

teressano la microbiologia e la chimica bromatologica, sono più prospettive di un futuro che un quadro dello stato attuale.

Questa relativa scarsezza di risultati ha forse la sua origine nella esagerata specializzazione che attualmente pesa non solo sulla batteriologia e le scienze mediche, ma anche su tutte le scienze naturali. Il rapido sviluppo delle scienze naturali, principalmente delle biologiche, ha portato con sè, dagli ultimi decenni del secolo scorso, una specializzazione che ha i suoi vantaggi, ma anche i suoi svantaggi. Questi ultimi si manifestano in parte nella riduzione dell'orizzonte scientifico dei ricercatori, che determina una crescente diminuzione di spiriti coordinatori e sintetici e, per conseguenza, i rappresentanti ed i cultori delle scienze divengono semplici tecnici ed in parte ignorano le tecniche delle scienze estranee ed affini. Questo si verifica pur sapendo tutti che l'applicazione di metodi nuovi può essere utile alla risoluzione di problemi per i quali non hanno ancora avuto applicazione. È anche generalmente noto che problemi di fondamentale importanza possono essere chiariti quando vengono studiati ed elaborati sotto diversi punti di vista, *ceteris paribus*, con diversi metodi. Il progresso delle scienze non ci permette di giungere allo stato ideale, al dominio di conoscenze profonde di differenti rami con le sue diverse tecniche per un solo ricercatore. Si ha per questo un'unica possibilità: la collaborazione. I diversi studiosi debbono mettere tutte le loro conoscenze di particolari al fine di risolvere i problemi tuttora aperti. I veri frutti della nuova interpretazione dei

fenomeni di ossidazione e riduzione debbono essere visti attraverso i lavori di una felice collaborazione di batteriologi, biochimici e chimico-fisici. Quanto più stretta sarà la collaborazione dei rappresentanti di queste tre scienze, tanto più vicino sarà il giorno nel quale potremo coglierne i frutti.

Summary

After a short reference to the fundamental principles of the oxidation-reduction potential and the meaning of the symbol r_H introduced by CLARK, the author proceeds to set out, among the numerous applications which this important notion has found in various scientific fields, those found in Bacteriology and Hygiene.

As regards Bacteriology, the oxidation-reduction potential of the sterile culture media and of various aerobic and anaerobic micro-organisms has been investigated in connection with their growth. The oxidation-reduction potential has proved to be a very good means of classification and identification of the various bacterial strains.

Moreover, although the studies performed are not numerous the said oxidation-reduction potential has also been shown to have a great importance in the determination of the immunisation processes of the organism and in its serological behaviour.

The oxidation-reduction potential, furthermore, has found very large applications in the field of alimentation, from the problem of fermentations, such as the alcoholic fermentation and the bread fermentation, to the distinction between raw and boiled milk by means of SCHARDINGER's reaction.

In the future, the possibilities for application and development of the oxidation-reduction potential appear to be even more considerable.

Zur Einteilung des OSTWALDSCHEN Farbtonkreises

Von P. J. BOUMA, Eindhoven¹

1. Einleitung

In den Jahren 1916–1921 hat WILHELM OSTWALD eine «Systematisierung der Körperfarben²» vorgeschlagen³, die den Gegenstand heftiger Diskussionen gebildet hat.

¹ Natuurkundig Laboratorium der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken Eindhoven, Nederland.

² Diese Bezeichnung geht auf eine Arbeit von v. KRIES⁴ zurück, die die richtige Bemerkung enthält, daß die Arbeiten von OSTWALD eher «eine glückliche Systematisierung der Körperfarben» als eine neue «Farblehre» darstellen.

³ W. OSTWALD, Physik. Z. 17, 322, 352 (1916); Die Farbenfibel, Leipzig 1916; Z. physik. Chemie 91, 132 (1916); 92, 222 (1917); Abh. Sächs. Ges. Wiss. (math. phys. Kl.) 34, 462 (1917); Der Farbenatlas, Leipzig 1917; Die Farbenlehre, I: Mathematische Farbenlehre, Leipzig 1918; Die Farbenlehre, II: Physikalische Farbenlehre, Leipzig 1919; Der Farbnormenatlas, Leipzig 1920; Physik. Z. 22, 88, 125 (1921); S.-B. Preuß. Akad. Wiss. (Phys. math. Kl.) 30, 414 (1937); S.-B. Preuß. Akad. Wiss. (Phys. math. Kl.) 30, 417 (1937).

