

3. *Ueber die Absorption des Lichtes in Farbgläsern; von R. Zsigmondy.*

(Hierzu Taf. III–VIII.)

Charakteristische Absorptionsspectren käuflicher Farbgläser sind schon öfters beschrieben worden; man findet z. B. die Absorptionsspectren des blauen Kobaltglases, des roten Kupferglases etc. in Vogel's Spectralanalyse irdischer Stoffe¹⁾ beschrieben und abgebildet. Es ist nun den Glastechnikern bekannt, dass die Farbe eines Glases nicht nur von der Natur des färbenden Oxydes (Eisenoxyd, Kobaltoxyd etc.), sondern auch in hohem Maasse von der Zusammensetzung der Glassubstanz selbst und in vielen Fällen auch von der Behandlung des Glases abhängig ist. So kann man mit Kupferoxyd blaue und grüne, mit Nickeloxyd gelbe und auch violette Gläser erhalten, je nach der Zusammensetzung des Glassatzes, welcher mit dem färbenden Oxyde verschmolzen wird.

Man kann ferner aus einem geeigneten chromhaltigen Glassatze sowohl dunkelgrüne wie auch grüngelbe, getrübte Gläser darstellen; hier ist die Behandlung des erschmolzenen Glases maassgebend für die Farbe des Endproductes.

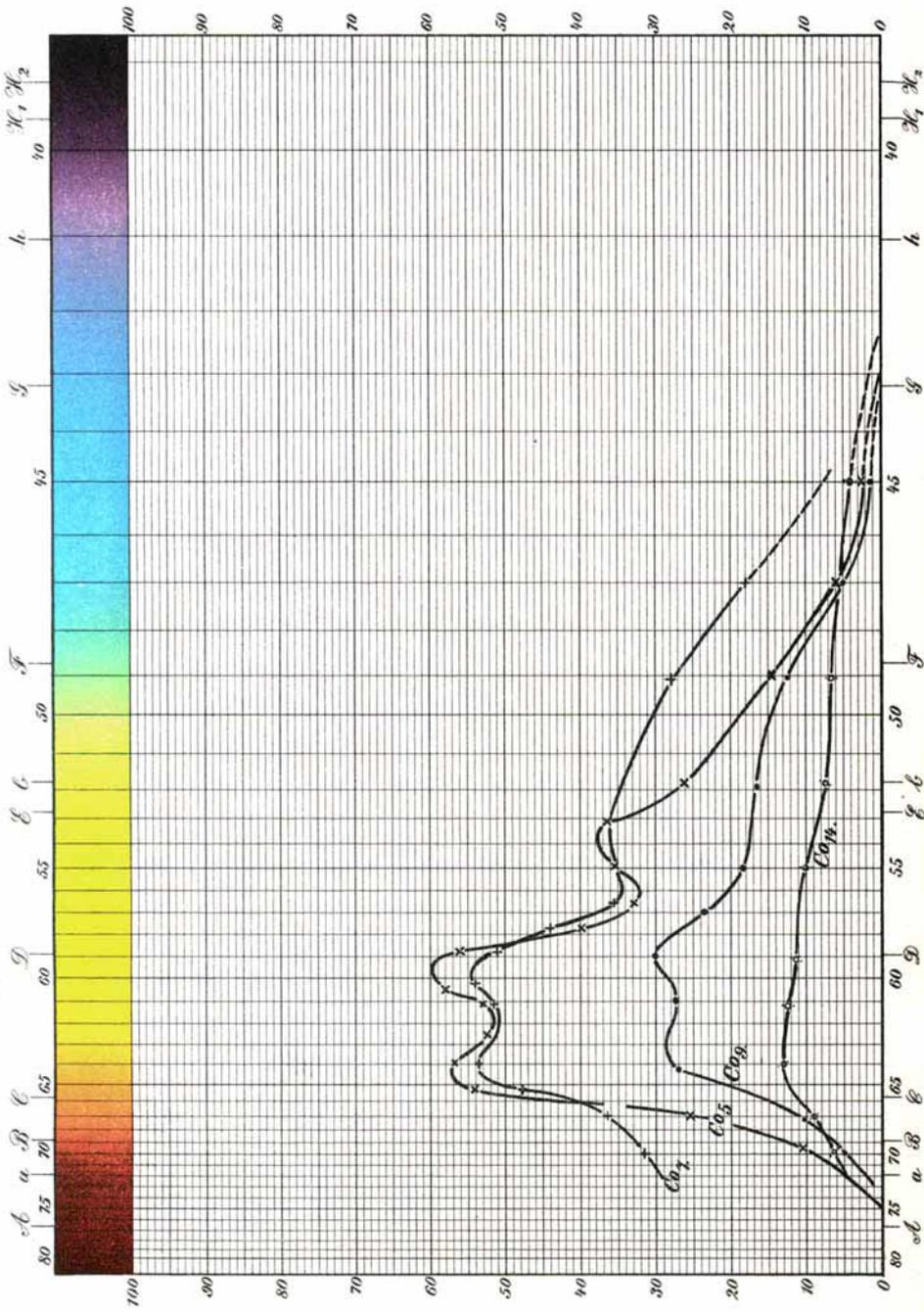
Man ersieht aus diesen Beispielen, dass die Beschreibung des Absorptionsspectrums eines Farbglases, ohne Berücksichtigung der Zusammensetzung und Behandlung des Glases, nur in einzelnen, bestimmten Fällen von Wert sein kann.

