

hat, so steht es tatsächlich für unser Verfahren kostengünstiger ein, ja es kann selbst unter Umständen noch einen Reingewinn liefern. Dazu kommen bedeutende Ersparnisse in der Apparatur und Arbeit im Vergleich zur Schwefelsäureabsorption.

Ein Superphosphat des Handels hatte nach Untersuchung von Gerichtschemiker Dr. B e i n - Berlin vor der Absorption von Ammoniak

17,28% wasserlösliche Phosphorsäure (P_2O_5)
19,98% citratlösliche Phosphorsäure.

Es nahm auf 6,25% Ammoniak und enthielt auf das eingeführte Phosphat berechnet

5,90% wasserlösliche Phosphorsäure,
19,36% citratlösliche Phosphorsäure.

Seite 15 heißt es weiter:

„Bei einem allen Berechnungen zugrunde gelegten Entzuckerungsbetrieb von 500 000 Mctr. Melasseverarbeitung p. a. lassen sich aus der Endlauge bei 85% Ausbeute (siehe Rentabilitätsberechnung) 7152 Mctr. Ammoniak (NH_3) gewinnen: zur Absorption derselben würden nach obigem Versuchsresultat an Superphosphat gebraucht werden

$$6,25 : 100 = 7152 : 114\,432 \text{ Mctr.}“$$

„Bei der Absorption des Ammoniaks mittels Schwefelsäure würden, rein theoretisch gerechnet, auf 7152 Mctr. NH_3 erforderlich sein

$$34 : 98 = 7152 : 20\,615 \text{ Mctr. chemisch reiner Säure.}$$

Den Mctr. Schwefelsäure mit 50% SO_3 bewertete Leopoldshall-Staßfurt (31) für eigene Verwendung mit 2,— M; man hat somit

$$(50\% SO_3 \text{ entsprechen } 61,59 \text{ H}_2\text{SO}_4), \\ 61,59 : 100 = 20\,615 : 33\,470 \text{ Mctr. Schwefelsäure}$$

von 50% SO_3 . Die Bindung des Ammoniaks an Schwefelsäure kostet also, ohne irgend welche Verluste einzurechnen, allein an Säure

$$2 \cdot 33\,470 = 66\,940 \text{ M.}$$

welcher Wert ohne Gegenwert bleibt. Hierbei ist außerdem noch eine für die Landwirtschaft nutzlose Mehrfracht für 20 615 Mctr. gebundener Schwefelsäure (ohne Düngewert), entsprechend

206 Doppellowries

in Rechnung zu ziehen.

Die Sackung von (7152 + 20 615) 27 767 Mctr. schwefelsauren Ammons kostet etwa 10 200 M. Im schwefelsauren Ammoniak ist $\frac{3}{4}$ des Gewichtes Schwefelsäure. Da diese für die Landwirtschaft gewissermaßen Ballast ist, so wird durch das für letztere wertvolle Superphosphat, das bei unserem Verfahren zur Bindung des Ammoniaks verwendet wird, $\frac{3}{4}$ der Sackungskosten gespart, besonders da das Superphosphat schon in Säcken zu Melasseentzuckerung geliefert wird, also

$$(1200 \cdot 3) : 4 = 9000 \text{ M.}$$

Aus vorstehendem ergibt sich, daß die Absorption des Ammoniaks durch Superphosphate um rund 100 000 M betragen die höhere Verwertung des gewonnenen Stickstoffs gegenüber der Darstellung von Sulfat erzielen läßt.

Außerdem ist noch in Betracht zu ziehen, daß das nach diesem Verfahren gebildete Phosphat die Säcke nicht angreift, wie das Superphosphat des Handels seither.

Wie die Absorption des Ammoniaks mittels Superphosphat ins Werk gesetzt wird, ist vorstehend kurz erläutert worden. Bei entsprechender Berührungsdauer von Gas und Superphosphat im Absorber, also bei entsprechender Höhe des Turmes, kann jede beliebige Sättigung des Superphosphates bis zur Aufnahme von 7—8 Gewichtsteilen Stickstoff erreicht werden. Der Abzug des mit Ammoniak gesättigten Phosphates erfolgt, ebenfalls ununterbrochen, mit Hilfe einer der bekannten Einfüllvorrichtungen, wie sie für Zucker oder Zement zu billigster Verpackung gebraucht werden.“

Die Art der Bindung des Ammoniaks mit Superphosphaten wurde von mir beschrieben auf S. 9 der Broschüre mit folgenden Worten:

