

Zwei weitere Abhandlungen

aus dem

Gebiete der Optik.

1. Über die Anzahl der möglichen Gesichtswahrnehmungen.
2. Versuch einer systematischen Classification der Farben.



Von

Christian Doppler,

k. k. wirklichem Bergrath und Professor der Physik und Mechanik, ordentlichem Mitgliede der königlich böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften.

Mit 2 lithographirten Tafeln.

ALPHABETISCHES VERZEICHNISS

der in der k. k. Hof- und Staatsdruckerei
veröffentlichten Werke

von
Gottlieb Haase Sohn

in Wien, bei der k. k. Hof- und Staatsdruckerei

Über die Anzahl der möglichen Gesichtswahrnehmungen.

(Ein Beitrag zur Lehre vom Sehen.)



1. Man hat dem Himmel seine Sterne nachgezählt und der Erde ihre Bewohner! Man hat es versucht, unter verschiedenen Voraussetzungen die ewig unzugänglichen Grenzen unserer Atmosphäre zu bestimmen; und die Erforschung des Alters unsers Erdballs und der vorgeschichtlichen Vorgänge auf demselben ist, wo nicht zum einzigen, doch gewiss zum vorzüglichsten Gegenstand einer eigenen Wissenschaft, der Geognosie erhoben worden! — Ob sie in ihrem Innern hohl sei, unsere Erde, oder mit Materie erfüllt, und wie viel sie überhaupt wiege? — man hat es zu ermitteln gesucht und bis zu einem gewissen Grad von Genauigkeit auch wirklich festgestellt! — Ja noch mehr, selbst an den physischen Vorgängen des menschlichen Lebens hat sich der Scharfsinn mit Glück versucht, und es gibt eine Wissenschaft, sie heisst Mathematik, die es auf sich nimmt, die Zahl der Lebensstage einzelner Menschen, wenn auch nicht mit absoluter Gewissheit, denn diess vermag nur Der, der Alles weiss, — wohl aber nach den Probabilitätsprincipien mit einer erdrückenden Überwucht von Wahrscheinlichkeit zu bestimmen. Sie thut dieses, indem sie zeigt, dass dort, wo tausend und abermals tausend zufällige und constante Kräfte, deren Wirkungsweisen einzeln genommen uns durchaus unbekannt sind, zur Hervorbringung irgend einer Erscheinung zusammenwirken, bei einer geregelten und gruppenweisen Zusammenfassung derselben die bloss zufälligen hinausfallen, die anderen aber sich Gesetzen unterordnen, die ebenso allgemein gültig sind, wie die Prämissen selbst, aus denen sie hervorgingen? — Fürwehr, ebenso viele nutzlose, wo nicht gar thörichte Unternehmungen in den Augen der ungebildeten Menge, wie verdienstliche und lobenswerthe Leistungen vor dem Richterstuhle wahrer Wissenschaftlichkeit! —

2. Tadel wird daher den wohl nicht treffen, der es versucht, die möglichst grösste Anzahl der unmittelbaren Sinneswahrnehmungen zu bestimmen, die der Mensch durch das Organ des Gesichts, des Gehörs, durch jenes des Geruchs, Geschmackes und Gefühls zu machen befähigt ist; oder vielmehr eine möglichst genaue Grenze, die jene Zahl in keinem Falle überschreiten kann, zu erforschen. — Für so ganz unwichtig und nutzlos wird man eine solche Untersuchung wohl auch nicht halten wollen! Sind doch die fünf Sinne des Menschen die alleinigen Pforten, durch welche unserer Seele der überschwenglich reiche Vorrath der unmittelbaren Vorstellungen zugeführt wird, und durch die sie selbst wiederum mit der Aussenwelt in einen steten und lebhaften Verkehr tritt. Dass der geistige Bildungszustand der Menschen auf das Genaueste mit dem geringeren oder höheren

Grade der Vollkommenheit ihrer Sinnesorgane zusammenhänge und von letzteren sichtlich dependire, wird man nicht bloss für eine Meinung des Verfassers halten. Aber auch die Befähigung für und zu gewissen Beschäftigungen des bürgerlichen Lebens, die sogenannte Anlage zu dieser und jener der verschiedenen technischen Fertigkeiten und Künste, das sicher prüfende und forschende Auge, das fein unterscheidende Gehör, und der alle übrigen Sinne unterstützende und vicarirende Tastsinn, — sind nicht sie alle durch eine zweckmässig geleitete Übung einer bedeutenden Vervollkommnung fähig? — Man hat bisher geglaubt, Alles gethan zu haben, wenn man die Scharfsichtigkeit und Brauchbarkeit des Auges nach dem kleinsten Gesichtswinkel, unter welchem es noch Gegenstände wahrzunehmen vermag, so wie nach der Empfänglichkeit für die verschiedenen Farbabstufungen abschätzte. Man gesteht es gleichsam stillschweigend zu, dass diess auch der rechte Massstab sei, nach welchem der ganze Gewinn oder der ganze Nachtheil bemessen und beurtheilt werden müsse, welcher aus mehr oder minder vollkommenen und gesunden Sinnesorganen für den Zustand der geistigen Bildung, für die Brauchbarkeit und Befähigung zu den verschiedensten industriellen Arbeiten und für das Kunstleben ihrer Besitzer hervorgeht. Diejenigen der verehrlichen Leser, welche dieser Abhandlung ihre Aufmerksamkeit schenken, werden es verzeihlich finden, dass sich der Verfasser zu dieser Ansicht durchaus nicht bekennen kann. — Endlich hat man, auf ein ganz unbestimmtes Gefühl gestützt, die verschiedenen Sinne in edlere und minder edle getheilt, ohne den Rang, den man ihnen anwies, nur im Geringsten durch Gründe zu rechtfertigen. Hätten wir aber für die verschiedenen Sinne die grösstmögliche Anzahl der Wahrnehmungen gefunden und in Formeln ausgedrückt, so würden sich diese und ähnliche Fragen mit eben so vieler Leichtigkeit als Bestimmtheit beantworten lassen. — Hierzu nun einen Beitrag zu liefern, ist der eigentliche Zweck dieser Abhandlung.

3. Um Anderes Andern zu überlassen, will ich mich für diessmal bloss in der Beantwortung der Frage versuchen: »wie viele in Form, Farbe und Grösse von einander verschiedene und für ein bestimmtes oder für das menschliche Auge überhaupt noch unterscheidbare Bilder sich höchstens erkennen lassen?« oder mit andern Worten, »wie gross die Mannigfaltigkeit der Gesichtswahrnehmungen überhaupt ist, deren ein bestimmter Mensch oder die Menschen im Allgemeinen fähig sind?« — Bevor ich jedoch auf die eigentliche Untersuchung dieses Gegenstandes übergehe, muss ich noch ausdrücklich bemerken, dass die Frage, wie viele verschiedenartige gegenständliche Bilder es an sich selbst gibt, oder geben könne, von der, wie viele ihrer höchstens gesehen und wahrgenommen werden können, völlig unabhängig ist, indem die erstere von der Menge der vorhandenen Atome abhängt, die letztere dagegen lediglich durch die besondere Beschaffenheit des menschlichen Auges bedingt wird. Es könnte gar wohl sein, dass es jener objectiven oder gegenständlichen Bilder selbst mehr gäbe, als das menschliche Auge noch zu unterscheiden vermöchte, und es kann auch das Gegentheil sein. In unserer Erfahrungswelt darf man indess beides zugleich annehmen, dass es nämlich Objecte gibt, die das unbewaffnete menschliche Auge nimmermehr wird wahrnehmen können, anderseits aber auch, dass letzteres noch für Bilder empfänglich ist, für die sich entsprechende wirkliche Gegenstände nirgends vorfinden. Jenes

ist daher die objective, dieses die subjective Seite der Untersuchung. Wir haben es hier natürlich nur mit der letzteren zu thun. —

4. Wie unendlich verschieden auch die Gesichtsschärfe bei den einzelnen Menschen vorausgesetzt werden muss, wie einflussreich sich dabei unstreitig, selbst bei einer und derselben Person, der Grad der Beleuchtung, die Art der Umgebung, vorausgegangene Gesichtsanstrengungen, der Zustand des Gemüthes, das körperliche Wohlbefinden, kurz die verschiedensten Nebenumstände auch zeigen mögen, — so darf doch als gewiss angenommen werden, dass selbst das schärfste Auge unter den allergünstigsten Umständen unbewaffnet keinen Gegenstand, der weder selbst leuchtet, noch als eigentlicher Spiegel wirkt, unter einem Gesichtswinkel von weniger als 8 Raumsecunden oder was ungefähr dasselbe ist, in einem Abstände von 10 Zollen eine Ausdehnung von etwa $\frac{1}{20}$ eines Duodecimalpunctes noch wahrzunehmen vermögen wird. *Plateau* sah bekanntlich Weiss auf Schwarz bei starkem Sonnenschein erst unter einem Gesichtswinkel von 12 Secunden und die übrigen Farben so wie Schwarz auf Weiss erst bei bedeutend grösseren Winkeln. Ich selbst habe durch eine Reihe von Jahren mit meinen Schülern collegienweise Versuche über diesen Gegenstand mit gehöriger Sorgfalt angestellt und unter einer Anzahl von nahe achthundert Individuen (von einem Alter zwischen 15—24 Jahren) auch nicht einen einzigen gefunden, der Schwarz auf Weiss unter einem kleineren Winkel als jenem von 40 Secunden noch wahrzunehmen vermocht hätte. Die meisten erblickten dasselbe zuerst bei einem Winkel von nahe 50 Secunden, ja mehrere derselben erst bei einer Minute. Nur notorisch Kurzsichtige bedurften hiezu eines noch grösseren Winkels. — Was die untere Grenze der Gesichtsschärfe anbelangt, so ist ihre Bestimmung freilich noch unsicherer und schwieriger. Doch darf man wohl auch hier, wenn man einzelne frappante Ausnahmefälle in Abschlag bringt, annehmen, dass selbst sehr schwache und kurzsichtige Augen unter den ungünstigsten gewöhnlichen Umständen Gegenstände unter einem Gesichtswinkel von 10 Minuten noch wahrzunehmen, oder was auf dasselbe hinausläuft, eine Ausdehnung von etwa $\frac{1}{3}$ wien. Linien in der besten Sehweite mit einiger Anstrengung noch zu sehen vermögen werden. — Für den grössten Theil der Menschen und unter den gewöhnlichen Umständen wird man sich also bei Annahme eines mittleren Gesichtswinkels von 50 Secunden der Wahrheit am meisten nähern.