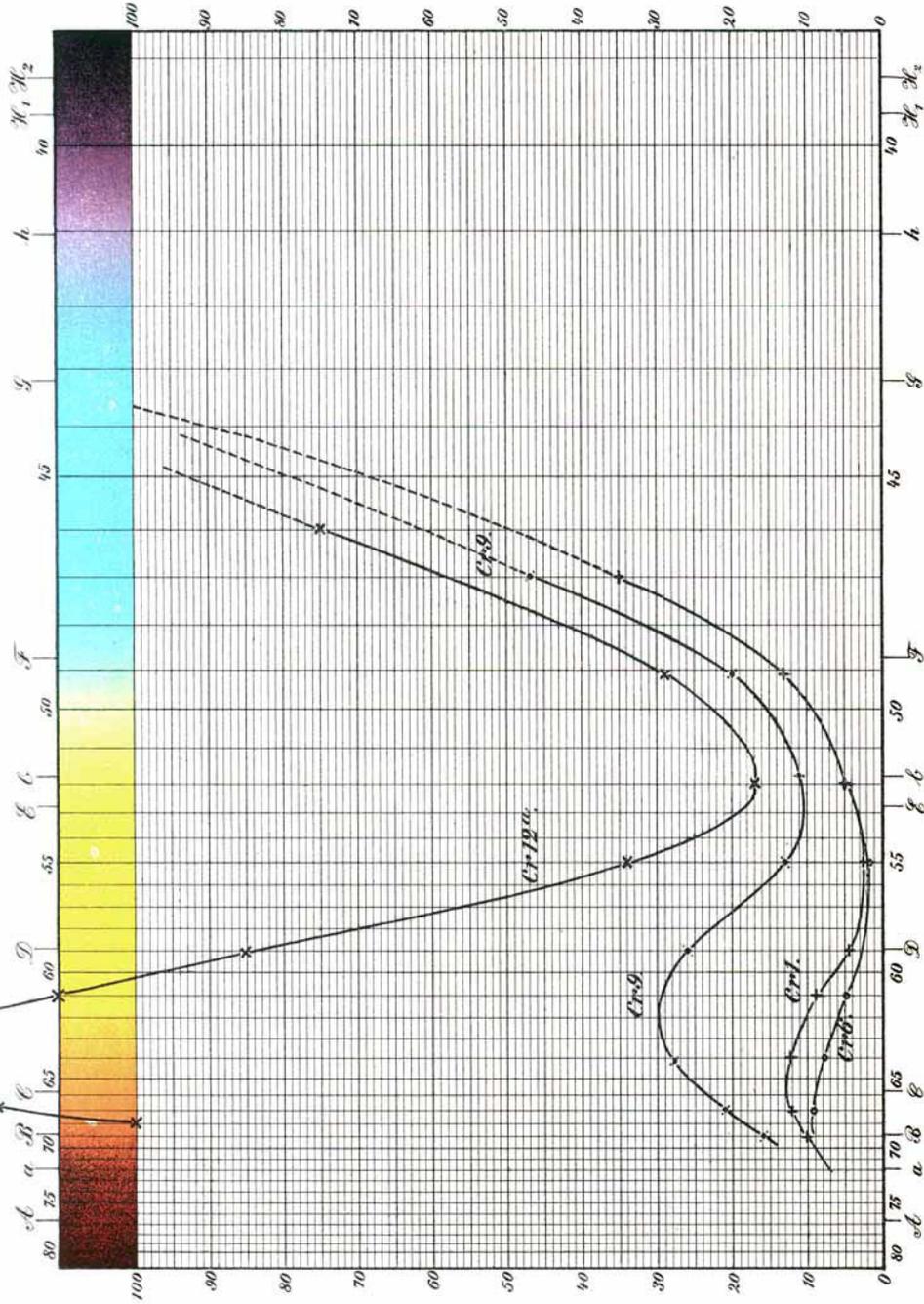
Eine ausführlichere Arbeit von Eder und Valenta²⁾ befasst sich mit der photographischen Darstellung des ultravioletten und sichtbaren Absorptionsspectrums farbloser und gefärbter Gläser.

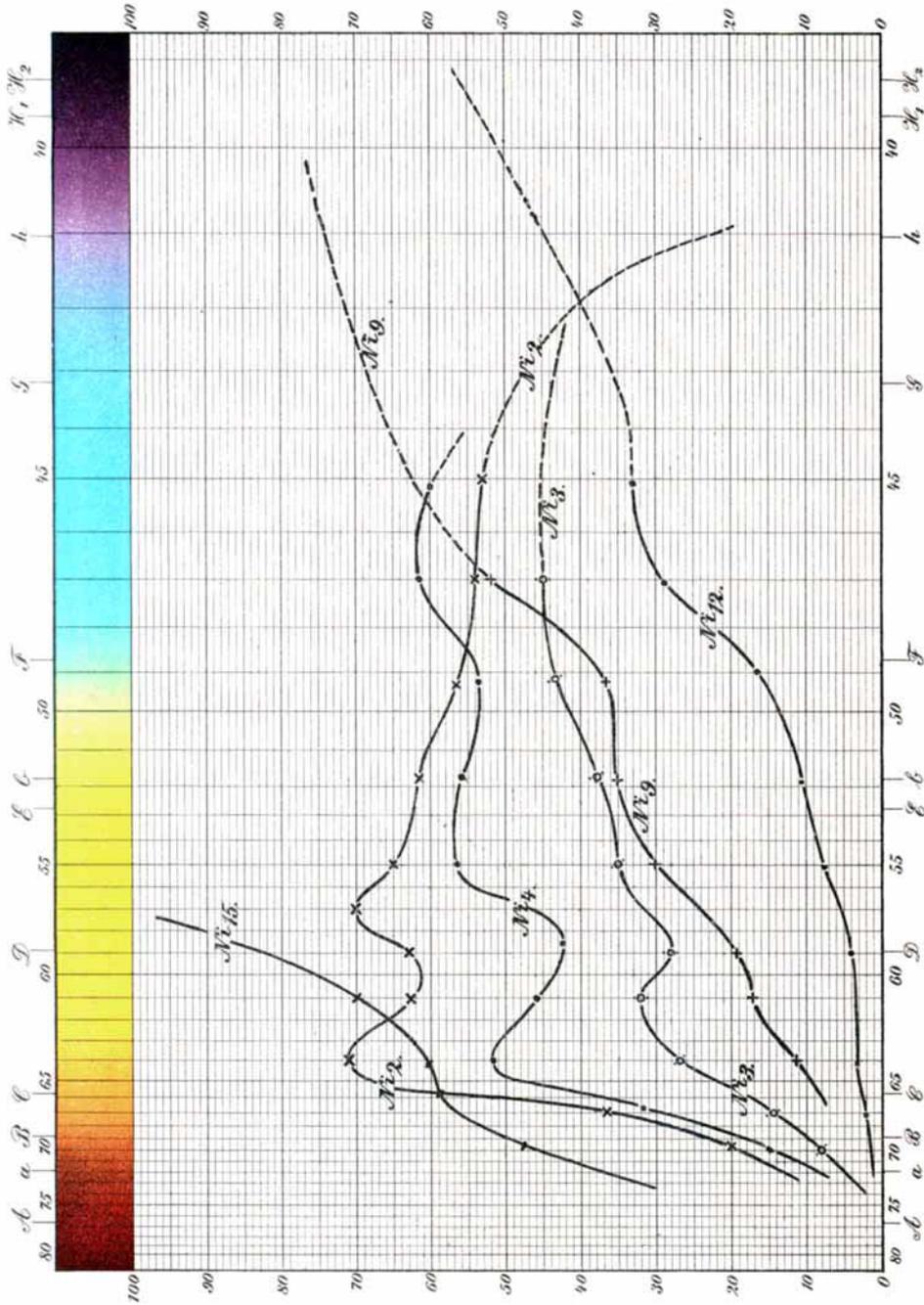
In der vorliegenden Arbeit, welche auf Anregung des Hrn. D. O. Schott im Laboratorium des Jenaer Glaswerkes ausgeführt wurde, soll auf Grund spectralphotometrischer