„Nach dem Passieren des Reinigungsturmes gehen die Gase durch einen Pelouzeapparat, in dem sie die letzten Teile von Teer, namentlich aber auch mitgerissene Lauge-tröpfchen abgeben. Hierauf wird das in ihnen enthaltene Ammoniak durch Superphosphat absorbiert, wie dies in Rücksicht auf die neuerdings engere Verbindung der Melasse-entzuckerungsanlagen mit den landwirtschaftlichen Rohzuckerfabriken in den meisten Fällen das zweckmäßigste sein dürfte. Die Gase werden zu diesem Zwecke in einem sog. „Katarakturm“, in den sie unten eintreten, durch und über kontinuierlich zugeführtes, durch freien Fall über schiefe Ebenen ununterbrochen herabgleitendes und stets frische Absorptionsflächen bildendes Superphosphat geführt, wodurch ihnen sämtliches Ammoniak unter Bildung von Ammoniak-(Super-) phosphat entzogen wird. Die oben aus dem Superphosphat-Absorber austretenden Gase usw.“

Ich habe bei meinen Versuchen seinerzeit stets auch die Trocknung des frischen Superphosphates unter der Einwirkung des Ammoniaks bemerkt, und auch Herrn Dr. S. B e i n, Berlin SW., Chem. Laboratorium, Königgrätzer Straße 43, war bei der Herstellung des Ammoniakphosphates im Kleinen im Glasturm nach dem oben beschriebenen Verfahren zum Zweck der Analysierung des Produktes die starke Wasserdampfentwicklung bei der Bindung aufgefallen, genau so wie dies Prof. Dr. G e r l a c h nun angegeben hat.

Der einzige Unterschied in unserer Arbeitsweise ist, daß Prof. Dr. Gerlach in der rotierenden Trommel, ich im Katarakturm (Schüttturm) die Reaktion vornahm. [A. 76.]

Über Farben und Farbenbestimmung

Von Dr. E. KÖNIG, Sindlingen am Main.

(Eingeg. 12./5. 1916.)

Die Ausführungen von Dr. K r a i s¹⁾ geben mir Veranlassung zu einigen Bemerkungen über die Frage der Farbenbestimmung, die trotz ihres elementaren Charakters doch vielleicht nicht überflüssig sind, denn die Unkenntnis auf dem Gebiete der Farbenlehre ist sogar bei naturwissenschaftlich geschulten Leuten häufig sehr groß. Ein Mann, der sich „Chemiker“ nannte, hatte z. B. folgende Idee: Es kommt häufig vor, dachte er, daß man sich mit der Schreibmaschine verscheibt und Korrekturen sehen nicht schön aus. Er wollte nun die Schreibmaschine mit zwei komplementär gefärbten, z. B. grünen und roten Farbbändern versehen und einen falschen grünen Buchstaben dadurch entfernen, daß er ihn mit dem gleichen Buchstaben in roter Farbe überdruckte. Rot und Grün sind Komplementärfarben, d. h. sie geben zusammen Weiß. Folglich müßte beim Überdrucken mit Rot der grüne Buchstabe weiß werden und verschwinden. Der Erfinder war sehr unzufrieden, daß die ihm gesandten Komplementärfarben sehr wenig seinen theoretischen Voraussetzungen entsprachen. Sie gaben natürlich statt des erwarteten Weiß beim Übereinanderdrucken Schwarz.

Verfasser könnte aus seiner Praxis eine ganze Reihe ähnlicher Irrtümer anführen, wo es sich meist ebenfalls um eine Verwechslung der additiven und subtraktiven Farbmischung handelt.

Bei der additiven Mischung werden verschieden gefärbte Lichtarten oder Lichtstrahlen, bei der subtraktiven Methode gefärbte Körper oder Körperfarben gemischt. Einige Beispiele machen diese Vorgänge leichter verständlich. Erzeugt man auf einem weißen Schirm etwa mit Hilfe eines Projektionsapparats und eines roten Glases, das man vor die Linse hält, einen roten Lichtkreis, und läßt man durch einen zweiten ähnlichen Apparat grünes Licht auf die gleiche Stelle fallen, so erscheint der vorher rote Lichtkreis gelb, weil nun von dort rote und grüne Lichtstrahlen reflektiert werden, die zusammen von unserem Auge als Gelb empfunden werden. Läßt man nun durch einen dritten Apparat blauviolette Licht hinzutreten, so erscheint der gelbe Lichtkreis weiß, weil

¹⁾ Angew. Chem. 29, I, 129—131 [1916].

das gleichzeitige Eintreffen von roten, grünen und blauen Lichtstrahlen den Eindruck „Weiß“ in unserem Auge hervorruft.

