als die Ursache der Brechbarkeitsveränderung ansieht, und ergeht sich in einigen Speculationen, um das Gesetz zu erklären, nach welchem die Brechbarkeit des Lichts durch den Proceß der inneren Dispersion stets erniedrigt wird.

XI. Ueber eine photometrische Eigenschaft der Daguerre'schen Platten; von Hrn. Pouillet.

(*Compt. rend. T. XXXV. p. 373.*)

Bei photographischen Beschäftigungen bemerkte ich an den Bildern, die man auf versilberten Platten bekommt, eine sonderbare Eigenschaft, die ohne Zweifel schon den meisten Beobachtern aufgefallen seyn wird, meines Wissens aber noch nicht benutzt worden ist. Es scheint mir nämlich, daß diese Eigenschaft ein Mittel liefere, das Beleuchtungsvermögen verschiedener Farben zu vergleichen, z. B. zu finden, ob ein rother Stoff mehr oder weniger Licht zurücksende als ein blauer oder sonstwie gefärbter, sobald beide vom Himmelslicht oder von andern farbigen Lichtern beleuchtet werden; und selbst mit gewisser Annäherung die relativen Mengen dieser verschiedenen Lichter, gemessen durch ihre Wirkung auf das Auge, zu bestimmen. Das ist das Princip der Vergleichen, die ich hier in wenigen Worten kennen lehren will.

Bekanntlich sind die Daguerre'schen Bilder spiegelnd, und die schwärzesten Partien werden darin von den Stellen gebildet, die den Glanz ihrer ursprünglichen Politur nahezu ganz behalten haben, während die weißesten Partien durch die Stellen erzeugt werden, wo die Platte mehr oder weniger matt geworden ist.

Es ist wichtig zu bemerken, daß in den spiegelndsten Bildern die weißesten Stellen noch die Eigenschaft behalten, eine gewisse sehr beträchtliche Menge des einfallenden

Lichtes spiegelnd zu reflectiren. Das Matte ist gewissermaßen auf dem Spiegel nur ein leichter Fleck von geringer Dicke, welchen das Licht durchdringt, um darunter an dem Spiegel eine regelmäßige Reflexion zu erleiden; auch sieht man auf diesen weissen Stellen etwas helle Gegenstände durch Reflexion in sehr richtiger Gestalt, nur in der Farbe weifs verschleiert. Auf den wenigst spiegelnden Bildern ist die Schicht, welche das Matte bildet, nicht so dick, dafs nicht noch an den intensivsten weissen Stellen eine sehr merkliche regelmäßige Reflexion stattfindet. Man sieht die Gegenstände wie in einem stark fleckigen Spiegel; die Umrisse bleiben, aber die zarten Züge sind verschwunden, und die Farbe ist wie durch einen dicken weissen Schleier verhüllt.

Wie man auch ein ebenes Daguerre'sches Bild gegen das Tageslicht halten möge, so kann man doch immer jeden seiner Punkte als das Centrum einer Halbkugel betrachten, das, in Richtung eines jeden Radius derselben, einen Lichtpinsel von den umgebenden Gegenständen auffängt. Hängt die Platte z. B. senkrecht an der Wand und im Gegenlicht zwischen zwei Fenstern eines Zimmers, so empfängt sie von allen Punkten des Innern, mit Ausnahme der Wand woran sie hängt, Lichtpinsel, und man kann ein Blatt schwarzen Papiers nicht auf den Fußboden, an die Decke oder die drei Seitenwände bringen, ohne dafs nicht das Bild weniger beleuchtet würde, als es zuvor war; nur wird das Papier in einem grofsen Zimmer eine geringe Wirkung haben, weil es nur ein sehr kleines Stück der Halbkugel beleuchtet.