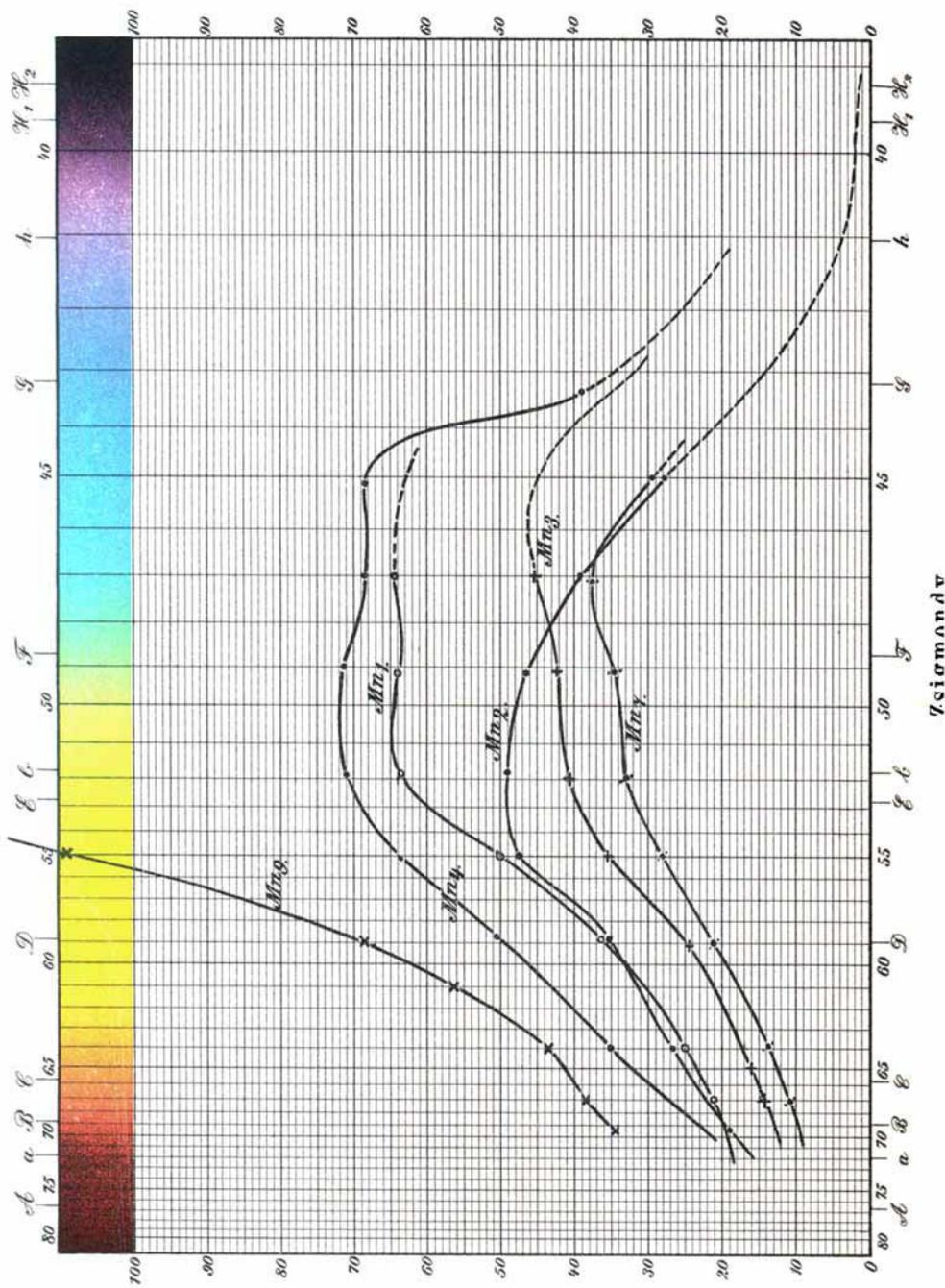
1) Vogel, Spectralanalyse irdischer Stoffe, Berlin 1889.