5. Eine unstreitig noch viel grössere Verschiedenheit und Mannigfaltigkeit in den menschlichen Gesichtswahrnehmungen gründet sich auf die individuelle Empfindlichkeit des Auges für die verschiedenen Farbeindrücke nach ihren graduellen Abstufungen und Nuancierungen. Es ist fürwahr merkwürdig genug, um hier bemerkt zu werden, dass man noch vor wenigen Jahren in diesem Zweige des physicalischen Wissens einer so augenscheinlich unrichtigen Schätzung sich hingeben konnte, die Anzahl aller noch unterscheidbaren Farben und Farbabstufungen nach *Tobias Mayer* nur auf 819 anzusetzen, während doch schon Jahrhunderte früher die florentinischen und römischen Mosaikarbeiter, durch das Bedürfniss ihrer Arbeiten geleitet, diese Anzahl auf nicht weniger als 30,000 gebracht hatten. So gross war nämlich der Vorrath des Farbenregisters, welches sie ihren ausgezeichnetsten bewunderungswürdigen Meisterwerken zu Grunde legten. — Wir glauben daher jedenfalls der Wahr-

heit um vieles näher zu kommen, wenn wir mit *Herschel* d. J. annehmen, dass man von jeder der drei Hauptfarben, Blau, Gelb und Roth, unter den günstigsten Umständen 100 Abstufungen zu unterscheiden vermöge. Aus diesen Hauptfarben können nun alle denkbaren Farbnuancen, Schwarz, Weiss und die verschiedenen Abstufungen von Grau miteingerechnet zusammengesetzt betrachtet werden *), und es ergibt sich demnach für sie und alle noch merkbaren Mischfarben die Anzahl: $100 \times 100 \times 100 = 1000000$ oder eine Million. — Der Verfasser dieses Aufsatzes hegt die Hoffnung, den Lesern ehestens einen Apparat zur Beurtheilung vorzulegen, wodurch Schätzungen dieser Art mit Berücksichtigung aller Umstände eine sichere Grundlage gegeben werden soll!

6. Man wird es gewiss für völlig erlaubt und zulässig halten, sich alle für das menschliche Auge noch wahrnehmbaren Figuren und farbigen Bilder aus ungemein kleinen, etwa quadratförmigen, Theilchen zusammengesetzt vorzustellen, deren jedes einzelne für sich, selbst unter den günstigsten Umständen kaum mehr oder nur eben noch sichtbar ist, und von denen erst mehrere zusammen, d. h. einzelne Gruppen derselben, auf das Auge einen hinreichend starken Eindruck hervorbringen, um ein Bewusstwerden derselben bei einem Beobachter zu bedingen. Denn wollte man auch einwenden, dass es zuweilen wünschenswerth, ja selbst nothwendig erscheinen müsse, den einzelnen farbigen Elementen eine andere Stellung anzuweisen, als es ihnen durch die gleichsam aufgedrungene Quadrat-Eintheilung möglich werde, oder dass die sanften und allmäligen Linien- und Farbübergänge auf diese Weise kaum dargestellt werden könnten: so lässt sich füglich darauf erwidern, dass es sich diessfalls nur um ein Etwas handle, welches nach Obigem höchstens nur einem Bruchtheile von $\frac{1}{400}$ eines Duodecimalquadratpunctes gleichzusetzen ist. Da nun aber selbst ein solcher ganzer Quadrattheil, wie Versuche zeigen, unserer Wahrnehmung völlig entgeht: so ergibt sich zur Genüge, dass jeder für das menschliche Auge noch wahrnehmbare Punct bei der angenommenen Kleinheit der Elemente mit einem der vorgedachten Quadrate für die Wahrnehmung zusammenfalle und somit immerhin durch ein solches vorgestellt werden könne. — Betrachtet man, um sich hievon noch mehr zu überzeugen, eine mit Fleiss und im Grossen ausgeführte farbige Mosaik, deren quadratförmige Elemente beiläufig $\frac{1}{3}$ Linie Seitenlänge haben, mittelst einer etwa zehnmal verkleinernden Hohllinse, so erscheinen die abgebildeten Gegenstände schon mit ungemein vieler Nettigkeit und mit sehr bestimmten Contouren und Farbübergängen, und lassen nur mit einiger Mühe und vielleicht nur hie und da ihre Aggregatform mehr vermuthen als erkennen. Und gleichwohl sind hiebei die Elemente noch immer so gross angenommen, dass erst 20 derjenigen, die wir den gegenwärtigen Untersuchungen zu Grunde legen, in eine Gruppe vereinigt einem derartigen Quadrate gleichkommen. — Es ist im höchsten Grade überraschend, und verdient hier vorzugsweise bemerkt zu werden, wie sehr diese auf dem Wege der einfachen Versuche ge-

*) Man kann nach *Herschel* d. J. wegen $F = mR + nB + pG = (m-p)R + (n-p)B + pW = (n-m)B + (p-m)G + mW = (m-n)R + (p-n)G + nW$, wobei stets $W = R + B + G$ angenommen wird, auch sagen, alle denkbaren Farben und deren Abstufungen seien verschiedene Intensitätsgrade und mit mehr oder weniger Weiss (Grau) gemischtes Roth, Blau, Gelb, Violet, Grün und Orange.

fundenen Resultate für die äussersten Grenzen des gesichtlichen Wahrnehmungsvermögens mit dem rein objectiven Befunde der neueren physiologisch-anatomischen Forschungen übereinstimmen, und sich somit wechselseitig bezüglich ihrer Richtigkeit bestätigen. Die ausgezeichneten Physiologen und Anatomen *Müller* und *Weber* (ersterer in seiner Physiologie pag. 713, letzterer in seiner Anatomie I. pag. 165) bekräftigen, dass mikroskopische Beobachtungen und Messungen ganz unzweifelhaft darthun, dass die kleinsten Nervenkögelchen der Retina des menschlichen Auges nicht unter $\frac{1}{8000}$ bis $\frac{1}{8400}$ p. Zoll im Durchmesser betragen. Diese Ausdehnung entspricht aber, wie eine ganz leichte Rechnung zeigt, einem Gesichtswinkel von nicht ganz 44 Secunden, und es leuchtet demnach ein, dass von da an abwärts zwei Punkte nicht mehr als zwei, sondern durch Verschmelzung der Lichteindrücke nur als ein einzelner Punct gesehen und wahrgenommen werden können. Diess scheint uns aber zu dem Schlusse zu berechtigen, dass der Scharfsichtigkeit eine im Bau unseres Auges selbst liegende objective Grenze gesetzt ist, die zu überschreiten selbst die ausdauerndste Übung niemals vermögen wird. — So viel nun glaubten wir zur richtigen Auffassung des Folgenden vorausschicken zu müssen.

7. Beginnen wir nunmehr mit der einfacheren Untersuchung: wie viele Bilder innerhalb der Fläche eines Rechtecks von gegebener Länge und Breite bei einem gewissen Abstände des Auges davon höchstens noch als von einander verschiedene wahrgenommen werden können. Das Wort Bild oder Figur wird im Verlaufe dieser Abhandlung stets in der weitesten Bedeutung genommen, indem wir darunter was immer für eine regelmässige oder unregelmässige Gruppierung von Elementen verstanden wissen wollen. — Es sei der in Secunden ausgedrückte kleinste Gesichtswinkel, unter welchem für das menschliche Auge noch überhaupt eine Gesichtswahrnehmung möglich ist φ'' , ferners seien a'' und b'' die in Zollen ausgedrückten Seiten jenes Rechteckes und d'' der gleichfalls in Zollen ausgedrückte Abstand des Auges von jener Fläche: so hat man in Folge einer höchst einfachen Proportion für die absolute Grösse der in jener Entfernung noch wahrnehmbaren kleinsten Längenausdehnung, wenn selbe in Duodecimalzollen ausgedrückt und mit ε bezeichnet wird, offenbar:

$$(1) \quad \varepsilon = \frac{d \varphi \pi}{648000}.$$

Denkt man sich nun die ganze Fläche des Rechteckes nach Art einer Mosaik in ungleichmässig kleine Quadrate eingetheilt, deren Seiten der Grösse ε gleichkommen, und bezeichnet man die Anzahl der nach der Länge liegenden Elemente mit n , die Zahl der übereinander liegenden Elementreihen mit m , und die ganze Anzahl derselben, d. h. mn , mit s , so hat man:

$$n = a'' : \left(\frac{d \varphi \pi}{648000} \right) = \frac{648000 a''}{d'' \varphi \pi}; \text{ und } m = b'' : \left(\frac{d \varphi \pi}{648000} \right) = \frac{648000 b''}{d'' \varphi \pi}; \text{ und}$$

$$(2) \quad s = mn = \frac{419904000000 a'' b''}{(d'' \varphi \pi)^2}.$$

Wir wollen für einen Augenblick voraussetzen, wir hätten es nur mit zwei Farben, z. B. mit Weiss und Schwarz zu thun, so ist klar, dass wir in Bezug auf jede einzelne Elementreihe von n Elementen nachfolgende Fälle zu berücksichtigen haben. Alle Elemente

weiss gibt eine Permutationsform; sodann 1 schwarz und $(n-1)$ weisse gibt wegen der $(n-1)$ gleichen Elemente n Permutationsformen. Ferner 2 schwarze und $(n-2)$ weisse gibt, da 2 gleich und $(n-2)$ andere gleiche sind, offenbar $\frac{n(n-1)}{1 \cdot 2}$ Formen u. s. w. Es ist daher die Anzahl aller möglichen Wechselfälle:

$$1 + n + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} + \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} + \dots + n + 1 = (1+1)^n = 2^n$$

Da nun aber jede Stellung der Elemente einer Elementreihe mit jeder möglichen der zweiten, diese wieder mit allen möglichen Gruppierungen der dritten Elementreihen u. s. w. zusammentreffen kann: so hat man als Ergebniss für die Anzahl aller möglichen Bilder von schwarz auf weiss und umgekehrt, die ganz schwarze und ganz weisse mit eingerechnet:

(3) $s = \overbrace{2^n \cdot 2^n \cdot 2^n \dots 2^n}^m = 2^{nm}$; wobei m und n den oben aufgestellten Werth haben. Für $a = 1''$, $b = 1''$, $d = 10''$, $\varphi = 60''$ erhält man $s = 2^{116640}$. — Es wird daher die Anzahl der auf dem kleinen Raume eines Quadratzolls zwischen Schwarz und Weiss darstellbaren und in einem Abstände von 10 Zollen von einem mittelmässigen Auge noch sichtbaren Figuren und Bilder schon durch eine Zahl ausgedrückt, die mit nicht weniger als 35113 Ziffern geschrieben werden kann.