Es ist leicht zu erschen, dafs diefs einfallende Licht sich sehr verschieden vertheilt, je nachdem es auf schwarze, auf weisse oder intermediär abgestufte Stellen fällt. Alles von der erhellenden Halbkugel ausgesandte Licht, welches auf eine schwarze Stelle fällt, wird daselbst spiegelnd reflectirt, und weil die Politur sehr vollkommen ist, kann daselbst keine Diffusion stattfinden; allein dasjenige, was auf die weifsesten Stellen fällt, wird z. B. nur zum Viertel

spiegelnd reflectirt, und zu drei Vierteln nach allen Richtungen zerstreut (wenigstens wenn man den kleinen Antheil, der absorbirt wird, vernachlässigt). Es ist dieses diffundirte Licht, welches die weissen Stellen des Bildes sichtbar macht und mit mehr oder weniger Glanz hervortreten läßt.

Gesetzt nun, man schaue etwas schief auf das Bild, um sich nicht selbst wie in einem Spiegel zu erblicken, und stelle sich in die Entfernung des deutlichen Sehens, das Auge unbeweglich in dieser Lage haltend, so empfängt dieses dreierlei Licht:

- 1) sieht es auf den schwarzen Stellen durch spiegelnde Reflexion die Punkte des Zimmers, welche seiner Lage entsprechen;
- 2) sieht es auf den weissen Stellen durch mehr oder weniger verschleierte spiegelnde Reflexion die Punkte des Zimmers, die ebenfalls seiner Lage entsprechen.
- 3) sieht es die weissen Stellen durch diffuses Licht aus der gesamten Halbkugel.

Welches wird nun die definitive Resultante aller dieser zum Phänomen des Sehens beitragenden Lichter seyn? das weiß Jedermann. Man braucht nur ein Daguerre'sches Bild anzublicken, um zu wissen, daß es sehr lebhaft *positiv* und sehr gut modellirt gesehen wird, wenn alle Punkte des Zimmers, auf welche es sich projecirt, schwarz oder dunkel sind; daß dagegen, wenn diese weiß oder sehr hell sind, das Bild *negativ* gesehen wird, die schwarzen Stellen lebhaft erleuchtet, und die weissen nur wie Flecke auf einem Spiegel erscheinen.

Bringt man eins ums andere einen halben Bogen schwarz und einen halben Bogen weiß Papier an den Punkt des Zimmers, welcher direct durch Reflexion gesehen wird, so hat man abwechselnd ein positives Bild, auf welchem das Schwarz sehr dunkel und das Weiß sehr hell ist, und ein negatives Bild, auf welchem die schwarzen Stellen das lebhafteste Weiß des durch Reflexion gesehenen Bildes zeigen,

und die weissen Stellen dagegen als mehr oder weniger dunkle Schatten erscheinen.

Die Erklärung dieses Phänomens bildet sich von selber dar. Im zweiten Fall sind die weissen Stellen nicht weniger weifs wie im ersten, denn die beleuchtende Hemisphäre, welche diese Stellen sichtbar macht, ist durch die successive Anwesenheit der beiden Blätter Papier nicht merklich verändert worden; allein sie erscheinen nur noch als Schatten neben dem viel lebhafteren Weifs des Papiers, welches auf den schwarzen Stellen durch directe Reflexion gesehen wird. Das Bild wird also negativ, wenn die an den schwarzen Stellen spiegelnd reflectirte Lichtmenge auf das Auge einen lebhafteren Eindruck macht als das von den weissen Stellen zurückgesandte.

Daraus ergibt sich, dafs das Daguerre'sche Bild einen *Gleichgewichtspunkt* d. h. einen Punkt vollständiger *Un-sichtbarkeit* haben mufs, und dafs das Gleichgewicht stattfindet, sobald das an den schwarzen Stellen reflectirte Licht auf das Auge denselben Eindruck macht wie das, welches es von den weissen empfängt. Diefs ist die anfangs erwähnte Eigenschaft, die schon bemerkt seyn mufs und die mir zur Anstellung chromatisch-photometrischer Vergleiche geeignet scheint. Zeigen wir zuvörderst, wie diese Eigenschaft dargethan werden kann.

