

## Wasserstoffhydroxyd,

durch Elektrolyse in saurer  
Lösung:

Dyspepton Syntonin,  
Propepton,  
Pepton.

durch Baryumhydroxyd, Kohlen-  
säure und Wasser in neutraler  
oder alkalischer Lösung:

Dyspepton Protein,  
Propepton,  
Pepton.

Man sieht, eine Differenz besteht nur bezüglich der ersten Stadien und scheint mehr von dem sauren oder alkalischen Medium, in welchem sich die Reaktion vollzieht, abzuhängen, als von dieser Reaktion selbst.

Man darf hiernach mit einigen Gründen die Hypothese aufstellen: dass die Verdauungsfermente die Verdauung genau deshalb befördern, weil sie Wasserstoffhydroxyd erzeugen; für das Pepsin würde diese Bildung nur in saurem Medium vor sich gehen, für das Trypsin hingegen müsste ein saures Medium verworfen werden.

Es ist dies freilich nur eine Hypothese, indessen scheint mir die Prüfung derselben durch den Versuch möglich zu sein; ich hoffe in kurzem die Resultate meiner Untersuchungen auf diesem Gebiete veröffentlicht zu können.

Lüttich, im August 1884.

**489. Thomas Carnelley: Ueber die Farbe der chemischen Verbindungen, hauptsächlich als eine Funktion der Atomgewichte der sie bildenden Elemente.**

(Eingegangen am 26. Juli; mitgetheilt in der Sitzung von Hrn. O. Döbner.)

Die Farbe der chemischen Verbindungen hängt wenigstens von drei Umständen ab, d. i. 1) die Temperatur, 2) die Menge des in einer binären Verbindung befindlichen elektronegativen Elements, 3) die Atomgewichte der die Verbindungen bildenden Elemente.

Von diesen dreien sind die beiden ersteren ganz besonders von Aekroyd studirt (Chem. News 34, 76). Auf den Einfluss des dritten will ich deshalb durch die vorliegende Mittheilung die Aufmerksamkeit richten. Indessen will ich zuvor in Kürze die von Hrn. Aekroyd in Bezug auf die ersten beiden Bedingungen erlangten Resultate mittheilen.

I. Die sämmtlichen Chromverbindungen verändern ihre Farbe in einer bestimmten Reihenfolge und zwar in der der Spektralfarben, derart, dass die Farbe mit steigender Temperatur mehr und mehr das rothe Ende des Spektrums

einnimmt und folglich bei genügend hoher Temperatur in braun und schwarz übergeht. Am gewöhnlichsten ist der Farbenübergang direkt aus weiss in blassgelb, während violett, indigo, blau und grün als Uebergangsstadien vermieden werden.

II. In binären Verbindungen bringt eine Zunahme der Menge des elektronegativen Elements eine Farbenveränderung nach dem rothen Ende des Spektrums und schliesslich in braun und schwarz hervor. So ist z. B.  $\text{PbO}$  gelb,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  roth und  $\text{PbO}_2$  braun.

III. Einfluss des Atomgewichts. In einigen Verbindungsreihen,  $\text{A}_x \text{R}_y$ ,  $\text{B}_x \text{R}_y$ ,  $\text{C}_x \text{R}_y$  u. s. w., in welchen R ein Element oder eine Gruppe von Elementen ist, während A, B, C u. s. w. Elemente bedeuten, welche derselben Untergruppe auf Mendelejeff's Tafel der natürlichen Classification der Elemente angehören, durchwandert die Farbe entweder völlig oder theilweise die folgende Skala:

Weiss oder farblos,		
Violett,		
Indigo,		
Blau,		
Grün,		Farbenveränderung mit stei-
Gelb,		gendem Atomgewicht der
Orange,		Elemente A, B, C u. s. w.
Roth,		
Braun,		
Schwarz,		

oder mit anderen Worten, je höher das Atomgewicht der Elemente A, B, C u. s. w. steigt, desto mehr nähert sich die Farbe der Verbindung dem rothen Ende des Spektrums und ht dann in manchen Fällen in braun und schwarz über.

Es muss bemerkt werden, dass die obige Regel sich nur auf die Fälle bezieht, in welchen A, B, C u. s. w. Elemente sind, welche derselben Untergruppe angehören, aber nicht auf die Fälle, in welchen sie zu verschiedenen Untergruppen gehören; so können Oxyde nicht direkt mit den entsprechenden Sulfiden, Seleniden und Telluriden verglichen werden, ebenso nicht Fluoride mit den entsprechenden Chloriden, Bromiden und Jodiden, denn Fluor und Sauerstoff gehören graden Reihen und andererseits Chlor, Brom, Jod und Schwefel, Selen, Tellur ungraden Reihen an. Die folgenden Tabellen sollen den Einfluss des Atomgewichts auf die Farbe der Verbindungen veranschaulichen <sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Ein der Farbe beigefügtes k bezeichnet die Farbe im kalten Zustande, während ein angehängtes h die Farbe im heissen Zustande bedeutet.