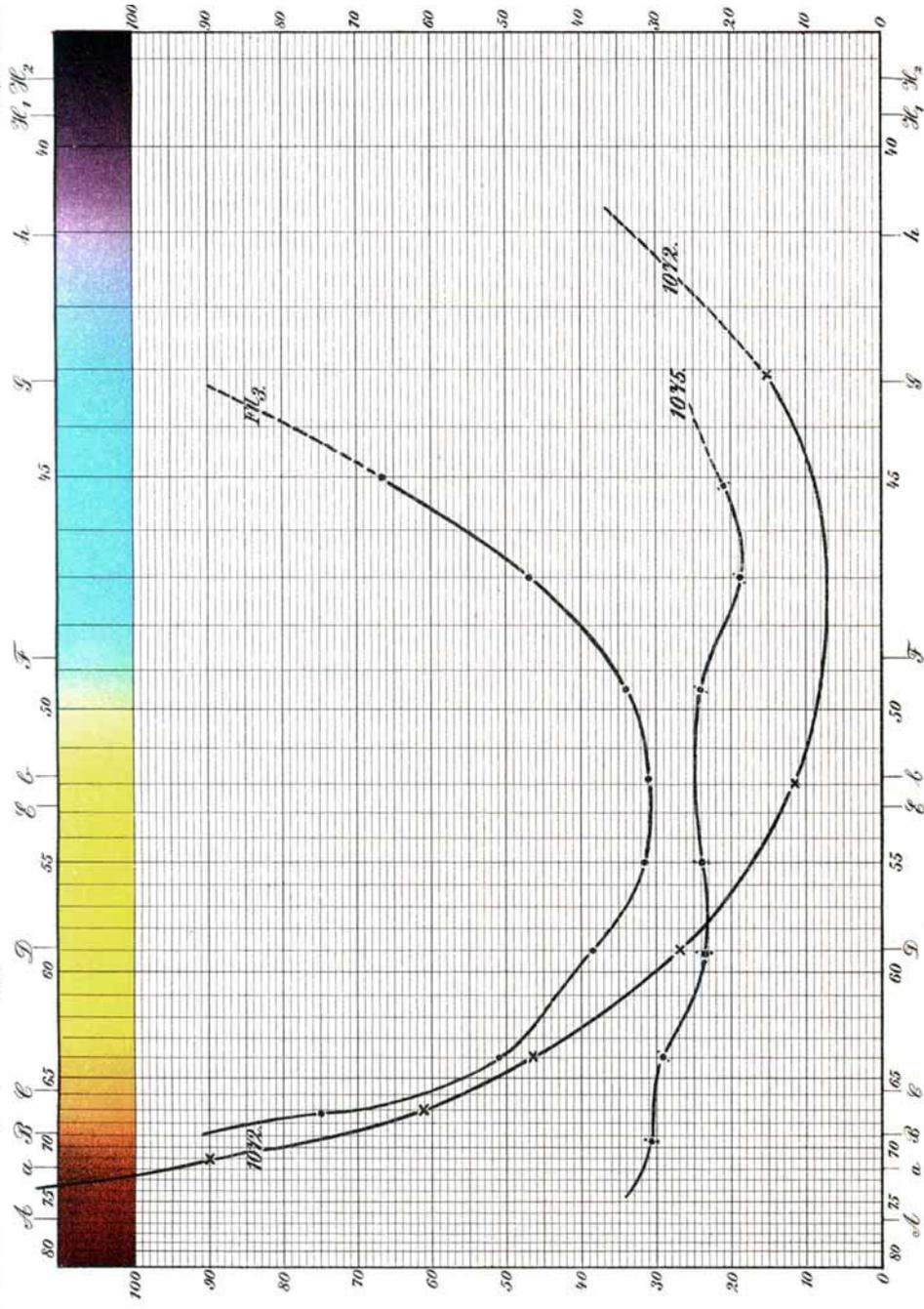
2) Eder u. Valenta, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien 1884. Eder u. Valenta berücksichtigen die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Gläser.











Messung ein möglichst getreues Bild der Lichtabsorption von Farbgläsern bestimmter Zusammensetzung gegeben werden.

Es wurden Gläser nach bestimmten Typen, deren Zusammensetzung den in folgender Tabelle gegebenen Zahlen entspricht, unter Zusatz bestimmter Mengen färbender Oxyde, bei Oxydationsfeuer abgeschmolzen, die Extinctionscoefficienten dieser Gläser mit dem Glan'schen Spectralphotometer gemessen und nach Reduction auf ein vergleichbares Maass in Curven dargestellt.

Tabelle I.

Nr.	Zusammensetzung der Glastypen							
	in Aequivalenten	in Procenten						
		SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	ZnO	PbO	B ₂ O ₃
1	Na ₂ O, 3SiO ₂	74,5	25,4	—	—	—	—	—
2	K ₂ O, 3SiO ₂	65,7	—	34,3	—	—	—	—
3	Na ₂ O, CaO, 5SiO ₂	71,8	14,8	—	13,4	—	—	—
4	K ₂ O, CaO, 5SiO ₂	66,7	—	20,9	12,4	—	—	—
5	Na ₂ O, PbO, 5SiO ₂	51,4	10,6	—	—	—	38,0	—
6	K ₂ O, PbO, 5SiO ₂	48,7	—	15,2	—	—	36,0	—
7	Na ₂ O, ZnO, 5SiO ₂	67,6	13,9	—	—	18,25	—	—
9	Na ₂ B ₄ O ₇	—	30,7	—	—	—	—	69,3
11	B ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	100
15	Bleisilicat	20	—	—	—	—	80	—

Ausser den in der Tabelle angeführten Gläsern wurden noch zwei Borosilicatgläser (ein Natronborosilicatglas Nr. 12 und ein Barytborosilicatglas Nr. 14) in den Kreis der Untersuchung einbezogen.

Die Sätze der in der vorstehenden Tabelle angeführten Gläser wurden mit den färbenden Oxyden bez. mit Lösungen der Nitrats der färbenden Oxyde¹⁾ derart versetzt, dass auf je 100 g der farblosen Glassubstanz die folgenden Mengen färbenden Oxydes kamen:

Chromoxyd 1 g	Manganoxyd 1,0 g
Kupferoxyd 2 g	Eisenoxyd 2,0 g
Kobaltoxyd 0,1 g	Uranoxyd 2,0 g
Nickeloxyd 0,25 g	

1) Bei Chromgläsern auch mit reiner Chromsäurelösung.

Zur abgekürzten Bezeichnung obiger Farbgläser verwende ich die chemische Formel des färbenden Metalles und setze die Nummer des Glastypeus, mit welchem das Farboxyd in obigem Verhältnis verschmolzen war, als Index bei.

So bedeutet Cu_3 ein Glas, welches in 102 g enthält: 2 g CuO , 71,8 g SiO_2 , 14,8 g Na_2O und 13,4 g CaO ; es bedeutet Co_6 : ein Kalibleichsilicatglas, welches in 100,1 Teilen 48,7 Teile SiO_2 , 15,2 Teile K_2O , 36,0 Teile PbO und 0,1 Teil Kobalt-oxyd enthält.

Die Behandlung der Gläser war in allen Fällen die gleiche; ich werde sie bei den Kobaltgläsern kurz beschreiben.

Mit Hülfe des Glan'schen Photometers wurden für jedes Glas an verschiedenen Stellen des Spectrums die Extinctionscoefficienten bestimmt; es erwies sich als zweckmässig, den Bunsen'schen Extinctionscoefficienten beizubehalten. Bunsen und Roscoe¹⁾ definiren bekanntlich den Extinctionscoefficienten als den reciproken Wert derjenigen Schichtendicke, welche die Substanz haben muss, um das durch dieselbe fallende Licht bis auf $\frac{1}{10}$ der Intensität des auffallenden Lichtes durch Absorption abschwächen zu können.