Gesetzt man habe Stoffe oder Papier von einem zwischen Schwarz und Weifs abgestuften Grau, in gehöriger Gröfse zu der Entfernung, aus welcher man sie betrachtet, z. B. in Quadraten von 3 bis 4 Decimetern Seite, wenn man sie aus einer Entfernung von 3 bis 4 Metern ansieht. Man wird einen ziemlich hellen oder ziemlich dunklen Farbenton wählen und an die Stelle des vorhin erwähnten weissen oder schwarzen Papiers bringen können, damit das Bild vollständig verschwinde, wenn man es so betrachtet, dafs man diefs Grau durch directe Reflexion sieht. Es ist dann bis zu solchem Grade ausgelöscht, dafs man nicht mehr die Züge erkennt, welche es charakterisiren; die schwarzen und weissen Stellen sind in eins geflossen; es ist

nur noch eine gleichförmige Tinte. Die Platte hat ein intermediäres Ansehen zwischen matt und glänzend, allein das Bild ist verschwunden bis auf die letzte Spur. Nimmt man, unter gleichen Umständen, statt des Gleichgewichtsgrau ein helleres Grau, so wird das Bild sogleich negativ, bei einem etwas dunkleren Grau wird es positiv. Mit einem Wort, es ist hier ein Gleichgewicht, das nichts Ungewisses hat. Ein sehr schwaches Licht, auf der einen oder anderen Seite hinzugefügt, reicht hin es zu zerstören, und das Bild positiv oder negativ erscheinen zu lassen, je nachdem es dem diffusen oder reflectirten Lichte hinzugefügt wird.

Bezeichnet φ die Intensität des aus der hellen Halbkugel kommenden diffusen Lichts, ϱ die Intensität des an den schwarzen Stellen spiegelnd reflectirten Lichts, und $\frac{\varrho}{m}$ die Intensität des an den weissen Stellen spiegelnd reflectirten Lichts, so wird die Gleichgewichtsbedingung ausgedrückt durch

$$\varphi + \frac{\varrho}{m} = \varrho.$$

Gehen wir nun vom weissen zum farbigen Lichte über. Nimmt man statt des Grau, welches eben das Gleichgewicht bildete, irgend eine Farbe, so kann man sie immer von solchem Tone wählen, daß auch sie ein wohl charakterisirtes Gleichgewicht erzeugt, welches eben so empfindlich wie das vorige ist, und, wie dieses, vom positiven ins Negative übergeht, wenn man ein sehr schwaches Licht in dem einen oder anderen Sinne hinzufügt oder abzieht. Gesetzt es sey ein rother Stoff; alsdann ist das diffuse Licht dasselbe an Intensität und Farbe; es bleibt durch φ vorgestellt. Sey ϱ' die an den schwarzen Stellen spiegelnd reflectirte Menge des rothen Lichts, so wird $\frac{\varrho'}{m'}$ die an den weissen Stellen spiegelnd reflectirte Menge seyn und man hat nun:

$$\varphi + \frac{\varrho'}{m'} = \varrho$$

woraus

$$\varrho \left(1 - \frac{1}{m}\right) = \varrho' \left(1 - \frac{1}{m'}\right).$$

Obwohl die weissen Stellen bei Beleuchtung mit Tageslicht ziemlich rein weifs sind, so ist es doch nicht gewifs, dafs man strenge $m=m'$ habe. Indefs schien mir bei den Versuchen, die ich machen konnte, dafs man als eine erste Annäherung $m=m'$ nehmen könne. Daraus ergibt sich $\varrho=\varrho'$, d. h. dafs das Grau und das besagte Roth dieselbe Lichtmenge zurücksenden oder mit demselben Beleuchtungsvermögen begabt sind.

