wonnen werden kann. Nur einen Punkt, den mir Clausius nicht einzuräumen scheint, muß ich urgiren. Wenn es sich darum handelt, die empirischen und mathematischen Elemente getrennt zu halten, so kann mir eine Darstellungsweise nicht genügen, wo empirische Größen während der Rechnung in Unbekannten auf unbekannte Weise enthalten sind, und erst später näher bestimmt werden. Hiermit erledigt es sich gleichfalls von selbst, warum ich das Princip nicht erst allgemein, sondern sogleich in seiner Verbindung mit den speciellen Voraussetzungen über die permanenten Gase entwickelt habe.

Den Umstand, dafs man nicht die Capacitäten einzeln, sondern nur ihre Differenz als constant zu betrachten braucht, habe ich nur deshalb unerwähnt gelassen, weil gemeinhin der Quotient als constant angesehen wird, so dafs es die Differenz nicht seyn kann, wenn es nicht beide einzeln sind.

X. *Ueber Binocularsehen durch verschieden gefärbte Gläser; von H. W. Dove.*

(Aus den Monatsberichten der Akademie, März 1857.)

Es ist, sagt Brücke, in einem Aufsatz über die Wirkung complementär gefärbter Gläser beim Binocularsehen lange darüber gestritten worden ¹⁾, ob zwei verschiedene Farben, welche gleichzeitig die eine dem einen, die andere dem andern Auge dargeboten werden, sich in derselben Weise zu einer Resultante combiniren können, wie dies geschieht, wenn die Eindrücke beider auf derselben Netzhaut über einander fallen. Die Frage hat ihr eigenthümliches physiologisches Interesse. Vereinigen sich die Farben durchaus nicht, so beweist dies, dafs die ihnen entsprechenden Erregungszustände sich nur in der Netzhaut

1) Bericht d. Wiener Akad. 1853, Bd. 90, S. 606.

mit einander verbinden können und dann die Resultante derselben zum Gehirn fortgepflanzt wird. Ist es dagegen möglich zwei Farben zur Vereinigung zu bringen, von denen die eine mit dem rechten, die andere mit dem linken Auge gesehen wird, so beweist dies, daß die ihnen entsprechenden Erregungszustände einzeln dem Gehirn zugeführt, sich in demselben noch zu einer Resultante verbinden lassen. Schon im Jahre 1806 gab de Haldat im *Journal de Physique* an, daß eine solche Vereinigung wirklich stattfinde, wenn man vor beide Augen verschieden gefärbte Gläser hält. Dieser Versuch ist von vielen guten Beobachtern angestellt worden, aber nur einzelne Stimmen erhoben sich für de Haldat; alle übrigen vereinigten sich dahin, daß man bald die eine, bald die andere Farbe, bald das ganze Sehfeld in der Mitte getheilt, und auf beiden Seiten verschieden gefärbt sehe, kurz eine Vereinigung der Farben nicht zu Stande komme. So stand die Sache, als ich in den Monatsberichten Jahrg. 1841 S. 251 (über die Combination der Eindrücke beider Ohren und beider Augen zu einem Eindruck) mit Hülfe des Stereoskops mich und viele andere überzeugte, daß die in demselben beiden Augen dargebotenen durch einen Polarisationsapparat erzeugten Farben sich in der That zu derselben Resultante combiniren, welche sich erzeugt haben würde, wenn sie beide gleichzeitig ein und derselben Netzhaut dargeboten worden wären. Dies Resultat ist seitdem mit theilweis veränderten Hilfsmitteln mehrfach bestätigt worden, 1846 von Seebeck (über die fragliche Combination des rechten und linken Eindrucks beim Gehör- und Gesichtssinne Pogg. Annalen Bd. 68. S. 449), 1849 von Foucault und Regnault (*Note sur quelques phénomènes de la vision au moyen des deux yeux; Compt. rend. T. 28, p. 78*), 1850 von mir selbst (über das Binocularsehen prismatischer Farben, Monatsbericht 1850 S. 152'), und die oben gestellte physiologische Frage ist als endgültig entschieden zu betrachten. Zweifelhaft kann nur seyn, in wie fern der erwähnte einfache Versuch von de Haldat geeignet war eben jene

1) Ann. Bd. 80; S. 446.

Frage zu beantworten, ob de Haldat anders organisirt war als Hunderte von Menschen, welche denselben Versuch angestellt haben, und sein Resultat nicht wiederfinden konnten, oder ob jene Hunderte nur nicht unter den geeigneten Bedingungen experimentirten. Brücke zeigt nun, daß wenn man nach einem Fenster durch complementar gefärbte Gläser blickt, man seitlich die Farben getrennt an der Sparre sieht, in der Mitte aber die Combination in der eigenthümlichen Beleuchtung, wie sie eine *London-smoke* Brille giebt. Diesen Eindruck gaben natürlich mit größerer Verdunkelung auch die vor demselben Auge über einander gelegten Gläser. Ich besitze ein rothes und grünes Glas, bei denen diese Vergleichung ganz wegfällt, da sie über einander gelegt das Tageslicht so verdunkeln, daß man auf ein Brett zu sehen glaubt.