Weitere Beispiele additiver Farbenmischung liefern zunächst natürlich das Sonnenlicht und die meisten künstlichen Lichtquellen, die Lumière'schen Autochromplatten, der Farbenkreisel und die Malereien der Pointillisten, welche die Mischfarbe durch nebeneinander gesetzte Punkte der Hauptfarben erzeugen. Der Raster einer Autochromplatte zeigt ein lückenloses Mosaik von sehr satt und lebhaft gefärbten violetten, grünen und roten Filterelementen. Das in einem Autochrombild erscheinende Weiß kann also nur so zustande kommen, daß von der betreffenden Stelle gleichzeitig violette, grüne und rote Strahlen ausgehen. Bei der außerordentlichen Feinheit des Rasters verschwinden die einzelnen Filterelemente für das Auge, und das Resultat ist praktisch das gleiche, ob die farbigen Strahlen von einem einzigen Punkte oder von mehreren sehr dicht nebeneinander liegenden Punkten ausgehen.

Die subtraktive Farbenmischung ist uns viel geläufiger. Jedes Kind weiß, daß es durch Vermischen von gelber und blauer Tusche eine grüne Farbe erhält, Maler und Färber erzeugen ihre Mischfarben auf dem Wege der subtraktiven Farbenmischung. Daß es bei den modernen Malern gewisse Ausnahmen gibt, haben wir oben gesehen. Beim Vermischen von Blau und Gelb mit dem Farbenkreisel (also bei additiver Mischung) dagegen entsteht kein Grün, sondern eine weiße Nuance, was nach dem oben Gesagten ohne weiteres verständlich ist. Und doch ist die additive Farbenmischung kein grundsätzlich von der subtraktiven verschiedener Vorgang. Wenn es gelänge, eine Mischung von blauen und gelben Körnchen in so dünner Schicht auszubreiten, daß die Körnchen lückenlos nebeneinander liegen, ohne sich irgendwie zu überdecken, wie es bei dem Autochromraster wirklich durchgeführt wird, so wäre das Resultat der Mischung nicht grün, sondern dieselbe weiße Nuance, die bei der Mischung mit dem Farbenkreisel entsteht. Wir sehen also, daß es nur darauf ankommt, wie man die Farbstoffmischung betrachtet. Ein Anstrich mit Chromgrün (Mischung von Berliner Blau und Chromgelb) erscheint nur deshalb Grün, weil die Körnchen nicht nebeneinander ausgebreitet sind, sondern übereinander liegen. Die gelben Körnchen reflektieren rotes, gelbes und grünes Licht und absorbieren Blau. Die blauen Körnchen reflektieren blaues und grünes Licht und absorbieren Rot und Gelb. So kommt es, daß von dem auf den chromgrünen Anstrich fallenden weißen Licht nur das grüne reflektiert und alles andere absorbiert wird. Die Vorgänge bei der subtraktiven Mischung von Pigmenten sind etwas übersichtlicher, wenn man gefärbte Glasscheiben übereinander legt. Eine blaue Glasscheibe läßt nur Grün und Blau hindurch, eine hinzugefügte gelbe Scheibe absorbiert das Blau, so daß nur Grün übrig bleibt. Es werden also bei der subtraktiven Farbenmischung von dem Licht, das der eine Bestandteil der Farbenmischung reflektiert, durch den anderen bestimmte andere Strahlen weggemommen oder subtrahiert, daher der etwas unlogische, aber allgemein eingebürgerte Ausdruck „subtraktive Mischung“.

Daß Gelb und Blau gemischt Grün ergibt, ist übrigens nur in einer Eigentümlichkeit unserer gelben Farbstoffe begründet. Es gibt nämlich keinen gelben Farbstoff, weder einen natürlichen, noch einen künstlichen, der ausschließlich oder auch nur im wesentlichen gelbes Licht durchläßt bzw. reflektiert. Alle gelben Farbstoffe reflektieren vielmehr sämtliche roten, gelben und grünen Strahlen und absorbieren Blau und Violet. Das Gelb des Spektrums oder das des Natriumlichtes ist physikalisch völlig verschieden von der Nuance der gelben Farbstoffe, wenn auch unser Auge diesen Unterschied nicht wahnimmt.