⁴ J. v. KRIES, Z. Sinnesphysiol. 50, 117 (1919); — K. W. F. KOHLRAUSCH, Physik. Z. 21, 478 (1920); Physik. Z. 22, 402 (1921); — E. SCHRÖDINGER, Physik. Z. 20, 349 (1925). — A. SCHÄFER, Physik. Z. 27, 347 (1928). — A. SCHÄFER und H. PEGE, Physik. Z. 31, 720 (1930); 32, 1 (1931). — J. GUILD, Nature 129, 453 (1932).

Neben den Gegnern des OSTWALDSCHEN Systems⁵ und dessen Verteidigern⁶ ist eine dritte Gruppe entstanden^{7–8}, die sich bemüht, durch Entfernung der unrichtigen Stellen und durch Verschärfung der Definitionen das OSTWALDSCHE System zu retten und es

⁵ J. v. KRIES, Z. Sinnesphysiol. 57, 461 (1925). — R. LUTHER, Z. techn. Physik. 8, 540 (1927).

⁶ M. RICHTER, Z. techn. Physik. 12, 582 (1931).

⁷ M. RICHTER, Grundriß der Farbenlehre der Gegenwart, S. 110, Dresden 1940.

⁸ M. RICHTER, Licht 11, 75 (1941); Licht 13, 12 (1943).

«in den Rahmen der allgemeinen Farbreizmetrik einzufügen¹.

Für die Begriffe Weiß-, Schwarz-, Farbgehalt und Vollfarbe ist es gelungen, die OSTWALDSchen Definitionen durch scharfe Formulierungen zu ersetzen, die eine Transformation der trichromatischen Koordinaten auf OSTWALD-Kennzahlen² möglich machen. Diese Formulierungen sind auch in das Normalblatt DIN 5033 aufgenommen worden³.

Etwas schwieriger ist die Aufgabe, auf der Kurve der Vollfarben⁴ eine Farbtonskala nach den OSTWALDSchen Grundlagen anzubringen, oder, mehr mathematisch ausgedrückt, eine eindeutige Zuordnung zu finden zwischen den OSTWALDSchen Farbtonnummern N und den farbtongleichen Wellenlängen λ , der Vollfarben.

Als RICHTER einen Versuch zur Lösung dieses Problems publizierte⁵, hatte Verfasser das nämliche Problem schon in anderer Weise angegriffen. In der jetzigen Arbeit sollen die beiden Methoden kritisch verglichen werden.

2. Das Prinzip der inneren Symmetrie

Die RICHTERSche Einteilung (auch als «alte Einteilung» bezeichnet) des Vollfarbenkreises in 24 Stufen (Farbtonnummern N) beruht auf den folgenden drei Grundsätzen:

- I. Die Differenz der Farbtonnummern zweier Gegenfarben (Kompensationsfarben) soll immer 12 betragen.
- II. Die Wellenlängen, die das Vollfarbbegebiet eines Farbtons N begrenzen (Sprungstellen⁴) bilden gleichzeitig die farbtongleichen Wellenlängen für die Farbtöne $N-6$ und $N+6$.
- III. Bei der additiven Mischung zweier Vollfarben N_1 und N_2 im Verhältnis $p_1:p_2$ ⁶ entsteht eine Farbe mit Farbtonnummer

$$\frac{p_1 N_1 + p_2 N_2}{p_1 + p_2}$$

(Prinzip der inneren Symmetrie nach OSTWALD⁷).

¹ M. RICHTER, Grundriß der Farbenlehre der Gegenwart, S. 110, Dresden 1940.

² M. RICHTER, Z. techn. Physik 12, 582 (1931).

³ Das Licht, 12, 137 (1942). Neuentwurf zum Normalblatt DIN 5033: Farbmessung.