Aus dem bisherigen Vorgange folgt nun recht augenscheinlich, dass es sich bei Bestimmung der möglichen Wechselfälle einer Elementreihe von n Elementen und bei p zum Grunde liegenden der Farbe nach verschiedenen Elementen lediglich um die Ausmittlung aller Combinationen mit uneingeschränkten Wiederholungen und deren Permutationen von p Elementen zur Classe n handle, und da diese bekanntlich durch p^n ausgedrückt wird, so sind hiedureh schon die möglichen Veränderungen der einzelnen Elementreihen repräsentirt. Da nun aber jede solche Stellung mit jeder einzelnen der übrigen m über einander stehenden Elementreihen zusammentreffen kann: so hat man nach der Lehre von den Variationen, wenn

S die Anzahl aller möglichen farbigen Bilder bedeutet, wegen: $S = \overbrace{p^n \cdot p^n \cdot p^n \dots}^m = p^{nm}$, und somit:

$$(4) \quad S = p^s, \text{ wobei (2), } s = \frac{41990400000 a'' b''}{(d \varphi \pi)^2} \text{ zu setzen ist. —}$$

Nimmt man mit *Herschel* d. J. die Anzahl der verschiedenen noch unterscheidbaren Farbabstufungen oder $p = 1000000$ an, und setzt man $a = b = 1''$, $d = 10''$, $\varphi'' = 10$, so erhält man, da $\pi = 3.1415926 \dots$ ist, diessfalls: $s = (1000000)^{4254692} = 10^{25528152}$.

Die grösstmögliche Anzahl aller farbigen Bilder und Figuren, welche das schärfste Auge auf einer Fläche von $1 \square''$ in einer Entfernung von 10 Zollen vom Auge ohne alle künstliche Behelfe noch wahrzunehmen und mit Bestimmtheit zu unterscheiden vermag, ist daher stets kleiner als eine mit einer Einheit und 25528152 angehängten Nullen geschriebene Zahl.

8. Denkt man sich statt jenes Rechteckes irgend eine beliebige andere geradlinig oder krummlinig begrenzte Fläche, deren untereinanderstehende Elementreihen beziehungsweise aus $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \dots$ Elementen bestehen, so hätte man nach dem Variationsgesetze offenbar

$S = p^\alpha \cdot p^\beta \cdot p^\gamma \dots = p^{\alpha + \beta + \gamma + \dots}$ zu setzen, welches unstreitig, da $\alpha + \beta + \gamma = mn = s$, mit unserer früheren Formel $S = p^s$ übereinstimmt. Hieraus ersieht nun auch der mit mathematischen Untersuchungen minder vertraute Leser, dass unsere obige Formel (4) nicht nur für Rechtecke, sondern überhaupt ganz allgemein für jede Art begrenzter Flächen gelte, und dass s lediglich der Repräsentant des Flächenraumes ist, für welchen man die Untersuchung anzustellen gesonnen ist, mit Zugrundelegung der von uns bereits schon oben gebrauchten Flächeneinheit ε^2 . — Es bieten daher Flächenräume der verschiedensten Form genau die gleiche Anzahl möglicher Wahrnehmungen der, nur jede zum Theile eigenthümliche von allen übrigen abweichende, da nicht jedes Bild, welches auf einer Kreisfläche darstellbar ist, sich auf einem Rechtecke gleichen Inhalts repräsentiren lässt.

Diese letzteren Bemerkungen führen nun ganz einfach und natürlich zur Lösung unsers Problems, nämlich zur Bestimmung der grösstmöglichen Anzahl von Gesichtswahrnehmungen, deren das menschliche Auge überhaupt oder ein bestimmtes individuelles insbesondere fähig ist. Wird nämlich die Schärfe des Gesichts statt durch den Winkel q'' durch die in dem Abstände d noch sichtbare kleinste Längenausdehnung ε ausgedrückt und bedenkt man, dass so lange der Quotient $\frac{\varepsilon}{d} = \varphi$ ungeändert bleibt, ε sowohl wie d ihrer absoluten Grösse nach beliebig gross werden können: so hat man nur, da man höchstens, laut aller Erfahrung und nach Versuchen, den achten Theil des kugelförmigen Gesichtskreises auf einmal zu übersehen vermag, um die Anzahl aller dasselbe constituirender Elemente zu finden, die Grösse $\frac{1}{8}d^2\pi$ durch ε^2 zu dividiren, wodurch man erhält, wenn diese Anzahl mit σ bezeichnet wird:

$$(5). \sigma = \frac{d^2\pi}{2\varepsilon^2} = \frac{d^2\pi}{2} : \left(\frac{d\varphi\pi}{648000} \right)^2 = \frac{209952000000}{\varphi''^2 \cdot \pi}; \text{ und für die Anzahl der Bilder selbst}$$

$$(6). S = p^\sigma$$

welche Formel (6) die im Eingange verlangte allgemeinste ist. — Nimmt man nun zur Ermittlung der obern und untern äussersten Grenzen an, dass für die obere Grenze $p = 1000000$, $\varphi = 10''$, für die untere dagegen $p = 30.30.30 = 27000$ und $\varphi = 60''$ sei, so erhält man beziehungsweise die beiden Werthe:

(7). $S = (1000000)^{5349092356} = 10^{32094554136}$; u. (8). $S = (27000)^{148585898} = (30)^{445757694}$ wovon der erstere Ausdruck eine Zahl repräsentirt, die mit nicht weniger als einer Einheit und 32094554136 angehängten Nullen, die zweite dagegen stets grösser als eine solche ist, die mit der Einheit und 659346428 angehängten Nullen geschrieben wird. Es ist kaum möglich, sich von der Grösse dieser ungeheueren Zahl eine anschauliche Vorstellung zu machen. Nicht der Sand der Wüste, noch die sichtbaren Sterne des Firmamentes reichen hin, um uns auch nur zu einem beiläufigen Vergleiche zu dienen, denn sie alle gehören ja selbst schon unter die Unzahl der dem menschlichen Auge noch wahrnehmbaren Bilder. Schon die blossе Zahl, wodurch selbst die untere jener Grenzen ausgedrückt wird, erforderte zum Anschreiben, wenn man auf jede einzelne Ziffer eine Quadratlinie rechnet, einen Raum, wie ihn die ganze Oberfläche der Erde nicht darbietet. Hiebei ist freilich zu bemerken,

dass der Mensch wegen der Kürze seines Lebens nur den allerkleinsten Theil derjenigen Formen und Bilder wahrzunehmen vermag, wozu ihn die Beschaffenheit seines Gesichtsansorgans nach obiger Untersuchung bei lange genug fortgesetzter Übung noch befähigen würde. Ja man kann es leicht durch eine durchschnittliche Rechnung nachweisen, dass alle Menschen unsers Erdballs seit Erschaffung des Ersten derselben bis zur Jetztzeit erst einen ganz kleinen Theil dieser Gesichtswahrnehmungen selbst unter der Voraussetzung hätten haben können, wenn die durch Übung erlangte Gesichtsschärfe sich in absteigender Linie fortgerührt hätte, da es höchstens erlaubt ist, bei einem einzelnen Menschen während eines langen Lebens, deren 600 Millionen anzunehmen. Hicmit ist aber, wie sich leicht begreift, keineswegs gemeint, dass sich für alle diese verschiedenen Gesichtswahrnehmungen auch in der Aussenwelt die entsprechenden gegenständlichen Objecte vorfinden müssten.

9. Eine andere nicht unwichtige Bemerkung dringt sich uns bei der Vergleichung des Unterschiedes zwischen dem unteren und oheren Grenzwerthe auf, da die Grösse desselben mit der gemeinen Erfahrung im Widerspruche zu stehen scheint. Wir sind nämlich gewohnt, Menschen selbst von sehr verschiedener Gesichtsschärfe Dinge auf eine Weise vollführen zu sehen, welche auf eine ziemlich gleiche Befähigung hinzudeuten scheint, und fühlen uns daher auch sehr geneigt, den Werth guter Augen minder hoch, schwache Augen dagegen für einen minder beklagenswerthen Zustand zu halten, als unsere obigen Betrachtungen dieses zu fordern scheinen. Man glaubt, es heisse schon viel gesagt, dieser oder jener besitze ein zehner- oder zwanzigmal schärferes Auge als wir, oder ein Dritter. Nun braucht man aber nur obigen Ausdruck zu differenziren, um sich zu überzeugen, dass die totale Gesichtsschärfe bei Abnahme des Gesichtswinkels um nur einige Secunden, sich schon viele Millionennal veringere! — Wie lässt sich dieser Widerspruch zwischen der Erfahrung und dem, was die Rechnung lehrt, beheben? — Die Wahrheit davon ist, dass die allgemeinsten und zugleich wichtigsten Handlungsweisen und Verrichtungen im menschlichen Leben nur ein gesichtliches Wahrnehmen *en gros*, d. i. nach den ungefähren Umrissen der Gegenstände voraussetzen, dessen zum Glücke minder scharfsichtige Augen so gut wie die geübtesten fähig sind. Das, was etwa hiebei gute Augen mehr sehen, wie schwache, ist für gewöhnliche Handgriffe ohne Einfluss, und macht sich daher auch nicht bemerklich. Anders dagegen verhält es sich in allen jenen Fällen, wo unsere Handlungsweise oder unser Urtheil von der Wahrnehmung des feinsten Details, der schwächsten Farhennuancirung des Gegenstandes abhängt. Selbst schon im gemeinen Leben fehlt es nicht an unzähligen Beispielen, welche als Belege für diese Behauptung dienen können. Mit welcher Sicherheit unterscheidet nicht der geübte Juwelier echte Edelsteine von unechten und den Fein-Gehalt der verschiedenen edlen Metalllegirungen? u. s. w. — und mit noch wie viel grösserem Geschieke weiss der Taubstumme die feinsten Muskelbewegungen des Antlitzes und dessen sonstige Veränderungen mittelst seines durch Übung geschärften Gesichts aufzufassen? oder der feine Menschenkenner und der vielerfahrene Diagnostiker? — Bedenkt man nun noch, dass dieses immer erst nur Beispiele von mehr oder weniger einseitig ausgebildetem Gesichtsvermögen sind: so wird man eingestehen müssen, dass die gewöhn-

lichen Geistesleistungen gerade diejenigen nicht sind, nach welchen sich die relative Gesichtsschärfe der Menschen füglich beurtheilen lässt. — In den nämlichen Fehler scheinen mir auch diejenigen zu verfallen, die den ganzen Werth der Mikroskope nach der linearen Vergrößerungskraft derselben beurtheilen zu müssen glauben. Dieser Massstab ist zwar ein ganz richtiger, aber nur für die mikrometrischen, nicht aber, wie es uns bedünken will für die eigentlich mikroskop'schen Leistungen dieser Instrumente. Will man den ganzen Nutzen und die volle Wohlthat, die uns durch die Erfindung und Verbesserung dieser optischen Behelfe zu Theil wurde, ermessen, so dürfte man sich wohl sicher veranlasst sehen, von einer Ansicht auszugehen, die mit der unsern gegenwärtigen Betrachtungen zum Grunde liegenden völlig übereinstimmt.