Kraus machte schon darauf aufmerksam, daß alle Systeme und Apparate, die der Farbenbestimmung dienen sollten, das schwierige Problem bisher nicht lösen konnten. Wäre die Farbenbestimmung eine rein physikalische Frage, so wäre diese unzweifelhaft längst ebensogut gelöst, wie z. B. das Messen der Wärme oder der Elektrizität. Die Farbenwahrnehmung ist aber etwas Subjektives, und wenn man auch von den Anormalitäten des Auges, die wir Farbenblindheit

nennen, absieht, so sind doch die Augen der einzelnen Menschen verschieden genug, um beim Vergleich und bei der Beurteilung von Farben große Schwierigkeiten entstehen zu lassen. Niemand weiß von seinem Nebenmenschen, ob dieser eine Farbe ebenso sieht, wie er selber und wenn zwei Sachverständige bei der Beurteilung von 1000 Farben übereinstimmen, so kann es doch eine Nuance geben, welche die bisherige Harmonie der beiden Beurteiler stört. Dazu kommt noch der Einfluß der Beleuchtung. So können Färbungen, die bei normalem weißen Tageslicht völlig gleich erscheinen, bei künstlichem Lichte sehr stark differieren. Es gibt Menschen, die derartige Mischfarben mit abweichen der Abendfarbe auch bei Tage verschieden sehen; solchen Leuten erscheinen offenbar alle Farben bei Tageslicht so, wie sie der Mehrzahl der anderen bei künstlichem Licht erscheinen. Bei jedem Farbensystem muß aber die zu bestimmen Farbe mit einer vorhandenen bestimmt verglichen werden und dieser Vergleich ist immer subjektiv und wird nie zu absoluten Werten führen. Die Bezeichnung „absolut“ kann daher bei einem Farbensystem natürlich immer nur cum grano salis gemeint sein.

In bezug auf die Helligkeit ist unser Auge den größten Täuschungen unterworfen. Ein weißes Papier erscheint uns in der Dämmerung noch weiß, wenn es auch, wie genaue Messungen ergeben, viel weniger Licht reflektiert als ein dunkelgraues Papier im hellen Tageslicht. Weiß nennen wir einen Körper, der die Eigenschaft hat, Lichtstrahlen jeder Wellenlänge vollkommen zurückzuwerfen. Schwarz ist ein Körper, der Lichtstrahlen jeder Art vollkommen absorbiert. Grau ist nichts anderes als ein lichtschwaches Weiß und könnte so definiert werden, daß es von allen Lichtstrahlen den gleichen Prozentsatz zurückwirft. Von einem farbigen Gegenstand werden nicht alle Lichtstrahlen gleichmäßig zurückgeworfen, sondern nur solche von bestimmter Wellenlänge, während andere absorbiert werden. Weiß ist eine physiologische Empfindung, aber keine Farbe, und ich halte es für eine nur der Bequemlichkeit wegen zulässige Ausdrucksweise, daß eine Mischfarbe Weiß oder Schwarz „enthält“. Bei der Mischung einer Pigmentfarbe mit Weiß verdünnen wir die Farbe, verringern also ihre Konzentration. Die Wirkung der Weißzumischung ist die gleiche, wie wenn wir die Intensität des Lichtes, bei dem wir die Farbe betrachten, steigern würden, andererseits bringt Zumischung von Schwarz den gleichen Effekt hervor, wie Verringerung der Intensität des Lichtes.

Einen Maßstab für die Reinheit einer Farbe gibt die Änderung des spektralen Verhaltens bei steigender Konzentration. Diejenigen Farbstoffe, deren Absorptionsspektren sich mit der Konzentration von einem bestimmten Punkte an wenig oder gar nicht ändern, erscheinen uns sehr rein, und ihre Absorptionsspektren zeichnen sich durch scharfe Begrenzung der Absorptionsstreifen aus. Reine Farben finden sich nur unter den roten, orangen, gelben und gelbgrünen Tönen, nur diese ändern ihre Helligkeit von einer gewissen Sattheit an nicht merklich bei weiterer Steigerung der Konzentration. Bei blaugrünen, blauen und violetten Tönen dagegen ruft jede Steigerung der Konzentration eine deutliche Abnahme der Helligkeit hervor. Dementsprechend ist auch ihr spektrographisches Verhalten ganz anders, indem die Zone der Absorption im Spektrum mit steigender Intensität der Färbung immer breiter, der durchgelassene Teil des Spektrums dementprechend immer schmäler, die optische Helligkeit immer geringer wird. Auch zeigen diese Farbstoffe im Gegensatz zu den roten und gelben fast stets allmählich verlaufende Absorptionsbänder. Wenn wir blaue und violette Farbstoffe mit scharfen Absorptionsbändern hätten, so würden sich diese bei steigender Konzentration der Färbung unzweifelhaft genau so verhalten wie die roten und gelben.

Jede Bestrebung, ein Farbensystem aufzustellen, ist mit Freuden zu begrüßen, aber mit der Aufstellung eines scharfsinnigen Systems allein, wie wir es von Ostwalds Genie erwarten dürfen, ist die Aufgabe noch nicht gelöst. Mag das System „absolut“ sein, es wird in verschiedenen Händen oder vielmehr in verschiedenen Augen das absolute mehr oder weniger verlieren und eine relative, subjektive Note bekommen.

[A. 77.]