⁴ Unter Optimalfarben versteht man Körperfarben, deren Remissionskurven nur die Werte 1 und 0 annehmen und höchstens zwei Sprungstellen zeigen. Vollfarben sind Optimalfarben mit zwei Sprungstellen, deren Wellenlängen Kompensationsfarben (Komplementärfarben, Gegenfarben) darstellen. Ist zu einer Wellenlänge λ keine monochromatische Gegenfarbe vorhanden, dann bildet das Spektrumende die andere Begrenzung. Siehe für die besonderen Eigenschaften dieser zwei Arten Körperfarben SCHRÖDINGER⁸ und LUTHER⁹.

⁵ M. RICHTER, Licht 13, 12 (1948).

⁶ Man bedenke, daß — bei gegebener Beleuchtung — das Leuchtdichtevehrhältnis $B_1:B_2$ zweier Vollfarben eindeutig festliegt. Additive Mischung im Verhältnis $p_1:p_2$ bedeutet daher: eine Mischung mit Leuchtdichtevehrhältnis $p_1 B_1:p_2 B_2$.

⁷ Diese Mischfarbe ist keine Vollfarbe; sie bekommt aber die gleiche Farbtonnummer wie die entsprechende farbtongleiche Vollfarbe (Eindeutigkeit zwischen N und λ).

⁸ E. SCHRÖDINGER, Ann. Physik. 62, 603 (1920).

⁹ R. LUTHER, Z. techn. Physik 8, 540 (1927).

Für Liebhaber der Axiomatik bildet das System (I, II, III) ein lehrreiches Beispiel, weil es alle Fehler enthält, die man beim Aufstellen eines Axiomensystems machen kann!

Erstens soll jedes der Axiome in sich widerspruchsfrei sein. Bei genauer Betrachtung zeigen aber sowohl II als III innere Widersprüche.

Zweitens sollen zwei Axiome einander nicht widersprechen. Beschränkt man aber II und III so weit, daß die inneren Widersprüche verschwinden, dann bleibt II noch im Widerspruch zu III.

Drittens soll kein Axiom eine Abhängigkeit von anderen Axiomen zeigen. Beschränkt man aber III im obenerwähnten Sinne, dann bleibt immerhin I noch abhängig von III. Die Richtigkeit dieser drei Behauptungen wird in Abschnitt 4 bestätigt werden.

RICHTER¹ verwendet bei der Herstellung einer Einteilung erst I, dann II und schließlich III. Man kann also nicht sagen, daß die Einteilung auf logisch einwandfreie Weise entstanden ist.

Wie muß man das System (I, II, III) abändern, damit ein «anständiges» System (das heißt ein widerspruchsfreies System, in dem keiner der Grundsätze entbehrlich ist) entsteht?

Zunächst kann man I streichen.

Grundsatz III muß eingeschränkt werden. Die Beschränkung auf $p_1:p_2=1$ genügt noch nicht, um die Widersprüche auszumerzen. Dies erreicht man nur dadurch, auch dem Wert $N_1 - N_2$ eine Beschränkung aufzulegen. Erinnert man sich an den Zweck des Systems, dann sieht man, daß die einfachste Annahme ist: $(N_1 - N_2) = 2$. Dann vereinfacht sich III zu:

IIIa: Bei additiver Mischung zweier Vollfarben N und $N+2$ im Verhältnis 1:1 ergibt sich eine Farbe mit Farbtonnummer $N+1$ (N ist eine beliebige ganze Zahl).

Wegen des vorher (unter «Zweitens») Gesagten, ist man gezwungen, auch II völlig zu streichen, womit das ganze System (I, II, III) zu der einfachsten Fassung IIIa des OSTWALDSchen Prinzips der inneren Symmetrie reduziert ist.

In dem nächsten Abschnitt werden wir zeigen, daß IIIa genügt, um das Problem vollständig eindeutig und widerspruchsfrei zu lösen.

3. Berechnung der Einteilung mit Grundsatz IIIa

Um die Vergleichung mit den RICHTERSchen Resultaten zu erleichtern, haben wir unsere ursprüngliche Berechnung wiederholt mit den folgenden unwesentlichen Änderungen:

a) Einteilung in 24 Stufen statt in 100 Stufen.

b) Die Berechnung würde sowohl für die deutsche Normalbeleuchtung E als für die internationale Normalbeleuchtung B durchgeführt.