10. Die bisher abgeleiteten Formeln können zur Beantwortung vieler selbst praktisch wichtiger Fragen benützt werden, die ohne dieselben sich wohl kaum beantworten lassen dürften. Um hievon wenigstens ein Beispiel zu geben, wollen wir den beziehungsweise Einfluss auf die Anzahl aller möglichen Gesichtswahrnehmungen ermitteln, welchen eine Zu- oder Abnahme in der Scharfsichtigkeit einerseits und in dem Distinctionsvermögen für Farbunterschiede andererseits bedingt. Zu diesem Behufe haben wir nur die Formel (6) einer partiellen Differenziation zu unterwerfen, einmal nach p , das anderemal nach s . — Man findet diessfalls:

$$(9). \left(\frac{dS}{dp}\right) dp = \sigma p^{\sigma-1} d\sigma; \text{ und } (10) \left(\frac{dS}{d\sigma}\right) d\sigma = p^{\sigma} l.p. d\sigma; —$$

setzt man diese Werthe einander gleich und für p und σ z. B. die der obern Grenze entsprechenden Zahlwerthe: so findet man wegen:

$$(11.) \sigma dp = pl.pds \text{ und daher } ds = \frac{\sigma}{pl.p} dp; \text{ u. da } p = 1000000 \text{ u. } \sigma = 5349092356;$$

$$(12.) dp = \frac{5349092356}{6000000} d\sigma \text{ d. i. } dp = 891d\sigma;$$

d. h. für das beste Auge bewirkt eine um 891 Farbnuancen verminderte Empfänglichkeit für die Farbunterscheide erst einen eben so grossen Nachtheil rücksichtlich der Anzahl der noch wahrnehmbaren Bilder, wie die nur um eine Secunde verminderte Gesichtsschärfe. Man sieht hieraus deutlich, dass wenigstens für den Menschen die Mannigfaltigkeit der Gesichtswahrnehmungen ungleich mehr in den Formen, wie in den Farben ihren Grund findet, und man daher bei Ausbildung dieses Organs vorzugsweise auf erstere sein Augenmerk zu richten habe. —

11. Wir können in unseren Betrachtungen noch einen Schritt weiter gehen, und untersuchen, ob und in wie ferne denn bei den Gesichtswahrnehmungen auch noch die Zeit in Betracht gezogen werden könne. So lange es sich bloss um die Ermittlung der möglichen Anzahl der verschiedenen Gesichtswahrnehmungen handelt, deren ein gewisses Individuum oder der Mensch überhaupt fähig ist, braucht man die Zeit freilich nicht in Betracht zu ziehen. Anders dagegen verhält sich die Sache, wenn man zu erfahren wünscht, ob die durch Formel (6) ausgedrückte Anzahl von Gesichtswahrnehmungen in der That

den ganzen Inhalt derjenigen unmittelbaren Vorstellungen umfasst, welche wir durch den Sinn des Gesichtes zu erlangen vermögen? In letzterem Falle nämlich muss berücksichtigt werden, dass auch die Art der Aufeinanderfolge der einzelnen Gesichtswahrnehmungen eine ungeheure Abwechslung und Mannigfaltigkeit im Gesichtsleben der Menschen begründe. Nur durch ein Sehen in aufeinanderfolgenden Zeitmomenten gelangen wir zu den Vorstellungen der verschiedenartigsten Bewegungen und Metamorphosen und zu den unmerklichen Übergängen und Verschmelzungen der einzelnen Scenerien des sichtbaren Weltchauplatzes. — Gesichtswahrnehmungen dürfen aber, so lehrt es die Erfahrung, sich nicht in unmessbaren Zeitintervallen aufeinanderfolgen, wenn sie ins Bewusstsein eintreten sollen. Auch ist der Eindruck, den eine Lichterscheinung im Auge hervorruft, kein bloss momentaner, sondern er dauert einige Zeit fort, nach *Plateau* im Mittel etwa 0.3 Zeitsecunden, und es können demnach nur in solchen Zeiträumen die verschiedenen Bilder, ohne sich zu verwirren, aufeinanderfolgen. — Das Leben des Menschen schliesst daher auch eine endliche, in speciellen Fällen vollkommen angebbare Zahl solcher Zeitmomente in sich, und wenn wir als äussersten Werth 0.1 Secunde annehmen, so gibt dieses in t Jahren, den Tag durchschnittlich zu 16 Wachstunden gerechnet, schon 21024000 t solcher Zeiträume. — Frägt man daher nach allen möglichen Gruppierungen der einzelnen durch Formel (6) ausgedrückten Weltanschauungen innerhalb der Zeit eines Menschenlebens, d. h. will man die verschiedenen möglichen Fälle eines individuellen Gesichtslebens ihrer möglichen Anzahl nach kennen lernen: so hat man nur nöthig, für die durch Formel (6) ausgedrückten möglichen Gesichtswahrnehmungen sämtliche Variationen zu suchen, unter Voraussetzung von 210240000 t identischen Elementreihen. Man findet diessfalls sowohl im Allgemeinen, wie auch unter Voraussetzung einer 120jährigen Lebensdauer:

$$(7). S = p^{210240000t\sigma}; \text{ und speciell als äussersten Grenzwert:}$$

$$(8). S^1 = (1000000)^{13496180219612800000}; \text{ —}$$

welcher letztere Ausdruck eine Zahl bezeichnet, die mit nicht weniger als mit einer Einheit und 80977081317676800000 Nullen geschrieben ist. — Aus diesen Betrachtungen ergibt sich nun ganz unläugbar, dass falls die Anzahl aller gegenwärtig lebender und bereits verlebter Menschen die Grösse S übersteigen würde, mehrere unter ihnen vom Augenblicke ihrer Geburt an bis zum letzten Augenblicke ihres Lebens ein vollkommen identisches Gesichtsleben selbst dann verleben müssten, wenn die objective Umgebung eine andere wäre, da in diesem Falle der allenfallsige Unterschied zwischen selben höchstens nur in einem solchen weitem Detail oder in einer solchen Farbenschattirung bestehen könnte, welche von keinem menschlichen Auge mehr als verschieden wahrgenommen und erkannt werden könnte.

12. Diess sind nun die Resultate einer Untersuchung, die, man mag dem gegenwärtigen Versuche auch jeden höheren Werth absprechen, schon an und für sich keinen ganz unwichtigen Beitrag zur Lehre vom Sehen liefern dürften. Eine Untersuchung, die mit den interessantesten Fragen der Physiologie, Psychologie und Pädagogik nicht minder wie mit der Optik in einem so augenscheinlichen Zusammenhange steht.

Versuch einer systematischen Classification der Farben.

§. 1.

Die Zahl und Beschaffenheit derjenigen sinnlichen Empfindungen, welche wir mit dem allgemeinen Namen der Farben zu bezeichnen pflegen, ist so ungemein gross und mannigfaltig, dass keine Sprache, ja alle Idiome zusammen nicht reich genug an Benennungen sind, um auch nur den kleineren Theil derselben zu bezeichnen. Ein treffliches Mittel hiezu, insoferne nur eine beiläufige Verständigung beabsichtigt wird, bietet unstreitig die Hindeutung auf bekannte Naturgegenstände dar, um gewisse Farben zu bezeichnen, und in der That liess das dringende Bedürfniss die Menschen schon sehr frühe darauf verfallen; denn in allen Sprachen und zu allen Zeiten findet man analoge Bezeichnungen für die Ausdrücke unserer Sprache: *Rosenroth*, *Himmelblau*, *Goldgelb*, *Grasgrün*, *Veilchenblau*, *Orangefarbig* u. s. w. — Abgesehen aber selbst davon, dass diese Aushilfe jedenfalls sehr beschränkt und unzulänglich erscheint und leicht zu unbestimmten und irrigen Vorstellungen führen kann (denn was lässt sich z. B. nicht alles, um nur ein Wort anzuführen, unter *Himmelblau* vorstellen? u. s. w.), so ist es ganz offenbar, dass ein solches Vorgehen durchaus jedes wissenschaftlichen Werthes entbehrt und zu keinerlei weiterer Erkenntniss führen könne. — In einer Zeit nun, wo vor kurzem erst die classificatorische Behandlungsweise in den verschiedenen naturhistorischen Doctrinen so allgemein anerkannte Triumphe feierte, wird man es sicherlich für nicht überflüssig halten, auch in das Chaos der unzähligen Farbeempfindungen und deren Benennungen Licht, Ordnung und System zu bringen. Erst dadurch darf man hoffen, zu einer erklecklichen Nomenclatur und zur Beantwortung der verschiedenen Fragen über Verwandtschaft, über Unter-, Neben- und Überordnung etc. etc. zu gelangen. — Zur Aufhellung dieses Gegenstandes Einiges beizutragen, ist der Zweck gegenwärtiger Mittheilung.

§. 2.