Es ist der Extinctionscoefficient E

$$E = \frac{-\log J}{d},$$

wenn J die Intensität des durchgelassenen Lichtes, d die Schichtendicke des absorbirenden Glases bedeutet und die Intensität des auffallenden Lichtes gleich 1 gesetzt wird.

Da nun — gleiche Bestandteile der Lösung vorausgesetzt — der Extinctionscoefficient der Concentration des Farbstoffs proportional ist, ich aber mit verschieden concentrirten Lösungen (Gläsern mit verschiedenem Procentgehalt an färbender Substanz) operirte, da ausserdem Lösungsmittel von verschiedenem specifischem Gewicht zur Anwendung kamen, so mussten die für verschiedene Gläser gefundenen Extinctionscoefficienten auf einen bestimmten Gehalt von färbendem Oxyde in der Volumeneinheit bezogen werden, um vergleichbare Werte zu bekommen.

Ich nenne den auf den Gehalt von 1 mg Farboxyd pro Cubikcentimeter umgerechneten Extinctionscoefficienten die

1) Bunsen u. Roscoe, Pogg. Ann. 101. p. 238. 1857.

Absorptionsgrösse A des färbenden Oxydes für die betreffende Wellenlänge.

Es ist

$$A = \frac{E}{g \cdot S},$$

wenn S das specifische Gewicht des Glases und g die Anzahl Milligramm Farboxyd in 1 g des Versuchsglases bedeuten.

Die Grösse A wurde nun an verschiedenen Stellen des Spectrums bestimmt und als Function der Wellenlängen graphisch dargestellt.

Vereinfachungen und Fehlerquellen.

Dem Zwecke der vorliegenden Arbeit gemäss, ein den thatsächlichen Verhältnissen annähernd entsprechendes Bild der Lichtabsorption von *zahlreichen* Farbgläsern zu entwerfen, wurden einige Vereinfachungen bei der Messung der physikalischen Constanten durchgeführt, die bei ganz exacten Messungen nicht oder nur unter besonderen Umständen erlaubt sein würden.

So brachte ich, um nicht von jedem Farbglase zwei Plättchen verschiedener Dicke anwenden zu müssen, als Vergleichsglas vor die untere Spalthelfte ein farbloses Glas von annähernd dem gleichen Brechungsexponenten, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass dadurch die Fehler der Reflexion selbst bei stark gefärbten Gläsern genügend eliminirt werden.

Ferner wurde das specifische Gewicht derjenigen Glasarten, welche nur geringe Mengen färbender Oxyde enthielten, nicht besonders bestimmt, sondern gleich dem specifischen Gewicht des typischen, ungefärbten Glases selbst gesetzt.¹⁾

Als weiterer Mangel der vorliegenden Arbeit ist anzuführen, dass das benutzte Glan'sche Spectralphotometer im violetten Teile so lichtschwach war, dass die Messungen nicht über das ganze sichtbare Spectrum, sondern nur etwa bis zur

1) Der Extinctionscoefficient wurde nicht aus dem Mittel zahlreicher Winkelablesungen am Spectralphotometer berechnet, sondern meist aus dem Mittel zweier Ablesungen, wenn diese genügend genau untereinander übereinstimmten; bei einiger Uebung war dies nicht schwer zu erreichen. Diese Vereinfachung auf Kosten der Genauigkeit musste ich einführen, um das grosse Material in der gegebenen Zeit bewältigen zu können.

Wellenlänge $\lambda = 0,450 \mu$ durchgeführt werden konnten. — In solchen Fällen habe ich zuweilen den Verlauf der Curven nach Beobachtungen mit dem sehr lichtstarken Pulfrich'schen Vergleichsspectroskop¹⁾ ergänzt. Diese Ergänzungen, welche nur nach ungefährender Schätzung ausgeführt werden konnten, wurden im Liniensystem als punktirte Linien eingezeichnet.

Trotz der eingangs erwähnten Fehlerquellen haben die Messungen an jenen Gläsern, welche einen Vergleich untereinander zulassen, eine recht befriedigende Uebereinstimmung im Verlauf der Curven ergeben.

Bei denjenigen Farboxyden, welche unter den gegebenen Verhältnissen in einer bestimmten Oxydationsstufe in das Glas eintreten, waren andere Fehlerquellen, als die hier angeführten nicht zu befürchten, wohl aber bei denjenigen Metalloxyden, welche im Glase in verschiedenen Oxydationsstufen enthalten sein können, wie die Oxyde des Eisens, Mangans und Chroms.

Hier konnte trotz Anwendung von Oxydationsmitteln im Satze und oxydirender Flammenführung leicht eine teilweise Reduction der höchsten möglichen Oxydationsstufen eingetreten sein und die Reinheit der Resultate trüben. Auf diese Verhältnisse werde ich später zurückkommen.

Kobaltgläser (Taf. III).

Das Kobalt wurde dem Glassatz in solcher Menge zugesetzt, dass auf 100,1 g fertiges Glas 0,1 g CoO kamen. Die Behandlung der Kobaltgläser war die gleiche, wie die der übrigen Gläser; sie wurden bei oxydirender Flamme abgeschmolzen, zur Beseitigung der Schlieren in feuerflüssigem Zustande gerührt, hierauf in Formen ausgegossen und nach dem langsamen Erkalten zu Platten geschnitten. Die Platten wurden geschliffen und polirt und hierauf mit dem Spectralphotometer untersucht.

Die Absorptionsgrößen der Silicatgläser Co_5 , Co_7 , des Boraxglases Co_9 finden sich in Taf. III dargestellt.²⁾ Zwischen

1) R. Pulfrich, Zeitschr. f. Instrumentenk. 1898. p. 381. Vgl. auch Specialprospect der Firma Zeiss in Jena.

2) Statt der Absorptionsgrößen A habe ich, um den Maassstab des Linienpapieres nicht abändern zu müssen, die Grösse $20 A$ ein-

den Curven von Co_5 und Co_7 liegt diejenige von Co_4 ; die letztere ist nicht eingetragen.

Mit Hülfe des Vergleichsspectroskopes wurden noch die Gläser Co_1 und Co_3 mit den obigen verglichen. Es ergibt sich, dass das Spectrum von Co_3 mit dem von Co_7 zusammenfällt und dasjenige von Co_1 mit dem von Co_5 .