R	RCl	RBr	RJ	R <sub>2</sub> S	R <sub>2</sub> Se	R <sub>2</sub> Te	RF	R <sub>2</sub> O
Na	weiss	weiss	weiss	fleischfarben	—	schwarz u. kupferfarben	weiss	grau
Cu	weiss	grau	gelblichweiss	schwarz	—	—	roth	roth
Ag	weiss	gelblichweiss	lichtgelb	schwarz	schwarz	schwarz	braun	braun
Au	gelblichweiss	gelblichgrau	goldgelb	schwarz	—	—	—	violetbraun, grün

R	R <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	R <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	R <sub>2</sub> TeO <sub>4</sub>	R <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>	R <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	R <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub>	R <sub>3</sub> SbS <sub>4</sub>	R <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
Na	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	gelb	blassgelb	gelb
Cu	—	—	—	—	—	—	—	—
Ag	weiss	weiss	dunkelgelb	gelb	roth	braun	schwarz	roth
Au	—	—	—	—	—	—	—	—

R	RCl <sub>2</sub>	RBr <sub>2</sub>	RJ <sub>2</sub>	RS	RSe	RTe	RO	RCrO <sub>4</sub>
Mg	weiss	weiss	weiss	weiss	—	—	weiss	citronengelb
Zn	weiss	weiss	weiss	weiss	citronengelb	grau	weiss - k gelb - h	gelb
Cd	weiss	weiss	weiss	gelb	—	—	braun, roth im Kryst.- Zustande	orange- gelb
Hg	weiss	weiss - k gelb - h	gelbroth	roth, schwarz	stahlgrau	—	orange- gelb, roth	roth

R	RCl <sub>3</sub>	RBr <sub>3</sub>	RJ <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RPO <sub>4</sub>	RAsO <sub>4</sub>
Al	weiss	weiss	weiss	gelb	schwarz	weiss	weiss	weiss
Ga	weiss	weiss	weiss	—	—	weiss	—	—
In	weiss	weiss	gelb	gelb	—	blassgelb	—	—
Tl	weiss	blassgelb	gelb - k scharlach - h	schwarz	—	dunkel- roth-thon- farben	weiss	citronen- gelb

R	RCl <sub>3</sub>	RBr <sub>3</sub>	RJ <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
P	weiss	weiss	roth	grüngelb	—	—	weiss	weiss
As	weiss	weiss	roth	gelb	schwarz	—	weiss	weiss
Sb	weiss	weiss	roth	orange, schwarz	schwarz	—	weiss	blassgelb
Bi	weiss	goldgelb	schwarz	braun- schwarz	schwarz	stahlgrau	gelb	braun

R	HgR	TlR	CoR <sub>2</sub>	NiR <sub>2</sub>	Jr <sub>2</sub> R <sub>6</sub>	JrR <sub>4</sub>	PtR <sub>2</sub>	PtR <sub>4</sub>
Cl	weiss	weiss	blau	gelb	grün	roth	oliveng- farben	orange
Br	weiss	blassgelb	grün	goldgelb	—	—	braun	—
J	grüngelb	gelb	schwarz	schwarz	schwarz	schwarz	schwarz	braun- schwarz

Die Farbenbezeichnung einer jeden Verbindung ist hierin so wiedergegeben, wie sie in den gewöhnlichen Handbüchern angeführt ist. Falls zwei verschiedene Autoren nicht übereinstimmende Angaben gemacht haben, habe ich beide angeführt. Einige Verbindungen wie HgJ<sub>2</sub>, HgO, HgS, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> u. s. w. bestehen in zwei verschieden gefärbten allotropischen Zuständen; in diesem Falle sind beide Farben aufgenommen. Es darf nicht vergessen werden, dass sich die obige Regel nur genau auf Verbindungen im festen Zustande bezieht, und ferner, dass die Farbe grade im festen Zustande sich bis zu gewissem Grade mit dem Aggregatzustande zu verändern vermag.

Ausser den 426 Fällen, in welchen ich die obige Regel zu bestätigen vermochte, ergaben sich mir indessen 14 Ausnahmen. Von diesen lassen gleichwohl vier (nämlich DiCl<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CrO<sub>3</sub> und CdO) keine genügende Erklärung zu.

Theoretische Erklärung. Bei der Auffindung der folgenden theoretischen Erklärung des besprochenen Phänomens bin ich vorzüglich durch meinen Kollegen Hrn. J. W. Capstick unterstützt worden.

1. Einfluss des Atomgewichts (a). In einem festen Körper schwingen die Moleküle als ganze in gewissen mittleren Lagen. Sind im Uebrigen die Verhältnisse die gleichen (z. B. die Temperatur u. a.), so wird die Schwingungsperiode um so geringer sein, je weniger dicht die Masse der Moleküle ist. Ist die Schwingungszeit der Moleküle so gering, dass sie mit irgend einer Schwingung ausserhalb des violetten Endes des Spektrums zusammenfällt, so kann keine sichtbare Schwingung absorbiert werden und die Farbe der Substanz wird weiss

erscheinen. Dieser Zustand muss so lange währen, bis (durch chemische Substitutionen u. s. w.) die Molekülmasse so gross wird, dass die Schwingungsperiode oberhalb des violetten Endes fällt, wenn die violetten Strahlen absorbiert werden, und das Salz wird sich dann in der Complementärfarbe des Violett zeigen, d. h. als Grüngelb. Wird die Masse des Moleküls noch grösser, so wächst ihre Schwingungsdauer noch mehr und die blauen Strahlen beginnen absorbiert zu werden und das unabsorbierte Licht vereinigt sich zu gelb. Demnächst werden die grünen Strahlen absorbiert und das Resultat ist orange. Dann wird das Gelb ausgelöscht und hinterlässt nur das Roth und schliesslich wird auch das Roth festgenommen und die Substanz wird schwarz.