Da bei der hier beabsichtigten Systematik der Farben als Empfindungen von jeder objectiven Beschaffenheit der veranlassenden Ursachen, so wie von jeder Theorie derselben völlig abgesehen wird, so werden wir als (subjectiv) einfache Farben diejenigen gelten lassen müssen, an denen unsere Empfindung ein Mannigfaltiges durchaus nicht wahrnimmt, gleichviel ob Gründe für ihre (objective) Zusammengesetztheit sprechen oder nicht. Da

nun laut aller Erfahrung bei Wahrnehmung des reinen Grün, Violet, Orange, Grau, Braun u. s. w. nur Einfaches empfunden wird, so sind die genannten Farben für gegenwärtigen Zweck und in diesem Sinne als einfach anzusehen. Es fehlt aber für die subjective Wahrnehmung auch nicht an Beispielen von zusammengesetzten Farbempfindungen, ja es gibt ihrer fast unzählige. Sie sind von einer doppelten Art und verdanken ihre Existenz auch einer doppelten Ursache. Wenn die, die Empfindung erregende Retina des Auges entweder an derselben Stelle sehr schnell hintereinander von verschiedenen Farben afficirt wird, oder wenn sehr kleine, aber sich sehr nahe liegende Partien derselben auf eine andauernde Weise von verschiedenen Farbeindrücken getroffen werden, d. h. wenn räumlich oder zeitlich Verschiedenartiges auf unklare Weise wahrgenommen wird: so entsteht zwar in beiden Fällen keine eigentliche und distincte Wahrnehmung des Mannigfaltigen, wohl aber eine dunkle Empfindung desselben im Bewusstsein des Beobachters, wodurch er sich zum Ausspruch ihres Zusammengesetztseins für berechtigt hält. Wie liesse es sich sonst wohl begreifen, dass so besonnene Beobachter, wie z. B. die Astronomen *Herschel*, *Struve* u. v. a. ihre Wahrnehmungen am richtigsten durch die Ausdrücke bezeichnen zu müssen glauben, dass dieser oder jener Stern mit rothgrünem, gelblichviolettem oder blänlichorangem Lichte ihnen erschienen sei? Ähnliches zeigt sich auch bei allen bloss mechanisch gemischten, nicht chemisch verbundenen, insbesondere grobpulverigen Farbgemengen, die im günstigsten Falle immer nur schmutzige matte Farben liefern, denen jenes Feuer fehlt, welches wir an den unmittelbaren Erzeugnissen der Natur oder an gewissen Producten der Chemie bewundern. Die Farben der meisten uns umgebenden Gegenstände müssen wir daher zu den zusammengesetzten (für die subjective Wahrnehmung discreten) zählen. Da nun die Zusammengesetztheit der Empfindung ihren wahren Grund in der Zusammengesetztheit des Objectes hat, so lässt sich jederzeit von jener auf diese mit Sicherheit zurücksehliessen. Wir sind demnach schon durch diese einleitenden Bemerkungen zu einem für die Astronomie höchst wichtigen Ergebniss gekommen, welches sich sofort in nachfolgender Weise ausdrücken lässt: »Wenn es in der That Sterne gibt, die dem Beobachter in rothgrünem Lichte etc. erscheinen, so müssen diese Sterne entweder in unmessbar kurzen Zeitintervallen ihre Farbe ändern, oder es müssen dieselben bei ungleichfarbiger Lichtemission einzelner Theile ihrer Oberfläche mit fast unmessbarer Geschwindigkeit sich um ihre Achse drehen, oder aber es müssen diese bisher für einfach gehaltenen und selbst durch die schärfsten Fernröhre untrennbaren Sterne aus wenigstens zweien Einzelgestirnen bestehen. Die erstere Annahme ist physicalisch höchst unwahrscheinlich, wo nicht geradezu unmöglich, die zweite ist diess fast nicht minder, und somit bestehen derlei Fixsterne aus je zwei oder mehren Einzelsternen.« Zwar könnte man endlich für einen Augenblick die Meinung hegen, dass jene Bicolorität des Eigenlichtes der Sterne in der starken Radiation und der hiedurch bedingten und hervorgerufenen Empfindung der subjectiven Complementairfarbe und deren abwechselweisem Spiele gegründet sei, allein es gibt nebst den genannten noch sehr viele andere stark scintillirende Sterne von bestimmt ausgesprochener blauer, rother oder gelber Farbe, ohne dass ein solche scheinbare Doppelfärbung bei ihnen im Gering-

sten bemerkt wird, was doch offenbar der Fall sein müsste, wenn diese Vermuthung gegründet wäre. — Und so bleibt denn jene oben ausgesprochene Folgerung unangefochten. —

§. 3.

Ausser dem so eben auseinandergesetzten Unterschied hinsichtlich der subjectiven Einfachheit (Stetigkeit) oder der Zusammengesetztheit (Discretheit) einer Farbe ist noch weiter die eigentliche Qualität oder der Charakter derselben von ihrer Intensität wohl zu unterscheiden. Der Charakter einer Farbe oder einer Farbnuance bleibt von äussern Umständen ganz und gar unabhängig, er gehört dem Objecte gleichsam selber an, d. h. er hat seinen Grund in der eigenthümlichen Beschaffenheit des Objectes selbst, und ist eben daher unveränderlich, so lange wenigstens als der Träger derselben sich nicht ändert. Die Intensität einer Farbempfindung dagegen ist hauptsächlich abhängig von der Entfernung und Intensität der Beleuchtungsquelle, von dem Reflexionsvermögen des Objectes und von dem jedesmaligen Sensibilitätszustande unsers Gesichtsorgans. Werden zwei Objecte bei derselben Lichtquelle angesehen, so können sie an Farbe sich sehr verschieden zeigen und objectiv gleichwohl von gleicher Farbe sein. Diess wird nämlich jedesmal dann der Fall sein, wenn das Reflexionsvermögen derselben ein verschiedenes ist. Um sie gleich intensiv zu sehen, und eine Vergleichung derselben zu ermöglichen, muss jedes Object für sich und getrennt von dem andern, aber doch gleichzeitig nebeneinander, das eine mit dem einen, das andere mit dem andern Auge betrachtet und die Intensität des stärker reflectirenden durch Verkleinerung einer künstlich angebrachten Pupillaröffnung dergestalt verändert werden, dass beide eine gleiche Intensität zeigen. Erst unter dieser Voraussetzung lässt sich rücksichtlich der Gleichheit oder Verschiedenheit zweier sich nahe stehender Farbnuancen mit Sicherheit ein Ausspruch thun. Ich habe von einem solchen Instrumente bei einer andern Gelegenheit, nämlich bei der Bestimmung der Lichtstärke der Fixsterne eine wie mich dünkt höchst nützliche Anwendung in Aussicht gestellt, und ich verweise den Leser rücksichtlich einer genaueren Beschreibung desselben auf den erwähnten Aufsatz *). Gleichwie aber zwei gleichfarbige Objecte von verschiedenem Reflexionsvermögen bei gleicher Beleuchtung als verschiedene erscheinen müssen, so wird hinwieder dasselbe Object bei verschiedener Beleuchtung auch verschiedene Farbe zeigen. Es scheint zweckdienlich, schon hier darauf aufmerksam zu machen, dass die Zahl der noch unterscheidbaren Farbnuancen laut der Erfahrung mit der Intensität der Beleuchtung ins Ungeheuere zunimmt, bei Abnahme derselben dagegen sich dieselbe dergestalt vermindert, dass bei eintretendem letztem Dunkelgrade fast alle Farbverschiedenheit aufhört. Aus diesem Grunde bringt man denn auch wie bekannt Vergleichungsobjecte von schwacher in möglichst helle Beleuchtung, um einen allenfalls noch vorhandenen Farbunterschied noch zu entdecken.

Die gegenwärtige Betrachtung bietet nun eine ungemein grosse Erleichterung und Vereinfachung für die systematische Classification der Farben dar, da man hiefür nur sich

*) »Beiträge zur Fixsternenkunde.« Prag 1846 bei Borrosch u. André.

genöthigt sehen wird, die empirische oder experimentelle Untersuchung vorzugsweise auf die ungemein kleinere Zahl der eigentlich specifisch oder qualitativ verschiedenen Farben auszudehnen.

§. 4.

Obwohl wir im vorigen Paragraphe Farben wie Grün, Orange, Violet u. s. w. als für die Empfindung einfache bezeichneten (und nur mit Farben in dem genannten Sinne haben wir es im Verlaufe gegenwärtigen Aufsatzes zu thun), so scheint mir die Annahme keinen Widerspruch in sich zu schliessen, dass sie gleichwohl durch ein Zusammenwirken zweier oder mehrerer anderer einfachen Farbempfindungen entstanden seien. Denn jene behauptete Einfachheit bezieht sich auf die blossе Empfindung, diese Zusammengesetztheit dagegen mehr auf die zu Grunde liegenden Ursachen. — Von allen Farbempfindungen, die wir kennen, sind es meines Erachtens nur jene von Roth, Blau und Gelb, welche als eigentliche Grundfarben angesehen werden können, da sie sich aus andern niemals in ihrer Reinheit zusammensetzen lassen, wohl aber selbst alle andern Farben zu erzeugen vermögen. Es müssen demnach die genannten Farben als in jeder und aller Beziehung einfache anerkannt werden. Schwarz und die verschiedenen Abstufungen von Grau sind Intensitätsgrade von Weiss, und letzteres kann als aus obigen drei Grundfarben zusammengesetzt angesehen werden.

Von den drei Grundfarben Roth, Blau und Gelb bildet jede zu jeder einen conträren Gegensatz und zwar einen vollen. Orange, Grün und Violett stehen untereinander und auch zu jeder der oben genannten drei einfachen oder Grundfarben gleichfalls in einem conträren Gegensatze, aber, da jede mit jeder der andern etwas gemein hat, in keinem vollen, — sie sind zu einander, könnte man sagen, verwandt. Unter allen denkbaren und wirklichen Farben gibt es begreiflicherweise nicht zwei, die contradictorisch sich einander gegenüberstünden.

Soll eine der Hauptfarben (und dasselbe gilt auch von jeder andern Farbe) in ihren verschiedenen Intensitätsabstufungen graphisch dargestellt werden, so ist diese durch eine gerade, an einer Seite begrenzte, an der andern ins Unbestimmte fortlaufende Linie *AB* Fig. 1 darzustellen, deren Anfangspunct das absolute Schwarz als Ausdruck für nullfarbige Strahlen ist, und auf welcher sich in gleichen Abständen Theilungspuncte ins Unbestimmte aufgetragen finden. Jedes so entstandene Liniestück ist der willkürlich angenommenen Intensitätseinheit gleich. — Sollen zwei der Grundfarben in ihrer Beziehung auf einander, d. h. als System graphisch dargestellt werden, so kann und darf diess nur, da sie zu einander einen vollen Gegensatz bilden, in der Weise geschehen, dass sie ihren Anfangspunct (Schwarz) gemeinschaftlich habend, auf einander senkrecht stehen. So z. B. stellt Fig. 2 das graphisch ausgedrückte System der blauen und rothen Farbe dar. Soll auch noch die dritte der Hauptfarben, Gelb, in das System eintreten, so muss diese, da sie mit jeder der genannten schon im Systeme vorhandenen beiden Hauptfarben einen vollen Gegensatz bildet, auf jede dieser in ihrem Vereinigungspuncte senkrecht stehen, wie diess in Fig. 3 dargestellt ist. Hieraus ergibt sich denn nun als erste Folgerung, dass die drei Hauptfarben richtig nur im

Räume dreier Dimensionen sich graphisch darstellen lassen, jede andere Darstellungsweise aber, wie etwa in Form eines Dreiecks, u. s. w. entweder unrichtig ist, oder doch nur in abgeleiteter Construction Sinn und Bedeutung hat.

