerstoff, da in ihr nicht volle 5 Theile Sauerstoff überschüssig vorhanden sind. Hieraus erklärt es sich, warum so viel Salpetersäure nöthig ist, um Zucker, Gummi u. f. f. in Sauerkleefäure zu verwandeln; und warum im Gegentheile so viele vegetabilische und thierische Körper unter vielerlei Umständen so leicht Essigfäure erzeugen, und warum insbesondere auch der Wein sich sogleich in Weinessig verwandelt, ohne erst zu einer andern Säure zu werden, welches man bisher nicht zu erklären wufste, da man die Essigfäure fälschlich

*) Die Verfasser rechnen also, daß 100 Th. Wasser bestehen aus 12 Th. Wasserstoff und 88 Th. Sauerstoff.

für die fauerstoffreichste unter allen Pflanzenfäuren hielt.

Es sind ferner enthalten in 100 Gewichtstheilen

	<i>Gemeines Harz.</i>	<i>Oliven-öhl.</i>	<i>krySTALL- firt.Zucker.</i>	<i>Büchen- holz.</i>
Kohlenstoff	75,944	77,213	40,194	51,192
Sauerstoff			(52,101	42,951)
Wasserstoff			(7,105	5,857)
in dem Verhältn., worin sie Wasser bilden	15,156	10,712	59,806	48,808
Uebersch. Sauerstoff			0	0
— Wasserstoff	8,900	12,075	0	0

Aus diesen Resultaten geht der Beweis einer sehr wichtigen Wahrheit hervor; daß nämlich das Wasser, oder dessen Bestandtheile, ganz und gar von der Pflanze in dem Acte der Vegetation figirt werden. Denn alle Pflanzen bestehen fast ganz aus Holzfasern, Pflanzenschleim und den ähnlichen Stoffen, welche Sauerstoff und Wasserstoff genau in dem Verhältnisse in sich schliessen, in welchem sie in dem Wasser enthalten sind. Offenbar verbindet sich also das Wasser, welches die Pflanzen einsaugen, in dem Innern derselben mit dem Kohlenstoffe zu der Substanz der Pflanze. Vermöchten wir daher diese beiden Körper nach allen Verhältnissen mit einander zu vereinigen, und ihre Theilchen einander gehörig zu nähern, so würden wir ohne Zweifel alle Pflanzenkörper, welche auf der Zwischenstufe zwischen den Säuren und Harzen stehen, wie Zucker, Stärke, Holzfaser u. s. f. durch Kunst erzeugen können.

Von *thierischen Körpern* haben wir bisher nur analysirt: *Faserstoff*, *Eiweißstoff*, *Gallerte* und *Käsestoff*. Aus unsern Analysen ergibt sich: *erstens*, daß in diesen vier, und wahrscheinlich in allen thierischen Körpern, des Wasserstoffs mehr vorhanden ist, als in dem Verhältnisse, worin er mit Sauerstoff Wasser bildet; *zweitens*, daß sich in ihnen desto mehr Stickstoff findet, je mehr sie des überschüssigen Wasserstoffs enthalten; und *drittens*, daß Stickstoff und überschüssiger Wasserstoff in ihnen fast in demselben Verhältnisse stehen, worin sie sich im Ammoniak befinden; ein Verhältniß, welches um so mehr wirklich da zu seyn scheint, da man immer ein wenig mehr Wasserstoff findet, und jeder Irrthum, den man begeht, eine Vergrößerung der Menge desselben zur Folge hat. Man wird darüber nach den folgenden beiden Analysen urtheilen können.

Es enthalten 100 Gewichtstheile

	<i>Faserstoff.</i>	<i>Käsestoff.</i>
Kohlenstoff	51,675	57,190
Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse, worin sie im Wasser sind	26,697	18,778
Ueberschüssigen Wasserstoff	5,387	5,630
Stickstoff	16,331	18,352
	100	100

Diese Körper scheinen daher dieselbe Stelle unter den thierischen, als der Zucker und die ähnlichen unter den vegetabilischen einzunehmen. Denn eben so, wie die beiden gasförmigen Be-

standtheile dieser (der Wasserstoff und der Sauerstoff) sich mit einander sättigen und Wasser bilden können; gerade so können die gasförmigen Bestandtheile jener (der Wasserstoff, der Sauerstoff und der Stickstoff) sich gegenseitig sättigen, und Wasser und Ammoniak bilden, so daß der Kohlenstoff, welcher der einzige fixe Bestandtheil in beiden ist, ohne alle Wirkung in Beziehung auf diese Substanz bleibt.

Dürften wir der Analogie folgen, so würden wir in dieser Hinsicht die thierischen Säuren mit den Pflanzen Säuren vergleichen, und die Arten des thierischen Fetts, giebt es anders derer welche Stickstoff enthalten, den Harzen und Pflanzen zur Seite stellen. In der Blasensteinsäure müßte dann also nicht so viel Wasserstoff vorhanden seyn, um den Sauerstoff und den Stickstoff in ihr zu sättigen, und sich mit ihnen ganz in Wasser und in Ammoniak zu verwandeln. Das Gegentheil müßte in den thierischen Fetten Statt finden.

Es ließen sich aus den vorstehenden Resultaten leicht der Folgerungen noch mehrere ziehen. Aber wir versparen sie für eine andere Arbeit, da wir die Ausdehnung und die Wichtigkeit dieser Materie nicht verkennen.

Die beiden folgenden Tafeln enthalten die Zahlwerthe der Bestandtheile aller von uns untersuchten unmittelbaren Bestandtheile von Pflanzen und von thierischen Körpern:

*Bestandtheile von 15 zerlegten Pflanzen-
körpern.*

Es sind enthalten in 100 Theilen	Koh- lenstoff	Sauer- stoff	Waf- ferstoff	oder Wasser	Ueberfch.
Zucker	42,47	50,63	6,90	57,53	0
Arab. Gummi	42,25	50,84	6,93	57,77	0
Stärke	43,55	49,68	6,77	56,45	0
Milchzucker	—	—	—	—	0
Eichenholz	52,53	41,73	5,69	47,47	0
Büchenholz	51,45	42,73	5,82	48,55	0
					an Sauerst.
Schleimfäure	53,69	62,67	3,62	30,16	36,15
Sauerklee-fäure	26,57	70,69	2,74	22,37	50,56
Weinsteinfäure	24,05	69,32	6,63	55,24	20,71
Citronenfäure	53,31	59,86	6,33	52,75	13,44
Essigfäure	50,22	44,15	5,63	46,91	2,87
					an Wall. St.
Therpenth. Harz	75,94	13,34	10,72	15,16	8,90
Kopal	76,81	10,61	12,58	12,05	11,14
Wachs	81,79	5,54	12,67	6,30	11,91
Baumöhl	77,21	9,43	13,36	10,71	12,08

*Bestandtheile von 4 zerlegten thierischen
Stoffen.*

Es sind enthalten in 100 Th.	Koh- lenst.	Sau- erstoff	Waf- ferstoff	Stick- stoff	Waf- fer	oder Am- mo- niak	Ueber- schufs an Stickstoff
Faserstoff	53,360	19,865	7,021	19,934	22,369	23,463	+ 0,8008
Eiweiß	52,883	23,872	7,540	15,705	27,127	23,182	— 3,191
Käsestoff	59,781	11,409	7,420	21,331	12,964	31,778	— 4,623
Gallerte	47,881	27,207	7,914	16,998	30,917	22,743	— 1,541