Der Versuch ist noch auffallender, wenn man die beiden verschieden gefärbten Flächen, die man vergleichen will, neben einander legt an einem Punkt, wo sie gleich beleuchtet werden; dann braucht man nur das Auge ein wenig zu verrücken um sie eins ums andere auf denselben Punkten des Daguerre'schen Bildes zu sehen. Gibt z. B. die eine ein positives und die andere ein negatives Bild, so ist diese diejenige, welche das meiste Licht zurücksendet oder welche das stärkere Beleuchtungsvermögen hat. Geben beide positive Bilder, so mufs man beide zusammen gleich stärker beleuchten oder das allgemeine Licht der erhellenen Halbkugel verringern, um eins derselben ins Negative überzuführen. Diejenige von ihnen, welche sich solchergestalt zuerst umwandelt, hat das gröfsere Beleuchtungsvermögen. Geben beide endlich negative Bilder, so mufs man sie weniger beleuchten, was immer leicht ist, oder was noch einfacher ist, das Licht der beleuchtenden Hemisphäre verstärken, entweder indem man Tageslicht durch einen Reflector auf die Platte sendet, oder indem man diese bis zu gehörigem Abstand und fast senkrecht einer Lichtflamme oder einer Lampe nähert, bis das der einen Farbe entsprechende Bild positiv wird. Die Farbe, deren Bild sich solchergestalt zuerst umwandelt, besitzt das schwächere Beleuchtungsvermögen.

So kann man in allen Fällen bei zwei gegebenen und auf gleiche Weise beleuchteten Farben erkennen, welche

von ihnen den stärkeren Eindruck auf das Auge macht. Die verschiedenen Gegenstände, welche ich dieser Probe unterworfen habe, geben Resultate, die anfangs sehr ungewöhnlich erscheinen. Das glänzendste Roth eines Wollen- oder Baumwollensuffs hat ein etwas geringeres Beleuchtungsvermögen als ein sehr dunkles Blau, welches wiederum ein etwas schwächeres Beleuchtungsvermögen als ein Grau hat, welches gewissermaßen nur ein etwas helles Schwarz ist. Nach dem ersten Blicke urtheilend, würde man nicht anstehen, diese Farben gerade in umgekehrte Ordnung zu stellen.

Es ist gut, daran zu erinnern, dafs man, bei jeder Farbe, den Punkt des Gleichgewichts oder der Unsichtbarkeit des Daguerre'schen Bildes besonders zu Gunsten desjenigen Antheils vom farbigen Licht erhält, welcher von den weissen Stellen spiegelnd reflectirt wird und sich dem allgemeinen weissen Licht der beleuchtenden Hemisphäre beimischt; so dafs sich zuletzt das Gleichgewicht herstellt zwischen einer dunklen, aber stärker beleuchteten Farbe und derselben, aber helleren, mehr mit Weiss verwaschenen und weniger beleuchteten Farbe, fast wie sich ein Gleichgewicht des Eindrucks herstellt zwischen einem lebhaft beleuchteten Grau und einem mehr oder weniger beschatteten Weiss.

Deshalb mufs man zu diesen Versuchen Platten auswählen, deren weisse Stellen nicht zu sehr angegriffen sind; die zu matten reflectiren dann spiegelnd nur einen sehr geringen Antheil des einfallenden Lichts und man erhält das Gleichgewicht nicht mit derselben Genauigkeit; es giebt hier aber einen ziemlich grofsen Spielraum, und ich habe keinen merklichen Unterschied verspürt, wenn ich als Vergleichungspunkt auf derselben Platte bald sehr schwach, bald sehr entschieden weisse Stellen nahm, so bald sie nur fast vollständig matt waren.

Ohne Zweifel könnte es geschehen, dafs die Ordnung des Beleuchtungsvermögens der verschiedenen Farben nicht gleich wäre für alle Augen, und dafs sie sich auch mit
dei

der Intensität der Beleuchtung änderte; allein ich bin zu glauben geneigt, daß die Unterschiede nicht sehr groß seyn werden, wenigstens habe ich keine auffallende bemerkt, wenn ich von heiterem Tageslicht zu einem sehr trüben überging, und, als ich verschiedene Personen befragte, blieben die Unterschiede ihres Urtheils auf sehr enge Gränzen beschränkt.