§. 5.

Die zwar der Empfindung nach gleichfalls einfachen, aber gleichwohl in einem gewissen ursächlichen Sinne aus den drei Grundfarben zusammengesetzten Mischfarben Orange, Grün und Violett finden zwischen ihren respectiven verwandten Farben ihre folgerichtige Stelle, und zwar das absolut neutrale Orange, Grün und Violett in den Linien *AO*, *AG*, *AV* Fig. 4. — Die andern nicht neutralen Mischfarben aus zwei Grundfarben, wie z. B. Blaugrau, Gelborange, Rothviolett etc. dagegen haben' folgerechten Anspruch auf die Winkelräume *VAR*, *BAV*, *GAB*, *GAO*, und *OAR*, in dem Sinne, dass z. B. die alle Intensitätsabstufungen repräsentirende Linie für ein gewisses Gelborange etwa nach *AX* fallen wird. — Es haben sich demnach alle Grundfarben und alle aus zwei derselben zusammengesetzten Mischfarben in allen ihren möglichen Intensitätsverschiedenheiten erstere auf die Achsen des reetangulären Coordinatensystems, letztere dagegen auf die Coordinaten-Ebenen selbst, den Anforderungen einer classificatorischen Zusammenordnung gemäss, placirt. — Für die verschiedenen Mischfarben aus den drei Grundfarben bleibt demnach zu ihrer Eintragung (Registrirung) ins System nur mehr der Winkelraum *AGRB* selbst übrig, und in der That ist diess auch ihr durch das System bedingter Ort, da diese allen drei Hauptfarben angehörend, ganz eigentlich zwischen ihnen liegen, nicht aber irgendwo ausserhalb. Eigentlich gibt es nur die verschiedenen Intensitäts- und Mischungsabstufungen von Roth, Gelb, Blau, Orange, Grün und Violett. Denn bei jedem Eintreten der noch fehlenden dritten Grundfarbe treten entweder je zwei oder jedenfalls eine derselben mit einem gleichen Antheil der vorwaltenden zu weissen Lichte zusammen, so also dass der genannte Winkelraum selbst nur alle mit mehr oder weniger Weiss gemischten rothen, blauen, gelben orange, grünen und violetten Farbnuancen enthält. Und damit ist auch die Unzahl aller möglichen Farben erschöpft und in Bezug auf das System untergebracht und eingeordnet. Die Betrachtung jedoch hat bei diesen ersten Andeutungen nicht stehen zu bleiben!

§. 6.

Es ist am naturgemässesten diejenigen Mengen von Blau, Roth und Gelb für Intensitäts-Einheiten eben dieser Farben gelten zu lassen, welche zusammen die Empfindung des reinen Weiss von der Intensitäts-Einheit geben. Mit andern Worten, man zerlege die als Intensitäts-Einheit des weissen Lichts angenommene Lichtmenge in ihre farbigen Bestandtheile und lasse die so entfallenden Lichtmengen als Intensitätseinheiten des Roth, Blau und Gelb gelten. Da diese Lichtmengen sich wechselseitig zu weissen Lichte neutralisiren, also jedes genau dasselbe für die Empfindung wirkt: so muss man dieselben auch in dem hier vorliegendem Falle für gleich gross halten und durch gleich lange Linienstücke darstellen. Diess geschieht aber von selbst, sobald man die Einheit *Aa* des weissen Lichtes

Fig. 5 nach den Richtungen der Coordinaten-Achsen genau nach Vorsehrift der Kräftezerlegung in die Farbeinheiten *An*, *mn*, *am* auflöst. Da sich nun bei allen folgenden Untersuchungen über die Farben jedesmal nachweisen lässt, dass ein solehes Vorgehen nach den bekannten Grundsätzen der Dynamik zu denselben Resultaten führt, wie die viel mühsameren logischen Raisonnements, so berechtigt dieses zu dem, wie mich deucht, nicht uninteressanten und vielleicht auch nicht unfruchtbaren Schlusse: »dass die verschiedenen Farben und das Licht überhaupt für die Empfindung des Menschen als mechanische Kräfte zu betrachten sind, und innerhalb der angedeuteten Begrenzung als solche behandelt werden dürfen.«

§. 7.

Es wurde schon früher bemerkt, dass das, was wir weisse Farbe oder weisses Licht zu nennen pflegen, eigentlich nur ein sehr bedeutender Intensitätsgrad von Grau sei, und Schwarz die völlige Abwesenheit alles Lichtes bedeute. Eine Linie, deren Anfangspunct Schwarz ist und nach Einheiten des weissen Lichtes ins Unendliche fortschreitet, ist demnach der Repräsentant der verschiedenen Abstufungen des weissen, oder wie wir diess fortwährend bezeichnen werden, des grauen Lichtes und der grauen Farbe. Es frägt sich nun aber, welche Stelle hat diese Linie der grauen Tinten im Systeme einzunehmen. Die Antwort darauf ergibt sich von selbst. Da jeder Punct dieser Linie von jeder der drei Hauptachsen (Hauptfarben) gleichen senkrechten Abstand haben muss: so kömmt ihr die Linie *AM* Fig. 5 zu, welche mit den Hauptachsen gleiche Winkel bildet.

Nach den bisher gepflogenen Betrachtungen ergibt sich demnach, dass die Gesamtheit aller denkbaren Farben an den Seitenflächen, Kanten und im inneren Raume eines dreieckwichtigen körperlichen Trieders sich anordnen, und alle möglichen Farben derselben Intensitätsstufe auf der krummen Fläche eines sphärischen Octanten sich gruppiren in einer Weise, wie sie Fig. 6 ersichtlich gemacht ist. In den Puneten *R*, *B*, *G*, *M*, ist reines Roth, Blau, Gelb und Grau (Weiss) von der Intensität $AB = AR = AG = AM$. Die Viertelkreise *BR*, *BG* und *GR* enthalten alle binären und somit mit Grau (Weiss) noch unvernischten Nuancen von Violett, Grün und Orange. In den Puneten α , β , γ ist der Ort des neutralen Violett, Orange und Grün. — Was mehr gegen *B*, *R* und *G* hin liegt, spielt mehr in Blau, Roth und Gelb. Werden durch die drei Achsen und durch die Linie *AM* Ebenen gelegt, so zerfällt der Octant in drei congruente sphärische Dreiecke *RMG*, *GMB* und *BMR*, die im Punete *M* (Ort Grau oder Weiss) zusammenstossen. Die Kreisbögen *MR*, *MB* und *MG* sind die Orte für alle Abstufungen von Rothgrau, Blaugrau und Gelbgrau. Die ganze innere Fläche dieser Dreiecke haben aufgenommen die verschiedenen Abstufungen von beziehungsweise Orange-grau, Grün-grau und Violett-grau. Die von *M* auf die Quadranten senkrecht gefällten Bögen *M\alpha*, *M\beta* und *M\gamma* enthalten die verschiedenen neutralen Violett-grau, Orange-grau und Grün-grau. Soleher concentrischer Kugelschalen hat man sich unendlich viele oder vielmehr so viele zu denken, als Gradationen des weissen Lichtes von Schwarz durch Grau bis zum intensivsten Weiss angenommen werden können. —

§. 8.

Aus dem Vorhergehenden lassen sich weiter wieder nachfolgende Folgerungen ziehen. Zunächst folgt aus der Art und Weise, wie das weisse und andersfarbige Licht sich aus den drei Grundfarben zusammensetzt, dass das farbige oder weisse Licht nicht eine blosse Summe ihrer Constituenten ist, sondern stets kleiner ist als jene, wie sich diess auch schon aus dem Umstande ergibt, dass in einem Gegensatze stehende Empfindungen bei ihrem gleichzeitigen Auftreten sich wechselseitig schwächen müssen. Sodann erkennt man, was auch sonst nicht zu bezweifeln ist, dass wegen der immer grösser werdenden Kugeloberflächen die Zahl der Farbnuancen um so grösser wird, je bedeutender die Intensität des Lichtes angenommen wird. Diess ist auch der Grund, wesshalb wir uns, um nahe gleichfarbige Gegenstände noch von einander zu unterscheiden, aus dunklen Orten in wohlbeleuchtete begeben. Von dieser unbestreitbaren Wahrheit habe ich anderswo eine für die Astronomie, wie ich glaube, nicht unwichtige Anwendung gemacht, indem ich darauf aufmerksam machte, dass bei intensivem Fixsternenlichte selbst die schwächsten Farbnuancirungen noch wahrnehmbar sein müssen *). — Endlich erkennt man hieraus deutlich den Werth und die Bedeutung des durch ein blosses Tatonnement aufgefundenen *Tobias Mayer'schen* Farbendreiecks, wenn man bei einer gewissen Kugelschale stehen bleibt, und das rechtwinklicht sphärische Dreieck *BRG* Fig. 6 durch ein gleichseitig ebenes Dreieck sich ersetzt denkt. *Runge's* Farbkugeln dagegen entbehren jeder systematischen Begründung und müssen als Producte eines gänzlich verfehlten Versuches bezeichnet werden.

§. 9.