Wenn ich nach allen hier erwähnten Versuchen noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkomme, so geschieht dies deswegen, weil ich gefunden habe, daß man in aller Strenge zeigen kann, daß, wenn man bei binocularem Sehen durch verschieden gefärbte Gläser sich abwechselnd des Eindrucks des einen und des andern Auges bewußt wird, der Durchgang stets durch eine wirkliche Combination erfolgt. Ueber den Farbenton, in welchem man bei der Combination Gegenstände sieht, läßt sich streiten, nicht aber darüber, ob ein ganz neues Phänomen bei binocularer Betrachtung erfolge, welches bei monocularer nicht eintritt. Das Mittel ist ein sehr einfaches, nämlich durch die verschiedenen vor die beiden Augen gehaltenen Gläser ein Bild zu betrachten, welches in den beiden Farben der Gläser so ausgeführt ist, daß bei einem rothen und grünen Glase z. B. ein grünes Bild in einem rothen Felde entworfen ist, oder ein rothes Bild in einem grünen Felde. Sehr geeignet dazu sind die zur Darstellung der Erscheinung der flatternden Herzen veröffentlichten Bilder und farbige Spiralen nach Analogie der von mir für subjective Farben construirten bei denen aber der dort weiße Grund in der Farbe des zweiten Glases gemalt ist. Am entschiedensten

wird die Erscheinung, wenn die farbigen Gläser so gewählt sind, daß wenn man durch eins allein sieht, die davon verschiedene Farbe des Bildes sich zu schwarz verdunkelt, welches man mit roth, blau und grün, nicht aber mit gelb erreichen kann.

Betrachtet man nun mit einem rothen Ueberfangglase vor dem einen, und einem tief blauen Glase vor dem andern Auge das blaue Bild in rothem Felde, so sieht man zuerst das Bild schwarz auf rothem Grunde, man wird sich also des Eindrucks des rothen Glases zuerst bewußt. Plötzlich aber tritt das blaue Bild hervor und zugleich erscheint das Ganze so lebhaft glänzend, als wären die Farben in Porcellan oder Glas ausgeführt. Besonders bei Roth und Grün ist das Alterniren der Erscheinung höchst charakteristisch. Zuerst sieht man das Grün dunkel im rothen Felde, dann beide glänzend, darauf verdunkelt sich das Roth während man das Grün sieht, dann von Neuem beide glänzend, wobei jedesmal, so wie man nur eine Farbe sieht, diese vollkommen glanzlos erscheint. Der Glanz ist am auffallendsten, wenn man auf die Zeichnung senkrecht herabblickt. Nun habe ich aber früher durch stereoskopische Versuche gezeigt, daß Glanz durch binoculare Combination einer schwarzen und einer weißen, oder zweier farbigen Flächen entsteht. Die hier mitgetheilten Versuche sind also entscheidend für die Combination der Eindrücke unter den einfachen Bedingungen, unter welchen de Haldat zuerst seine Beobachtungen anstellte.

Da bei Allen, welchen ich diese Versuche mit einem rothen und einem blauen Glase zeigte, der Eindruck des rothen Glases zuerst zum Bewußtseyn kam, so paßt sich das nicht achromatische Auge entweder überhaupt zuerst der größsen Entfernung für das rothe Licht an, oder man wird sich, wenn verschiedene Farben plötzlich gleichzeitig dem Auge dargeboten werden, zuerst der weniger brechbaren Farbe bewußt. Auf diese Weise würde sich mir erklären, warum ich bei dem Entladen einer Kleistischen Flasche sehr häufig den weißen Funken seitlich durch rothe Stel-

len begrenzt sehe, und mir ein ganz unerwarteter erster Blitz eines Gewitters oft roth erschienen ist. Wenn ich aber die oben beschriebenen Versuche im Dunkeln, welches plötzlich durch starke elektrische Entladungen erleuchtet wurde, anstellte, so sah ich oft die blaue Zeichnung dunkel auf hellem Grund, mitunter aber auch diese hell auf dunkeln Grunde, so dafs ich also die erstere Erklärung für wahrscheinlicher halte.

Es braucht wohl nicht erst hinzugefügt zu werden, dafs die beschriebenen Erscheinungen in gleicher Weise sich darstellen, wenn man die Gläser unter einander vor beiden Augen vertauscht, sie also nicht auf eine Ungleichheit beider Augen zurückgeführt werden können.

Ich habe früher gezeigt (Monatsbericht 1851 S. 255) ¹⁾, dafs, wenn man im Stereoskop zwei mit weissen Linien auf schwarzem Grund entworfene Projectionen durch verschiedene farbige Gläser betrachtet, man das Relief erhält, aber die Kanten des Körpers aus verschiedenfarbigen der ganzen Länge nach einander berührenden Linien bestehen, dafs also verschiedene farbige Linien sich bei stereoskopischer Combination neben einander legen, nicht decken. Dem entsprechend erscheint im Dunkel der Funke aus dem Conductor einer Elektrisirmaschine als zwei getrennte verschiedenfarbige Funken, wenn man ihn binocular durch verschiedenfarbige Gläser betrachtet, während die breite Lichtmasse des Entladungsfunkens einer Flasche aus zwei verschiedenfarbigen Flecken besteht, welche theilweise in einander greifen.

1) Ann. Bd. 83, S. 169.