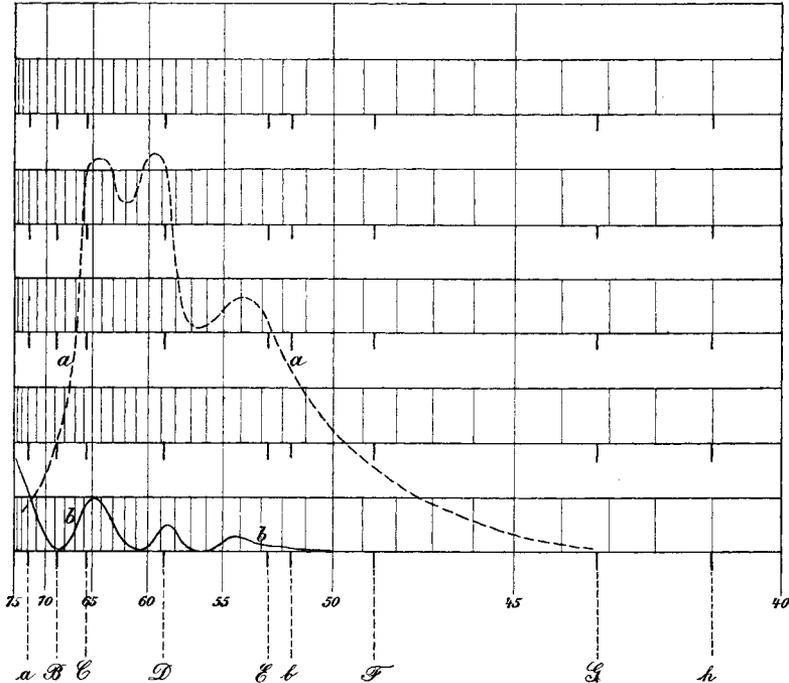


Fig. 1.

a Absorptionsspectrum des Kobaltglases nach Messung mit dem Spectralphotometer.

b Absorptionsspectrum des Kobaltglases nach Beobachtung mit dem Spectroskop.

Von Interesse ist die weitgehende Uebereinstimmung der Absorption der nach dem Typus $\text{R}'_2\text{O} \cdot \text{R}''\text{O} \cdot 5\text{SiO}_2$ zusammengesetzten Kobaltgläser.

Viel geringer, wenn auch im Verlauf ganz ähnlich, ist die Absorption des Boraxglases Co_9 ; ganz abweichend dagegen

gezeichnet. Aehnliche Abänderungen finden sich auch bei anderen Gläsern; so wurden bei Nickel- und Chromgläsern 100 Å, bei den sehr schwach absorbirenden Eisengläsern sogar 3000 Å aufgetragen.

diejenige eines Borosilicatglases Co_{14} (reine Borsäure wird von Kobaltoxyd nur schwach rosenrot gefärbt).

Um zu zeigen, wie sehr die bildliche Darstellung der Absorptionsspectren nach Beobachtung mit dem Vergleichsspectroskop von der Darstellung der Absorptionsgrössen abweicht, sind in vorstehender Fig. 1 die Curven der Absorptionsgrössen des Glases Co_5 und die bildliche Darstellung des Absorptionsspectrums des Kobaltglases nach H. W. Vogel¹⁾ in dasselbe Liniensystem eingezeichnet.

Chromgläser (Taf. IV).

Die Chromgläser wurden unter Zusatz von soviel chemisch reiner, in Wasser gelöster Chromsäure zum Glassatze abgeschmolzen, dass die fertigen Gläser 0,99 Proc. Cr_2O_3 enthielten, unter der Annahme, dass die Chromsäure im Glase vollständig zu Cr_2O_3 reducirt wird.²⁾

Die reinen Chromsilicatgläser Cr_1 , Cr_3 , Cr_6 und Cr_7 zeigen grosse Uebereinstimmung im Verlauf der Absorption im blauen Teile des Spectrums. Die aufsteigenden Aeste der Curven im Blau fallen bei den Gläsern Cr_1 und Cr_6 zusammen; ebenso diejenigen der Gläser Cr_3 und Cr_9 . Im roten Teile zeigen sich grössere Verschiedenheiten. Wegen der unten erwähnten Unsicherheit der Chromfärbung unterlasse ich, die übrigen Curven einzuzichnen.

Kupferoxydgläser (Taf. V).

Grosse Uebereinstimmung im Verlauf der Curven zeigen die Kupferoxydsilicatgläser. Ich zeichne in Taf. V den Ver-

1) l. c.

2) Diese Annahme wurde nur gemacht, um einen bestimmten Gehalt an Chrom der Rechnung zu Grunde zu legen; sie entspricht nicht vollständig den Thatsachen, wie schon von Linke und Adam (vgl. Eder und Valenta, l. c.) gezeigt worden war, die durch Verschmelzen eines Glases mit Cr_2O_3 weissgrüne, durch Verschmelzen mit K_2CrO_4 gelbgrüne Gläser erhalten hatten. Es scheint mir aber, dass in den von mir erschmolzenen Gläsern die Chromsäure *trotz der gelbgrünen Färbung* unter Sauerstoffabgabe grösstenteils reducirt wurde und dass die verschiedenen Färbungen der Chromgläser hauptsächlich auf verschiedenen färbende Zustände des Chromoxydes selbst zurückzuführen sind. Für diese Ansicht sprechen die Ausscheidungen, welche sich in übersättigten Chromgläsern bei langsamem Erkalten bilden.

lauf der Absorptionsgrössen für Cu_1 , Cu_4 und Cu_7 und bemerke, dass Cu_3 mit Cu_7 nahezu vollkommen übereinstimmt.

Diese Gläser lassen auch in dickerer Schicht den blauen Teil des Spectrums nahezu ungeschwächt hindurchgehen, das Glas Cu_1 auch den violetten.

Stark abweichend ist die Absorption des Boraxglases Cu_9 ; noch mehr die des Borosilicatglases Cu_{12} .

Die gezeichneten Curven stellen die Absorptionsgrössen dar, wie sie sich aus der Messung eines Glases mit ca. 2 Proc. CuO ergeben. Vermehrt man in den blauen Silicatgläsern den Kupfergehalt auf das Drei- bis Fünffache, so erhält man grüne Gläser von ganz abweichender Absorption.

Nickelgläser (Taf. VI).