Bezeichnet man einen bestimmten, zu einer gewissen Sphäre gehörigen Radius mit L , mit r , b , g die Mengen der rothen, blauen und gelben Strahlen, welche die dem Endpunkte jenes Radius entsprechende Farbe constituiren: so gilt sofort allgemein die Relation:

$$(1) \quad L = \sqrt{r^2 + b^2 + g^2}.$$

Ist $r = b = g$, d. h. ist jener Radius die Linie aller Abtufungen des Grau (Schwarz und Weiss mitbegriffen), so erhält man sofort:

$$(2) \quad L' = r \sqrt{3} = b \sqrt{3} = g \sqrt{3} \text{ und hieraus}$$

$$(3) \quad r = b = g = \frac{L'}{\sqrt{3}} = 0.573 \quad L'$$

Für $L' = 1$, gibt dieser Ausdruck $r = b = g = 0.573$, d. h. in der Einheit weissen Lichtes sind 0.573 rothe und eben so viele blaue und gelbe Strahlen enthalten. Soll L nicht im Längenmass, sondern als Ordnungszahl der betreffenden Kugelschale ausgedrückt werden, so ist Formel (1) auf nachfolgende Form zu bringen:

$$(4) \quad \frac{L}{\sqrt{3}} = l = \sqrt{\frac{r^2 + b^2 + g^2}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{1}{3}(r^2 + b^2 + g^2)} \quad ;$$

*) Bemerkungen zu meiner Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne etc. in Poggendorfs Annalen B. 68, N. 5.—

Da die verschiedenen Farben auf der Kugelfläche auf eine Weise angeordnet sind, dass sie in unmerklichen Abstufungen in einander übergehen: so wird man wohl kaum Anstand nehmen, dieselben einander um so näher verwandt zu halten, je geringer ihre Entfernung in Bogenmass genommen ist. Bezieht man ferner jede einzelne Farbe der Kugelfläche auf den Punkt M (jenen des neutralen Grau), so kann man sogar nach einer willkürlich festgestellten Einheit dieselben nach verschiedenen Verwandtschaftsgraden dergestalt classificiren, dass die Farben gleich naher Verwandtschaft zu Grau innerhalb concentrischer Kreise fallen, deren gemeinschaftlicher oder Verwandtschafts-Pol der Punkt M wäre.

Für den absoluten Abstand zweier Farben im Bogen hat man die Formel:

$$(5) \Pi = 2 \lambda \operatorname{arc. sin.} \frac{\sqrt{(r-r')^2 + (b-b')^2 + (g-g')^2}}{2 \lambda}$$

wenn sich r, b, g auf die eine, r', b', g' auf die andere Mischfarbe bezieht und wenn Kürze halber $\lambda = \sqrt{r^2 + b^2 + g^2} = \sqrt{r'^2 + b'^2 + g'^2}$ gesetzt wird. Wird als beständiges Vergleichungsglied der Punkt M gewählt, so erhält man, da diessfalls $r = b = g$ ist, und $\lambda = r' \sqrt{3} = b' \sqrt{3} = g' \sqrt{3}$; und somit:

$$(6) \Pi' = 2 r \sqrt{3} \operatorname{arc. sin.} \frac{\sqrt{(r-r')^2 + (b-b')^2 + (g-g')^2}}{2 r' \sqrt{3}}$$

§. 10.

Das im vorigen Paragraph Gesagte möge auf nachfolgende Aufgaben seine Anwendung finden.

1. Man bestimme die Intensitätsklasse, welche z. B. der Farbe $(10r + 16b + 5g)$ zukömmt?

Nach Formel (1) ist der absolute Radius des sphärischen Octanten offenbar:

$L = \sqrt{10^2 + 16^2 + 5^2} = \sqrt{381} = 19.518$; — während die Summe der Constituenten $10 + 16 + 5 = 31$ beträgt. Die Intensitätsklasse l aber bestimmt sich nach Formel (4) auf nachfolgende Weise, nämlich:

$$l = \frac{L}{\sqrt{3}} = \frac{19.518}{1.73205} = 11.269 \text{ Classe. —}$$

2. Man untersuche, in welchem Grade die beiden Farben: $(10r + 16b + 5g)$ und $(5r + 11b + 15.33g)$ zu einander verwandt seien?

Da hier nahe zu $10^2 + 16^2 + 5^2 = 5^2 + 11^2 + 15.33^2$ ist, so beweist vorerst dieser Umstand, dass diese Farben auf demselben Octanten liegen, mithin zu einer und derselben Intensitätsklasse und zwar zur 11.269ten gehören, und dass demnach eine unmittelbare Angabe ihres Verwandtschaftsverhältnisses möglich ist. Da wir uns jedoch über die Einheit des Verwandtschaftsverhältnisses noch nicht ausgesprochen haben, so möge diese Einheit, die ohnediess eine willkürlich festzustellende ist, durch ϵ bezeichnet werden.

Der absolute Abstand der beiden Farben auf der Oberfläche der Sphäre in Bogenmass ausgedrückt wird mittelst Formel (5) gefunden; er ist, wegen $\lambda = L = 19.518$:

$$\Pi = 2 \times 19.518 \text{ arc. sin. } \sqrt{\frac{5^2 + 5^2 + 10 \cdot 33^2}{2 \times 19.518}} = 39.036 \text{ arc. sin. } 0.3207 = 39.036 \times 0.326475 = 12.751918; \text{ und somit der verwandtschaftliche Grad oder}$$

$$\frac{\Pi}{\varepsilon} = \frac{12.751918}{\varepsilon}.$$

3. Man bringe zwei Farben, um sie auf den Grad ihrer Verwandtschaft untersuchen zu können, auf denselben Grad der Intensität, und untersuche sofort den Verwandtschaftsgrad der beiden Farben, nämlich: $(10r + 16b + 5g)$ und $(5r + 12b + 10g)$? —

Da $10^2 + 16^2 + 5^2 = 381$; dagegen $5^2 + 12^2 + 10^2 = 269$ nur ist, so zeigt diess an, dass letztere Farbe von geringerer Intensität ist, als erstere. Die Intensität einer Farbe als abhängig von der Intensität der Beleuchtung oder Lichtquelle kann auf das verwandtschaftliche Verhältniss durchaus keinen Einfluss haben. Man erhöht aber die Intensität einer Farbe, ohne im mindesten ihren Charakter als solchen zu ändern, wenn man ihre Constituenten mit einer beliebigen Zahl multiplicirt, und erniedrigt sie, wenn man dieselbe dividirt. — Auf unsern vorliegenden Fall angewendet, hat man demnach, wenn x diese Zahl bedeutet:

$$10 + 16^2 + 5^2 = (5x)^2 + (12x)^2 + (10x)^2; \text{ oder} \\ 381 = 269 x^2, \text{ und somit } x = \sqrt{\frac{381}{269}} = 1.19009;$$

durch Substitution erhält man demnach:

$(10r + 16b + 5g)$ und $(5 \cdot 95r + 14 \cdot 28b + 11 \cdot 9g)$, als Farben gleicher Intensität. — Ihr verwandtschaftlicher Grad ist demnach nach Obigem:

$$\Pi = 2.19 \cdot 269 \text{ arc. sin. } 0.2123 = 38.538 \times \text{arc. sin. } 12^0, 15' \cdot 5 = 38.538 \times 0.2139487 = 8.243278 \text{ und somit}$$

$$\frac{\Pi}{\varepsilon} = \frac{8.243278}{\varepsilon}.$$

4. Man entscheide, ob das eine oder das andere Paar der angeführten Farben zu einander näher verwandt ist, nämlich:

$$(\alpha) \left\{ \begin{array}{l} (10r + 16b + 5g) \\ (5r + 11b + 15 \cdot 33g) \end{array} \right\} \text{ oder } (\beta) \left\{ \begin{array}{l} (10r + 16b + 5g) \\ (5r + 12b + 10g) \end{array} \right\}.$$

Da die verwandtschaftlichen Grade dieser beiden Farbenpaare schon oben bestimmt wurden, so fällt die Antwort auf diese Frage ganz kurz aus. Der Grad der Verwandtschaft wurde nämlich oben gefunden:

$$\text{für } (\alpha): \frac{\Pi}{\varepsilon} = \frac{12.751918}{\varepsilon}$$

$$\text{für } (\beta): \frac{\Pi'}{\varepsilon} = \frac{8.2432782}{\varepsilon}.$$

da nun die Verwandtschaft zweier Farben um so grösser ist, d. h. diese Farben sich um so näher stehen, je kleiner ihr Abstand im Bogen ist; so ist wegen

$$\frac{\Pi}{\varepsilon} > \frac{\Pi'}{\varepsilon} \text{ d. h. } \Pi > \Pi', \text{ offenbar das Farbenpaar } (\beta) \text{ näher zu einander ver-}$$

wandt wie jenes von (α) und zwar im Verhältnisse von 8.24 : 12.75 oder beinahe 2 : 3. —

Aufgaben ähnlicher Art finden auf Grundlage der bereits angestellten Betrachtungen eine gleich einfache wie sichere Lösung.

§. 11.

Auf Grundlage der bisher gepflogenen Betrachtungen dürfte nachfolgende Systematik und Nomenclatur gerechtfertigt und nicht unpassend erscheinen. —

Alle Farben zerfallen, abgesehen von ihrer Intensität, die ohnedies etwas Zufälliges ist:

α) in *stetige* (für die Wahrnehmung *einfache*), d. h. in solche, durch welche selbst nicht eine dunkle Vorstellung eines Zusammengesetztseins im Bewusstsein rege wird. Ihr Charakter ist die Erzeugung einer ohne Ausnahme wohlthuenden angenehmen befriedigenden Empfindung.

β) In *discrete* (für die Wahrnehmung *zusammengesetzte*) entweder der Zeit oder dem Raume nach, und diese erregen eine mehr oder weniger dunkle Vorstellung einer Zusammengesetztheit, eines kaum mehr wahrnehmbaren Neben- oder Nacheinanderseins. Ihr Eindruck ist meistens ein wenig angenehmer, weniger befriedigender, ermüdender, und wir pflegen in den meisten Fällen zu sagen, die betreffende Farbe sei unrein oder schmutzig.

Die stetigen oder (im obigen Sinne) einfachen Farben, mit denen allein wir es hier zu thun haben, treten auseinander in nachfolgender Gliederung:

Allgemeiner Repräsentant sämmtlicher Farben ist:

$$F = \sqrt{r^2 + b^2 + g^2}.$$

I. Classe: primäre oder Hauptfarben:

Charakter: von den drei Grössen r , b , g , immer je zwei derselben Null, und zwar mit den Species:

1. *Roth*, bei fehlendem g u. b . — Formel: $F = r$.
2. *Blau*, bei fehlendem r u. g . — Formel: $F = b$.
3. *Gelb*, bei fehlendem b u. r . — Formel: $F = g$.

II. Classe: binäre oder Mischfarben aus zweien:

Charakter: von den drei Grössen r , b , g , immer je eine Null, und zwar mit den Species:

1. *Grün*, wenn Roth fehlt. — Formel: $F = \sqrt{b^2 + g^2}$; Bezeichnung: $F = gb = G$.
2. *Orange*, wenn Blau fehlt. — Formel: $F = \sqrt{r^2 + g^2}$; Bezeichnung: $F = rg = O$.
3. *Violett*, wenn Gelb fehlt. — Formel: $F = \sqrt{b^2 + r^2}$; Bezeichnung: $F = rb = V$.