Dasselbe Princip führt zu einer vollständigeren Lösung der Aufgabe. In dem Bisherigen handelte es sich bloß darum zu erkennen, ob eine Farbe ein größeres oder geringeres Beleuchtungsvermögen als eine andere habe; allein durch eine etwas andere Methode kann man das Verhältniß des Beleuchtungsvermögens bestimmen. Diese Methode besteht darin, daß man auf das Daguerre'sche Bild nur ein Licht von bekannter Intensität fallen läßt, und zwar stets von etwas größer, damit man durch Vergleich das diffuse Licht vernachlässigen könne, welches aus den verschiedenen dem Versuch unterworfenen Gegenständen entspringt. Es reicht also hin, die Platte mit einem schwarzen Papier zu bedecken, bis auf einen kleinen Raum von 1 bis 2 Centimeter, den man zum Versuch aufspart, sie dann senkrecht an der einen Wand einer schwarzen quadratischen Kammer von 3 bis 4 Decimeter Seite und 1 bis 2 Decimeter Höhe aufzustellen und in der gegenüberstehenden Wand drei Löcher zu machen: eins in der Mitte um die Platte fast senkrecht durch eine Carcel'sche Lampe zu beleuchten, deren Abstand man ändern kann, um verschiedene Intensitäten von bekanntem Verhältniß zu haben; von den beiden andern, in gleichem Abstand von dem erstern, dient das eine zum Durchgang des auf die Platte einfallenden Lichts, und das andere zum Durchgang des direct reflectirten, so wie des an den weißen Stellen diffundirten Lichts; und vor dieser letzten Oeffnung bringt man bei der Beobachtung das Auge an. Es hat hier durchaus keine Schwierigkeit, der Platte eine kleine Bewegung um eine horizontale Axe zu geben, um successive die beiden in 3 bis 4 Meter Entfernung vertical untereinander aufge-

stellten Gegenstände zur Ansicht zu bringen; übrigens hindert nichts sie näher zu bringen, sobald man die gehörigen Vorsichtsmafsregeln getroffen hat, damit die Verschiebungen der Lampe das natürliche Tageslicht, welches sie erhellt, nicht modificiren. Mittelst dieser Einrichtung reducirt sich der ganze Versuch darauf, dafs man successive der Lampe die beiden Stellungen giebt, die erforderlich sind, um die beiden Gegenstände eins ums andere in Gleichgewicht zu bringen.

Man sieht aus dem Obigen, dafs wenn man so verfährt, die Beleuchtungsvermögen der Probegegenstände sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Abstände der Lampe.

*X. Zweite Notiz über die in Krystallen des regulären Systems künstlich erzeugte Doppelbrechung;
von Hrn. W. Wertheim¹⁾.*

Die Resultate dieser Arbeit sind nach dem Verfasser folgende:

1. Jede dem regulären System angehörige Mineralspecies hat einen constanten Elasticitätscoëfficienten, bestimmbar mit hinreichender Genauigkeit durch den Grundton, den transversal, mit beiden Enden frei schwingende Platten des Krystalles geben.

2. Krystalle, die nur Würfelflächen darbieten, verhalten sich gegen äussere Kräfte wie homogene Körper. Unter gleichen Umständen bewirkt eine gleiche Kraft stets einen gleichen Gangunterschied zwischen dem außerordentlichen und ordentlichen Strahl, in welcher Richtung auch die Kraft wirke, wenn sie nur immer winkelrecht auf den Krystallflächen ist.

1) *Compt. rend. T. XXXV, p. 276.* Die erste Notiz steht in d. Ann. Bd. 86, S. 325.