Eine viel grössere Mannigfaltigkeit als die bisher besprochenen Gläser zeigen die Nickelgläser in ihrer Färbung. Schon die Silicatgläser weisen untereinander beträchtliche Abweichungen der Absorption auf. Einigermassen übereinstimmend sind nur die Absorptionsgrössen der Natronsilicatgläser Ni_1 , Ni_3 , Ni_5 , deren Absorptionscurven nur wenig von der in Taf. VI eingezeichneten Curve Ni_3 abweichen.

Es ist bekannt, dass die mit Nickel gefärbten Natrongläser rotbraun oder rotviolett gefärbt sind, die Kaligläser dagegen violett. Dementsprechend ist der Verlauf der Absorptionscurven Ni_2 und Ni_4 ein anderer als der der Natrongläser. Die Curve von Ni_2 zeigt grosse Aehnlichkeit mit der des Kobaltsilicatglases, unterscheidet sich aber von dieser durch eine abweichende Lage der Maxima.

Der gänzlich abweichende Verlauf der Curven des braunen Nickelboraxglases Ni_9 und des gelben Glases Ni_{12} verdient Beachtung.

In Taf. VI ist noch die Curve des schweren Bleisilicatglases Ni_{15} eingezeichnet.

Mangangläser (Taf. VII).

Die Färbungen, welche den Gläsern durch Manganverbindungen erteilt werden, sind deshalb von Wichtigkeit, weil Manganhyperoxyd in Form von Braunstein schon seit langem zur Entfärbung des grünstichigen Glases Verwendung findet.

Wird reiner Braunstein dem farblosen Glasfluss zugesetzt, so färbt er Kaligläser violett, Natrongläser mehr rötlichviolett. Diese Färbungen sind bei mässiger Dicke Mischfarben aus allen Farben des Spectrums, von denen das Grün am meisten ausgelöscht wird, wie ein Blick auf die Curven von Taf. VII lehrt.

Es ist in der Glasindustrie bekannt, dass der Verwendung von Braunstein als Färbungs- wie auch als Entfärbungsmittel eine gewisse Unsicherheit anhaftet. Diese Unsicherheit ist nicht so sehr auf die dem Braunstein anhaftenden Verunreinigungen zurückzuführen, als vielmehr auf die Eigenschaft seiner Lösung, im Glasfluss durch Reductionsmittel in farblose Manganoxydulverbindungen überzugehen. Reductionsmittel finden sich aber in vielen Glassätzen, auch wirkt in offenen Häfen die Flamme häufig reducierend.

Um eine derartige Reduction möglichst zu verhindern, wurden meine Glassätze mit Mangannitrat oder mit Mangansuperoxyd versetzt (in solcher Menge, dass auf 100 g Glas 1 g Mn_2O_3 kamen), und die Flamme beim Abschmelzen so regulirt, dass eine Reductionswirkung derselben ausgeschlossen war.

Die Bedingungen waren also gegeben, dass die höchste beständige Oxydationsstufe entstehen konnte; trotzdem ging der grösste Teil des Mangansuperoxydes in Manganoxydulverbindungen über, die nicht oder nur sehr wenig gefärbt sind. Ich konnte das direct an Boratgläsern durch quantitative Bestimmung des beim Auflösen des Glases in kochender Salzsäure entweichenden Chlors feststellen (Methode Bunsen).

Jemehr in einem Glase die sauren Bestandteile gegenüber dem basischen vorwalten, um so mehr Sauerstoff verlieren die schon vorhandenen oder zunächst gebildeten höheren Oxydationsstufen des Mangans¹⁾; bei Gläsern von sehr saurer Zusammensetzung gehen die höheren Oxyde vollständig in Manganoxydul über, unter Abgabe des gesamten disponiblen Sauerstoffs.

Diese Sauerstoffabgabe tritt ein, gleichgültig, ob man dem Glassatze Mangannitrat oder Mangansuperoxyd zugesetzt hat.

Bei Gläsern mit mässigem Alkaligehalt (wie bei Borax) wird zwar der grösste Teil des verfügbaren Sauerstoffs (90 bis

1) Dieser Satz wurde nur für Boratgläser durch Analyse festgestellt. Es kommt ausser dem Säuregehalt auch noch die qualitative Zusammensetzung des Glases als mitbestimmend in Betracht.

95 Proc. desselben) abgegeben¹⁾, aber ein kleiner Rest desselben bleibt an das Manganoxydul oder einem Teil desselben chemisch gebunden im Glase. Solche Gläser sind mehr oder weniger intensiv gefärbt.

Welche Oxydationsstufe des Mangans die Färbung des Glases bedingt, konnte bisher nicht festgestellt werden; es kann das Hyperoxyd MnO_2 sein oder auch eines der Oxyde Mn_2O_3 , Mn_3O_4 oder ein anderes noch nicht bekanntes Oxyd des Mangans. Die Möglichkeiten sind zu mannigfach, als dass sie der Erforschung zugänglich wären.

Von Wichtigkeit erscheint aber der Umstand, dass das dem Glase zugesetzte MnO_2 von ersterem zum grössten Teile als ungefärbtes MnO aufgenommen wird, dass also die Färbekraft der zugesetzten Manganverbindung nicht in vollem Maasse zur Geltung kommt. Dieser Umstand erklärt zum Teil die eingangs erwähnten Unsicherheiten der Manganfärbung; die Betrachtung des Verlaufes der Curven lässt vermuten, dass zwei verschiedene färbende Manganverbindungen im Glase bestehen, von denen die eine vorwiegend in Natrongläsern, die andere vorwiegend in Kaligläsern enthalten ist.

In Taf. VII sind nur einige der gemessenen Curven eingezeichnet; die Curve von Mn_5 stimmt beinahe vollkommen mit der eingezeichneten von Mn_3 überein. Mn_7 verläuft ähnlich der Curve Mn_3 liegt aber etwas tiefer. Ebenso erinnert der Verlauf der Curve von Mn_6 , an den von Mn_4 ; die Absorptionsgrössen des ersteren Glases sind aber ungefähr halb so gross, als die des letzteren.

Wir bemerken also, wenn wir von den beiden Wassergläsern Mn_1 und Mn_2 absehen, eine Uebereinstimmung der Lichtabsorption durch die Kaligläser Mn_4 und Mn_6 einerseits und davon abweichend eine Uebereinstimmung der Absorption der Natrongläser Mn_3 , Mn_5 und Mn_7 andererseits.

Eisenoxydgläser (Taf. VIII).