Jede dieser Hauptspecies zerfällt wieder in nachfolgende Varietäten und zwar:

Species Grün $\sqrt{b^2 + g^2}$.	}	<ol style="list-style-type: none"> 1. Neutrales Grün, wenn $g = b$; — Bezeichnung: $F = G$. 2. Blaugrün, wenn $b > g$; — Bezeichnung: $F = bG$. 3. Gelbgrün, wenn $b < g$; — Bezeichnung: $F = gG$.
Species Orange $\sqrt{r^2 + g^2}$.	}	<ol style="list-style-type: none"> 1. Neutrales Orange, wenn $r = g$; — Bezeichnung: $F = \Theta$. 2. Rothorange, wenn $r > g$; — Bezeichnung: $F = r\Theta$. 3. Gelborange, wenn $r < g$; — Bezeichnung: $F = g\Theta$.
Species Violett $\sqrt{r^2 + b^2}$;	}	<ol style="list-style-type: none"> 1. Neutrales Violett, wenn $r = b$; — Bezeichnung: $F = \mathcal{V}$. 2. Rothviolett, wenn $r > b$; — Bezeichnung: $F = r\mathcal{V}$. 3. Blauviolett, wenn $r < b$; — Bezeichnung: $F = b\mathcal{V}$.

III. Classe: tertiäre oder Mischfarben aus dreien.

Charakter: Von den drei Grössen r , b , g ist keine Null und zwar mit den 7 Species:

1. Neutrales Grau (Schwarz und absolutes Weiss einbegriffen); wenn $r = g = b$. — Bezeichnung: $F = W$.
 2. Rothgrau, wenn $b = g < r$ ist. — Bezeichnung: $F = rW$.
 3. Blaugrau, wenn $r = g < b$ ist. — Bezeichnung: $F = bW$.
 4. Gelbgrau, wenn $b = r < g$ ist. — Bezeichnung: $F = gW$.
 5. Grüngrau, wenn $r < b$ ist. — Bezeichnung: $F = GW$.
 6. Orange-
grau, wenn $b < r$ ist. — Bezeichnung: $F = OW$.
 7. Violett-
grau, wenn $g < r$ ist. — Bezeichnung: $F = VW$.
- } mit je drei Varietäten.

Die letzten drei Species zerfallen wieder in nachfolgende Varietäten:

Species Grüngrau $\sqrt{r^2 + b^2 + g^2}$.	}	<ol style="list-style-type: none"> 1. Neutrales Grüngrau, wenn nebst obigem zugleich $b = g$ ist. — Bezeichnung: $F = GW$. 2. Blaugrüngrau, wenn nebst obigem noch $b > g$. — Bezeichnung: $F = bGW$. 3. Gelbgrüngrau, wenn nebst obigem noch $b < g$ ist. — Bezeichnung: $F = gGW$.
Species Orangegrau $\sqrt{r^2 + b^2 + g^2}$.	}	<ol style="list-style-type: none"> 1. Neutrales Orangegrau, wenn nebst obigem noch $r = g$ ist. — Bezeichnung: $F = \Theta W$. 2. Rothorangegrau, wenn nebst obigem noch $r > g$ ist. — Bezeichnung: $F = r\Theta W$. 3. Gelborangegrau, wenn nebst obigem noch $r < g$ ist. — Bezeichnung: $F = g\Theta W$.

- Species Violettau
 $\sqrt{r^2 + b^2 + g^2}$.
- 1. Neutrales Violettau, wenn nebst obigem $r = b$ ist. —
 Bezeichnung: $F = VW$.
 - 2. Rothviolettau, wenn nebst obigem $r > b$ ist. —
 Bezeichnung: $F = rVW$.
 - 3. Blauviolettau, wenn nebst obigem $r < b$ ist. —
 Bezeichnung: $F = bVW$.

§. 12.

Eine jede Anordnung von fast zahllosen Vorstellungen, mag sie nun einer graphischen Darstellung fähig sein oder nicht, muss als eine brauchbare und dankenswerthe bezeichnet werden, bei welcher jeder Einzelvorstellung ihre bestimmte Stelle und jeder Stelle in diesem Systeme ihre bestimmte Vorstellung angewiesen ist. — Soll indess eine solche Einordnung oder Classification mehr gewähren als eine blosse schematische Zusammenstellung behufs des leichteren Auffindens, — soll sie zu neuen Begriffen verhelfen, die bereits angenommenen und gebräuchlichen in ihrem wahren Zusammenhange zeigen. — kurz soll sie uns zu neuen nützlichen Kenntnissen führen: — so muss ihr Princip ein organisches sein, und dieselbe sich aus Begriffen aufbauen, die an sich und deren wechselseitiges Verhältniss als wahr und richtig von jedermann erkannt werden. —

Alle mir bekannt gewordenen diessfallsigen Versuche einer Classification der Farben scheinen mir nun so durchaus mangelhaft und unrichtig, dass ich dem eigenen Verlangen nicht entstehen konnte, einen Versuch zu wagen, diesem fühlbaren Bedürfnisse abzuhelfen oder vielmehr den Weg zur Abhilfe hiezu durch gegenwärtige rhapsodische Bemerkungen anzubahnen. Ob man sich geneigt finden wird, diesen Gedanken einigen Werth zuzuerkennen und sie einiger Beachtung zu würdigen, muss ich der Zeit und dem sachkundigen Urtheile des wissenschaftlichen Publicums anheimstellen, erlaube mir aber zu bemerken, dass ich es schon für ein Verdienst halten würde, wenn es mir durch gegenwärtigen Aufsatz gelegen sollte, die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt auf einen Gegenstand zu lenken, den man nunmehr wohl schon über ein halbes Jahrhundert zur Seite gelegt zu haben scheint. Entspricht, wie kaum zu bezweifeln, des gelehrten *Arago* schöne Erfindung eines Instrumentes zur Analyse vorliegender objectiver Farben den allerwärts gehegten Erwartungen, so dürfte auch die Zeit nicht ferne sein, die gegenwärtigen Ideen einer praktischen Anwendung überliefert zu sehen.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

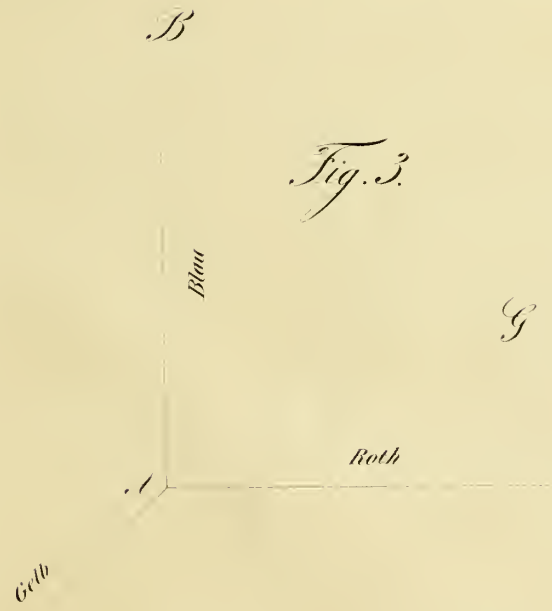


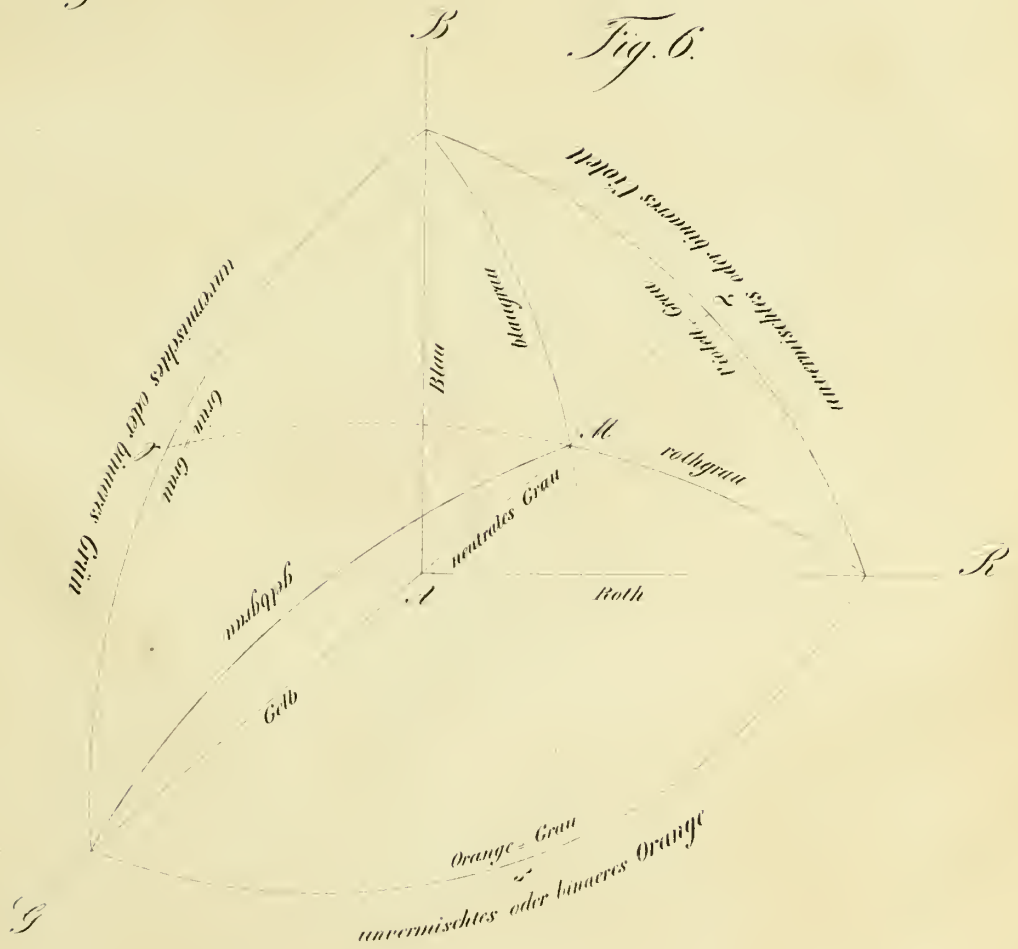
Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der königl.- böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften](#)

Jahr/Year: 1847

Band/Volume: [5_5](#)

Autor(en)/Author(s): Doppler Christian Andreas

Artikel/Article: [Zwei weitere Abhandlungen aus dem Gebiete der Optik 1. Über die Anzahl der möglichen Gesichtswahrnehmungen 2. Versuch einer systematischen Classification der Farben. 389-412](#)