¹ M. RICHTER, Licht 13, 12 (1943).

c) Der willkürlich zu wählende Anfangspunkt ($N=1$) wurde in Übereinstimmung mit der alten Einteilung gebracht.

Um nun mittels IIIa die Einteilung zu berechnen, wählt man zunächst den ersten Schritt – das heißt das Intervall zwischen den Vollfarben $N=1$ und $N=2$ – auf geeignete Weise. Als erste Annäherung haben wir (für die Berechnung mit Beleuchtung E) hierfür den analogen Wert aus der RICHTERSchen Berechnung genommen (das heißt für $N=1$ und $N=2$ die farbtongleichen Wellenlängen $\lambda_f=573,20$ und $\lambda_f=576,06 \text{ m}\mu$). Jetzt lassen sich für $N=3, 4, 5, \dots$ die Werte λ_1 und λ_2 (Sprungstellen in den Remissionskurven), $\bar{X} \bar{Y} \bar{Z}$ (Normalreizbeträge der Vollfarben) und λ_f (farbtongleiche Wellenlänge) eindeutig berechnen. Die additive Mischung der ersten und dritten Vollfarbe hat nämlich die Normalreizbeträge $\bar{X}_1 + \bar{X}_3$, $\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3$ und $\bar{Z}_1 + \bar{Z}_3$; dann lassen sich durch Probieren die Werte $\bar{X}_3 \bar{Y}_3$ und \bar{Z}_3 eindeutig derart bestimmen, daß die Mischfarbe den gleichen Farbton erhält wie die zweite Vollfarbe (das heißt 576,06 $\text{m}\mu$). Nach einiger Übung gelingt es, im Mittel nach 2–3 vergeblichen Versuchen die Werte so genau festzulegen, daß die farbtongleiche Wellenlänge der Mischfarbe der Vollfarben N und $N+2$ nicht mehr als 0,02 Å von $(\lambda_f)_{N+1}$ abweicht¹.

Hat man in dieser Weise $(\lambda_f)_3, (\lambda_f)_4, \dots, (\lambda_f)_{13}$ bestimmt, dann kann man beurteilen, ob der erste Schritt richtig gewählt war. Es soll nämlich Vollfarbe 13 die Gegenfarbe der Vollfarbe 1 darstellen: der erste Schritt ist nur dann richtig, wenn man nach 12 Schritten genau die Gegenfarbe des Anfangspunktes erreicht. Dies war bei unserer ersten Annäherung (bei Beleuchtung E) überhaupt nicht der Fall: erst nach 17,2 Schritte war die Gegenfarbe erreicht. Der erste Schritt der RICHTERSchen Einteilung soll daher um rund 44% vergrößert werden, damit er mit IIIa in Einklang stehe. Wiederholung der Berechnung mit dem entsprechend vergrößerten Wert von $(\lambda_f)_2 - (\lambda_f)_1$ liefert schon eine weit bessere Annäherung (12,06 statt 17,2 Schritte). Schließlich lieferte eine lineare Interpolation zwischen dieser zweiten und einer dritten Annäherung ein vollkommen befriedigendes Resultat.

In Tabelle 1 sind alle Resultate zusammengestellt, und zwar:

- Die von RICHTER berechneten Zahlen (alte Einteilung) für Beleuchtung E.
- Die neu berechneten Zahlen für Beleuchtung E.
- Die Resultate einer analogen Berechnung für Beleuchtung B.

Für jede Vollfarbe ist λ_1 , λ_2 und λ_f angegeben.

Ist $\lambda_1 < \lambda_2$ so bedeutet dies, daß die Pigmentfarbe zwischen λ_1 und λ_2 das Licht vollkommen reflektiert (Mittelpigment); $\lambda_1 > \lambda_2$ bedeutet, daß sie nur die

¹ Diese zunächst lächerlich erscheinende Genauigkeit beugt der bei dieser Methode bestehenden Gefahr von allmählicher Anhäufung vieler kleiner Fehler vor.

Wellenlängen $> \lambda_1$ und die Wellenlängen $< \lambda_2$ reflektiert (Mittelfehlpigment).