(b) Will man aus den Farbenbeobachtungen schliessen, so scheint es eine fast allgemeine Regel zu sein, dass, im Falle die Schwingungsdauer gross genug ist, um eine gegebene Farbe auszulöschen, dieselbe auch alle die zu vernichten vermag, welche eine geringere Wellenlänge besitzen; wenn z. B. Gelb ausgelöscht wird, so verschwinden ebenfalls Blau und Grün, sonst, die Farben würden aus Orange zu Purpurroth wandern, und wenn Roth vernichtet wird (während also Blau, Grün und Gelb noch nicht verschwinden), würde die Farbe grünlich anstatt des gewöhnlichen Schwarz werden. Die ausnahmsweise beobachtete grüne Farbe des  $\text{Au}_2\text{O}$ ,  $\text{AuJ}_3$ ,  $\text{WCl}_4$ ,  $\text{WJ}_2$ ,  $\text{UCl}_5$  und  $\text{UCl}_4$  mag auf diese Weise eine Erklärung finden.

2. Einfluss der Temperatur. Haben wir es mit einem festen Körper zu thun, in welchem die Moleküle in gewissen Mittellagen schwingen, so bewirkt ein Steigen der Temperatur eine grössere Schwingungsweite, aber keine grössere Periode. Ist die Schwingung nicht völlig harmonisch, so vermag in der That eine grössere Schwingungsweite wie bei einem Pendel eine längere Periode erfordern. In Zusammenhang hiermit vermindert eine Temperatursteigerung die Cohäsion zwischen den Molekülen und schwächt hierdurch die Kraft der Wiederherstellung, indem die Moleküle auf diese Weise veranlasst werden, langsamer zu schwingen und folglich dieselben Farbenveränderungen hervorbringen, welche man beobachtet, wenn die Masse der Moleküle vergrössert wird. — Die vorstehende Theorie scheint mir eine genügende Erklärung für die sonst paradoxe Thatsache abzugeben, dass einerseits ein Wachstum des Molekulargewichts und andererseits Temperaturerhöhung genau die gleichen Farbenveränderungen hervorzubringen vermögen.

Dass in einigen binären Verbindungen eine Vermehrung der Menge des elektronegativen Elements eine Farbenveränderung nach dem rothen Ende des Spektrums hin veranlasst, kommt wahrscheinlich daher, dass mit der grösseren Menge des elektronegativen Elements

ein Wachstum des Molekulargewichts stattfindet. Es erklärt sich diese Erscheinung demnach leicht durch die oben angeführte Theorie. Freilich müsste man wohl, um dieser Erklärung ihre allgemeine Gültigkeit zu belassen, in einigen Fällen, wie bei den Oxyden des Kupfers, Bleis und Chroms, die allgemein angenommene Formeln einiger ihrer Verbindungsstufen verdoppeln oder verdreifachen. So wäre:

$\text{Cu}_2\text{O}$  roth,  $\text{Cu}_2\text{O}_2$  schwarz.

$\text{PbO}$  oder  $\text{Pb}_3\text{O}_3$  gelb,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  roth,  $\text{Pb}_3\text{O}_6$  braun.

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  grün,  $\text{Cr}_2\text{O}_6$  roth.

Endlich lassen sich auch einige Anzeigen dafür finden, dass die Farbe der Verbindungen eine periodische Funktion ihres Atomgewichts ist. Man kann dies am besten bei Betrachtung der normalen Jodide sehen. Construirt man eine Curve, in welcher die Ordinaten die Atomgewichte der positiven Elemente repräsentiren und die Abscissen aber eine Farbenskala, welche von Schwarz durch Braun, Roth, Orange, Gelb, Grün u. s. w. bis zu weiss aufsteigt, so besitzt die so erhaltene Curve eine ähnliche Gestalt wie die wohlbekannte Curve der Elemente von Lothar Meyer.

Ich hoffe binnen Kurzem in der Lage zu sein, die obigen That- sachen auf die Farben der organischen Verbindungen übertragen zu können und glaube, es wird hierbei möglich sein, einen Zusammen- hang zwischen der Zusammensetzung und der Farbe gewisser Farb- substanzen aufzufinden.

Dundee, University-College, 11. Juli 1884.

Nächste Sitzung: Montag, 13. Oktober 1884 im grossen Hörsaale des Chemischen Universitäts-Laboratoriums, Georgenstrasse 34—36.