Ausserordentlich mannigfaltig sind die Färbungen, welche man durch Eisenoxyd in verschiedenen Gläsern hervorrufen

1) Ich habe den zum Zwecke der Analyse hergestellten Boratgläsern meist Mangansuperoxyd (MnO_2) vor dem Abschmelzen zugesetzt. Als verfügbaren Sauerstoff bezeichnet man den Sauerstoff, welcher von einem höheren Manganoxyde bei Behandlung mit Säuren unter Bildung von MnO abgegeben wird. Hier z. B. $\text{MnO}_3 = \text{MnO} + \text{O}$ oder $\text{Mn}_2\text{O}_3 = 2\text{MnO} + \text{O}$.

kann. Die drei Oxyde: Eisenoxyd, Eisenoxydul und Eisenoxydul-
oxyd können sowohl einzeln, als nebeneinander in ungebun-

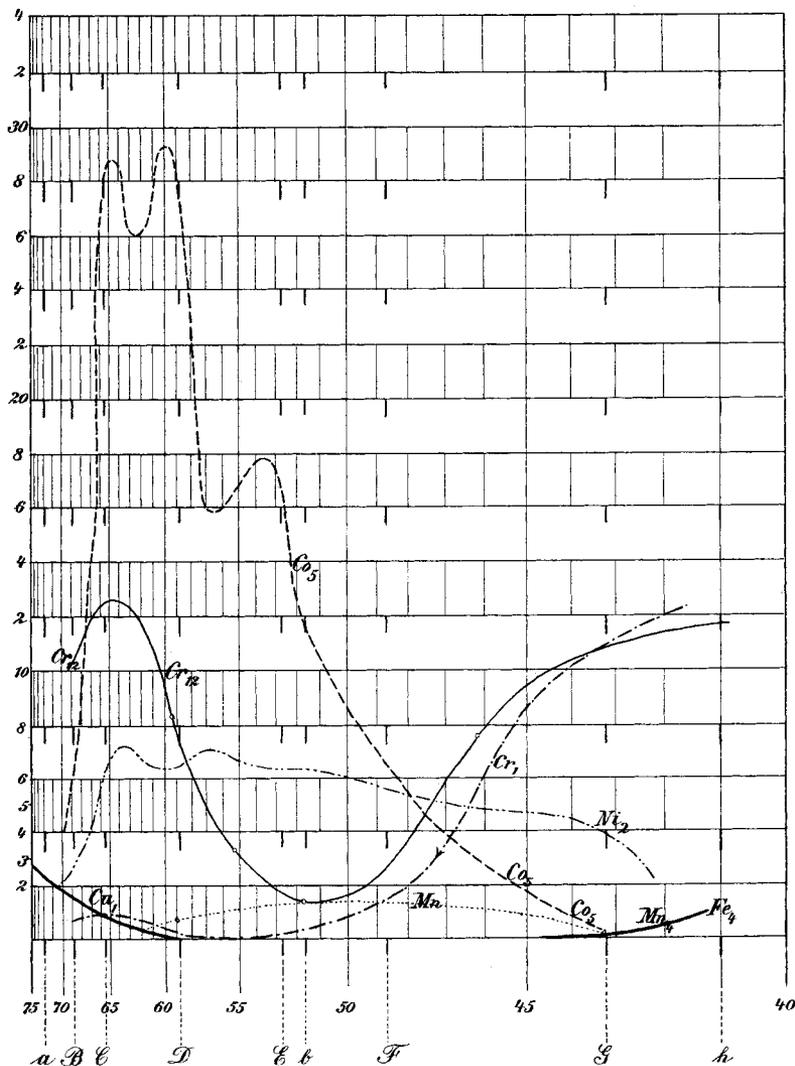


Fig. 2.

denem Zustande als auch in Verbindung mit Kieselsäure oder
Borsäure vorhanden sein, sowie endlich als Doppelsalz, teil-

weise an Alkalien gebunden; dazu kommt noch, dass es nicht schwer fällt, das Eisen als Metall im Glas gelöst zu erhalten.

Jeder Verbindung des Eisens wird aber mindestens eine bestimmte Farbe zukommen. Es lassen sich daher durch Eisen in ein und demselben Glassatze die verschiedenartigsten Färbungen hervorrufen: man kann gelbe, gelbgrüne, grüne oder blaugrüne Farben erhalten. Es wird darum keinen Zweck haben, die zahlreichen, gemessenen und durcheinanderlaufenden Curven die grösstenteils Zufallsresultate darstellen, hier einzuzichnen und ich gebe nur als Beispiel in Taf. VIII die Absorptionsgrössen des gelbgrünen Glases Fe_3 , ferner die eines ähnlich zusammengesetzten Natron-Kalk-Silicatglases 1072 (mit 2 Proc. Fe_2O_3) und die desselben Glases, nachdem dem geschmolzenen Glase 1 Proc. MnO_2 eingerührt worden war, zum Zweck der Entfärbung¹⁾ (Curve 1075).

Man kann an den Curven der beiden letzterwähnten Gläser erkennen, dass der gelöste Braunstein nicht bloss als Complementärfarbe (die Absorption im Blaugrün verstärkend) wirkt, sondern auch die Absorption im roten Teile des Spectrums herabsetzt, eine Wirkung, die vermutlich auf eine Oxydation etwa vorhandenen Eisenoxyduls zurückzuführen ist.

Zum Schlusse möchte ich noch auf die grossen Verschiedenheiten in der färbenden Kraft der einzelnen Oxyde aufmerksam machen. Um einen Vergleich derselben zu ermöglichen, habe ich in Fig. 2 die Absorptionsgrössen A der Gläser Co_6 , Cr_{12} , Ni_2 , Cu_1 , Mn_4 und Fe_4 in gleichem Maassstabe in ein Liniensystem eingetragen.

Man kann durch Betrachtung der Curven leicht ersehen, dass bei Anwesenheit gleicher Mengen von färbenden Oxyden in der Volumeneinheit Glassubstanz das Kobaltoxyd weitaus kräftiger färbend wirkt, als die anderen Oxyde, und dass dem Eisenoxyd ein sehr geringes Färbevermögen zukommt, ein Umstand, der, bei der weiten Verbreitung dieses Körpers zu der Natur, für die Glasindustrie von höchster Wichtigkeit ist.

Jena, im October 1900.

1) Diese beiden Gläser waren schon früher von Hrn. Grieshammer hergestellt worden.