Das Minuszeichen bei λ_f bedeutet, daß der Farbpunkt der Normalbeleuchtung (Weißpunkt) zwischen Vollfarbe und Spektralfarbe liegt, während in den anderen Fällen die Vollfarbe zwischen Weißpunkt und Spektralfarbe liegt. Die Purpurfarben besitzen nur eine negative Wellenlänge λ_f .

Als Beginn und Ende des sichtbaren Spektrums sind die üblichen Werte 380 und 780 $\text{m}\mu$ angenommen.

4. Nähere Betrachtung der Resultate und der Behauptungen von Abschnitt 2

Der Unterschied zwischen den Einteilungen A und B (Tabelle 1) ist erheblich. Wir sahen schon, daß der erste Schritt der alten Einteilung um rund 44% vergrößert werden mußte. Weiter korrespondiert zum Beispiel mit $N=8$ (alte Einteilung: A) die Vollfarbe $N=6,65$ (neue Einteilung: B). Wir brauchen unsere Berechnung nur bis $N=13$ durchzuführen. Um zum Beispiel die Data für $N=18$ zu erhalten, brauchen wir nur die Gegenfarbe von $N=6$ zu nehmen, deren Absorptionsgebiet genau mit dem Remissionsgebiet von $N=6$ zusammenfällt (und umgekehrt); λ_1 und λ_2 finden wir also durch Verwechslung, λ_f durch Zeichenumkehrung aus dem entsprechenden Werte für $N=6$. Um uns zu überzeugen, daß auf diese einfache Weise die richtige Einteilung des Gebietes $N=13-24$ entsteht, müssen wir zeigen, daß diese Einteilung der Forderung IIIa genügt. Man sieht aber sofort, daß das Gemisch der Vollfarben $N=17$ und $N=19$ die Gegenfarbe vom Gemisch der Farben $N=5$ und $N=7$ darstellt. Da die zweite Mischfarbe die farbtongleiche Wellenlänge $(\lambda_f)_6$ besitzt, hat also die erste Mischfarbe die farbtongleiche Wellenlänge $-(\lambda_f)_6 = (\lambda_f)_{18}$. Hieraus geht hervor, daß auch im Gebiet 13–24 der Grundsatz IIIa gilt. Gleichzeitig ist hiermit gezeigt, daß der Satz I automatisch gilt, also von IIIa abhängig ist.

Daß II nicht gilt, zeigen folgende Beispiele: Einteilung A: für $N=8$ ist $\lambda_1=571,0$ und $\lambda_2=448,1$. Nach II sollten daher 571,0 und 448,1 die Wellenlängen $(\lambda_f)_9$ und $(\lambda_f)_{14}$ darstellen. Nach Tabelle 1 korrespondieren aber mit $\lambda_f=571,0$ und $448,1$ die Vollfarben $N=0,3$ und $N=12,5$. Einteilung B: die entsprechenden Zahlen sind hier: $\lambda_1=573,52$; $\lambda_2=465,95$; $N=1,1$ und $13,1$ statt 2 und 14.

Merkwürdigerweise finden wir hier die größten Abweichungen bei Einteilung A (wofür II mitverwendet ist!).

Daß II auch an und für sich widerspruchsvoll ist, zeigt das nächste Beispiel:

Für $N=1$ ist $\lambda_f=573,2$ und $\lambda_1=493,9$; laut II würde folgen: $(\lambda_f)_{19}=493,9$ und daher $(\lambda_1)_{19}=438,3$ und $(\lambda_2)_{19}=570,3$. Würde man jetzt II mit $N=19$ anwenden, dann würde man finden $(\lambda_f)_1=570,3$, im Widerspruch mit unserem Ausgangspunkt.

Tabelle 1

	A. RICHTER (Beleuchtung E)				B. BOUMA (Beleuchtung E)				C. BOUMA (Beleuchtung B)			
	λ_1	λ_2	λ_f	λ_f	λ_1	λ_2	λ_f	λ_f	λ_1	λ_2	λ_f	λ_f
1	493,9	780,0	573,2	-464,7	493,89	780,00	573,20	-464,47	495,48	780,00	573,92	-466,21
2	512,7	780,0	576,0	-473,2	518,61	780,00	577,35	-475,86	519,67	780,00	578,06	-476,81
3	527,1	780,0	579,5	-479,1	534,81	780,00	581,98	-481,58	535,48	780,00	582,66	-483,32
4	542,3	780,0	584,3	-483,4	550,27	780,00	587,96	-485,75	550,79	780,00	588,60	-487,45
5	557,2	780,0	591,2	-487,3	569,73	403,89	598,10	-489,54	570,62	383,80	598,64	-491,18
6	570,0	425,5	603,5	-490,0	570,40	438,21	-	-494,03	571,26	438,94	-	-495,60
7	570,3	438,3	700,0	-493,0	571,42	452,04	-	-501,04	572,19	453,19	-	-502,52
8	571,0	448,1	-	-498,6	573,53	465,95	-	-514,97	574,15	467,26	-	-515,92
9	573,2	464,5	-	-512,8	581,18	480,82	-	-539,18	581,80	482,50	-	-540,59
10	590,8	487,0	-	-550,5	596,16	489,02	-	-554,44	596,86	490,71	-	-555,23
11	615,9	492,2	-	-564,4	611,73	491,89	-	-562,80	612,31	493,51	-	-563,56
12	637,0	493,4	431,0	-570,1	629,94	493,12	-	-568,64	630,38	494,72	-	-569,39
13	380,0	493,9	464,7	-573,2	380,00	493,89	464,47	-573,20	380,00	495,48	466,21	-573,92
14	380,0	512,7	473,2	-576,0	380,00	518,61	475,89	-577,35	380,00	519,67	476,81	-578,06
15	380,0	527,1	479,1	-595,5	380,00	534,81	481,58	-581,98	380,00	535,48	483,32	-582,66
16	380,0	542,3	483,4	-584,3	380,00	558,27	485,75	-587,96	380,00	560,79	487,45	-588,60
17	380,0	567,2	487,3	-591,2	403,89	569,73	489,54	-598,10	383,80	570,62	491,18	-598,64
18	425,5	570,0	490,0	-603,5	438,21	570,40	494,03	-	438,94	571,26	495,60	-
19	438,3	570,3	493,9	-700,0	452,04	571,42	501,04	-	453,19	572,19	502,52	-
20	448,1	571,0	498,6	-	465,95	573,52	514,97	-	467,26	574,15	515,92	-
21	464,5	573,2	512,8	-	480,82	581,18	539,18	-	482,58	581,80	540,59	-
22	487,0	590,6	550,5	-	489,02	596,16	554,44	-	490,71	596,86	555,23	-
23	492,2	605,9	564,4	-	491,89	611,73	562,80	-	493,51	612,31	563,56	-
24	493,4	637,0	570,1	-431,0	493,12	629,94	568,64	-	494,72	630,38	569,39	-

Daß III auch bei der Beschränkung $\rho:q=1$ noch widerspruchsvoll ist, geht aus dem folgenden Beispiel hervor: Die Mischfarbe der Vollfarben $N=4$ und $N=12$ (Einteilung B) hat ein $\lambda=-509,24$. Laut III sollte sie eine farbtongleiche Wellenlänge $(\lambda_f)_s=-514,97$ haben. Hiermit haben wir alle Behauptungen von Abschnitt 2 bestätigt.

Welchen mathematischen Bedingungen sollten die Normalreizbeträge $\bar{X} \bar{Y} \bar{Z}$ der Optimalfarben (als Funktionen der stetig veränderlichen Farbtonnummer N) genügen, damit das Prinzip der inneren Symmetrie (III) unbeschränkt durchführbar wäre? Setzt man: $2\bar{X}_N - \bar{Y}_N - \bar{Z}_N = \varepsilon(N)$ und $-\bar{X}_N + 2\bar{Y}_N - \bar{Z}_N = \eta(N)$, dann lauten die Bedingungen: $\varepsilon\eta^{(n)} - \eta\varepsilon^{(n)} = 0 \dots (1)$ ($n=2, 3, 4, \dots$; die n -malige Differentiation geschieht nach N). Neben der trivialen Lösung $\varepsilon/\eta = \text{Konstante}$ (die bedeuten würde, daß alle Vollfarben den gleichen Farbton hätten), sehen wir sofort einen anderen Sonderfall, nämlich den Fall, daß ε und η lineare Funktionen von N sind. Dies würde bedeuten, daß im Farbenraum alle Vollfarben in einer Ebene (die mit der Geraden $\bar{X} = \bar{Y} = \bar{Z}$ parallel läuft) liegen. Man kann beweisen, daß diese zwei Sonderfälle die einzigen Lösungen des Systems (1) darstellen. Da in Wirklichkeit die Vollfarben weder farbtongleich sind noch in einer derartigen Ebene liegen, kann das Prinzip der inneren Symmetrie unmöglich allgemein erfüllt werden.

Beschränkt man III auf $\rho_1:\rho_2=1$, dann braucht (1)

nur für $n=2, 4, 6, \dots$ erfüllt zu sein, und es entstehen neue Möglichkeiten: die Vollfarben sollten auf einem elliptischen oder hyperbolischen Zylinder liegen, mit $\bar{X} = \bar{Y} = \bar{Z}$ als Achse.

5. Praktische Erwägungen

Die Einteilungen B und C sind logischer fundiert als die alte Einteilung A. Wollen wir aber eine Auswahl treffen, so haben wir auch mit praktischen Erwägungen zu rechnen. Der Zweck der Bemühungen LUTHERS und RICHTERS war schließlich: die OSTWALDSCHE «Systematisierung» als Sonderfall der allgemeinen modernen Farbenlehre (die allerdings 50 Jahre älter ist als die OSTWALDSCHE!) darzustellen, damit die Resultate von Farbvergleichungen und kolorimetrischen Versuchen, mit dem weitverbreiteten OSTWALDSCHEN Farbenatlas erhalten, im trichromatischen System ausgedrückt werden können, und dadurch an praktischer und theoretischer Bedeutung gewinnen würden. Drei Wege stehen offen, um dieses Ziel zu erreichen:

Erstens kann man versuchen, die verschwommenen OSTWALDSCHEN Grundbegriffe durch logische, einfache und eindeutige Definitionen in der Sprache der trichromatischen Farbenlehre festzulegen, und zwar derart, daß ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den OSTWALDSCHEN Kennzahlen und den übrigen reizmetrischen Größen entsteht. Es ist aber sehr fraglich,

ob man in dieser Weise ein System aufbauen kann, das in Einklang steht mit der bestehenden Einteilung der Farben in dem OSTWALDSchen Farbenatlas. Vergleicht man zum Beispiel die in Tabelle 1 gegebenen Einteilungen mit den mittleren gemessenen λ -Werten für die OSTWALDSchen Täfelchen¹, dann findet man Unterschiede bis $\Delta N = 1,3$ (Einteilung A), $\Delta N = 2,0$ (B) und $\Delta N = 2,3$ (C). Durch Verschiebung des Anfangspunktes ($N = 1$) lassen sich die Werte für die Einteilungen B und C allerdings auf $\Delta N = 1,3$ und $\Delta N = 1,4$ zurückbringen, aber diese Beträge sind noch reichlich hoch: auf den 100teiligen Kreis bezogen bedeuten diese Unterschiede etwa sechs Farbtonnummern!

Zweitens könnte man die Begriffe möglichst logisch begründen, zum Beispiel Weiß-, Schwarz- und Farbgehalt nach den RICHTERSchen Formeln, Farbtonnummer nach Einteilung C und etwaige neue Auflagen des Farbenatlas mit dem neuen System in Übereinstimmung bringen. Diese Lösung würde in der Zukunft einen ganz befriedigenden Zustand schaffen, aber den Besitzern der alten Auflagen würden in dieser Weise nicht geholfen sein.

¹ M. RICHTER, Licht 13, 12 (1943).

Der dritte – und meines Erachtens der beste – Weg ist: völlig auf eine theoretische Begründung des Systems zu verzichten, die trichromatischen Kennzahlen der bestehenden Auflagen experimentell zu bestimmen und für einige wichtige Beleuchtungssorten zu publizieren und in zukünftigen Auflagen diese Zahlen auf den einzelnen Täfelchen neben den OSTWALDSchen Zahlen anzugeben.

Ähnliche Betrachtungen gelten natürlich auch für andere Farbsammlungen (MUNZELL, RIDGWAY usw.¹).

Summary

The foundations of the division of the colour circle according to OSTWALD and RICHTER² are subject to contradictions. A new division is calculated, based upon a limited formulation of the principle of inner symmetry. Finally different possibilities of connecting the OSTWALD numbers and the trichromatic coordinates are discussed.

¹ Neuere amerikanische Literatur: M. E. BOND und DOROTHY NICKERSON, J. opt. Soc. Am. 32, 109 (1942). Color order Systems, MUNSELL and OSTWALD. — D. B. JUDD, J. opt. Soc. Am. 34, 353 (1944). Symposium on Ostwald Color System. — C. E. FOSS, DOROTHY NICKERSON, W. C. GRANVILLE, J. opt. Soc. Am. 34, 381 (1944). Analysis of the Ostwald Color System. — W. C. GRANVILLE and E. JACOBSON, J. opt. Soc. Am. 34, 396 (1944). Colorimetric Specification of the Color Harmony Manual from spectrophotometric measurements.

² M. RICHTER, Licht 13, 12 (1943).

Vorläufige Mitteilungen - Communications provisoires Comunicazioni provvisorie - Preliminary reports

Für die vorläufigen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. — Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. — Per i comunicati provvisori è responsabile solo l'autore. — The Editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Mechanische Festigkeit als Elektroneneffekt

Die vorliegende Mitteilung bezieht einen Beitrag zu liefern zu dem wichtigen, aber noch ungelösten Problem des theoretischen Verständnisses der mechanischen Festigkeitseigenschaften der Metalle¹. Wir gehen dazu von den Erscheinungen an Metalllegierungen aus. Es ist seit langem bekannt, 1. daß die Härte eines Metalls bei Zumischung eines zweiten gewöhnlich zunimmt, 2. daß intermetallische Phasen besonders hart, ja spröde sind. Tatsache 1 wurde früher durch Aufrauhung der Gleitebenen infolge Einbaus zu großer oder zu kleiner Bausteine erklärt, Tatsache 2 entweder durch regelmäßige Verzahnung der Netzebenen infolge regelmäßiger Atomverteilung oder durch echte chemische Bindungen zwischen den Atomen benachbarter Netz(gleit)ebenen. Es ist einerseits unbefriedigend, daß die Härte von Mischkristallen auf dem entgegengesetzten Prinzip beruhen sollte als die von intermetallischen Phasen, andererseits sind heute zahl-

lose intermetallische Phasen mit statistischer Atomverteilung bekannt, die teilweise auch, wie die HUME-ROTHERY-Phasen, ausschließlich durch das Elektronengas zusammengehalten werden. Deshalb wird in der Buchliteratur über Festigkeitslehre¹ das Problem noch als ungelöst betrachtet.

Wir haben nun im unterzeichneten Laboratorium in den letzten Jahren systematische Untersuchungen über das *katalytische* Verhalten von HUME-ROTHERY-Legierungen² bei der Ameisensäuredehydrierung angestellt^{3,4}. Wir fanden dabei durchgängig einen Anstieg

¹ R. GLOCKER, Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, Berlin 1936. — U. DEHLINGER, Chemische Physik der Metalle, Leipzig 1939. — F. HALLA, Kristallchemie und Kristallphysik metallischer Werkstoffe, Leipzig 1939. — A. KOCHENDÖRFER, Plastische Eigenschaften von Kristallen und metallischen Werkstoffen, Berlin 1941.

² W. HUME-ROTHERY, The structure of metals and alloys, London 1936.

³ G.-M. SCHWAB und G. HOLZ, Z. anorg. Chem. 252, 205 (1944); Naturw. 31, 345 (1943).

⁴ G.-M. SCHWAB und A. KARATZAS, Z. Elektroch. 50, 204 (1944); Trans. Far. Soc. 1948 (im Druck).

¹ Siehe z. B. N. F. MORR und H. JONES, The theory of the properties of metals and alloys, Oxford 1936.