

(Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität Bonn.)

## Die ultrarote Absorption von Farbgläsern und Salzlösungen.

Von Th. Dreisch in Bonn.

Mit 6 Abbildungen. — (Eingegangen am 20. November 1926.)

Die ultrarote Absorption einer Anzahl Farbgläser und Salzlösungen wird verglichen. Die Absorptionsbanden der Gläser und der entsprechenden Lösungen haben die gleiche Form und Lage, soweit die Bildung des färbenden Komplexes nicht gestört wird. Es ist möglich, aus dem ultraroten Spektrum von Farbgläsern die Art des färbenden Metallsalzes zu erkennen.

Im Ultraroten unterhalb  $2\mu$  treten bei festen Kristallen und bei Salzlösungen vielfach Banden auf, die durch den Metallgehalt des Salzes verursacht werden. Derartige Banden sind bisher nur bei solchen Salzen festgestellt worden, die farbige Ionen bilden, die also auch im Sichtbaren absorbieren. In einzelnen Fällen liegt das Maximum der Bande überhaupt im Sichtbaren, und im Ultraroten tritt nur geringe oder keine Absorption auf.

In der vorliegenden Arbeit wurde außer der ultraroten Absorption einer Anzahl derartiger Metallsalze in wässriger Lösung auch die Absorption einiger Farbgläser untersucht, wodurch ein Vergleich der Spektren der Lösungen und der Gläser möglich wurde. Es wurden nur solche Farbgläser untersucht, die durch Zusatz eines Metalloxyds zur Schmelze hergestellt worden waren, bei denen also das Metall nicht in kolloidalem Zustand, sondern als chemische Verbindung auftritt. Durch Zusatz eines Metallsulfids gefärbte Gläser kamen für die vorliegende Untersuchung auch nicht in Frage.

Die Untersuchung der Gläser wurde durch den Umstand vereinfacht, daß gewöhnliche Gläser (also solche, die kein Metall enthalten, das farbige Ionen bildet) unter  $2\mu$  völlig durchlässig sind. Die anionischen Eigenfrequenzen beginnen erst bei längeren Wellen<sup>1)</sup>.

Die Apparatur war die schon früher ausführlich beschriebene<sup>2)</sup> (Spiegelspektrometer, Voegesches Thermolement, Paschensches Eisengalvanometer). Als Prisma diente ein Flußspatprisma mit einem brechenden Winkel von  $60^{\circ} 0' 17''$ , einer Basisdicke von 5,5 cm und 5 cm Höhe.

<sup>1)</sup> Nähere Angaben hierüber erfolgen in einer in Kürze erscheinenden Arbeit.

<sup>2)</sup> Th. Dreisch, ZS. f. Phys. 30, 200, 1924.

Es wurden folgende Gläser untersucht (vgl. Tab. 1):

Tabelle 1.

Bezeichnung	Art	Farbe	Dicke in mm	Hersteller
1	Eisenoxydulglas	grün	2,05	—
2	"	"	2,00	—
3	"	"	2,07	—
4	} Grauglas mit Eisenoxydul- gehalt	} grauviolett	2,06	—
5			1,90	—
6			2,07	—
431 <sup>III</sup>	Kupferglas	grün	3,6	} Schott
O 2742	"	blau wie Kupfersulfat	3,4	
O 3108	Chromglas	gelbgrün	4,08	
424 <sup>III</sup>	Kobaltglas	blau	2,9	
450 <sup>III</sup>	Nickelglas	dunkelviolett	3,95	
440 <sup>III</sup>	"	hellgelbbraun	3,3	
454 <sup>III</sup>	Uranglas	hellgelb	14,0	

Außerdem wurden acht Didymgläser der Sendlinger optischen Glaswerke untersucht. Die benutzte Schichtdicke betrug 7,9 bis 10 mm.

Die untersuchten Lösungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2.

Salz	Konzentration	Bemerkungen
Ferrosulfat . . . . .	1 Mol.	mit Schwefelsäure angesäuert
Ferroammoniumsulfat . . . . .	200 g/l	
" . . . . .	gesättigt	
Ferrichlorid . . . . .	konzentriert	in Salzsäure gelöst
Kupfersulfat . . . . .	1 Mol.	
" . . . . .	0,05 Mol.	
Kupferchlorid . . . . .	1 Mol.	
" . . . . .	0,05 Mol.	
Chromisulfat . . . . .	20,0 g/l	
Kobaltchlorür . . . . .	1 Mol.	
" . . . . .	0,5 "	
Nickelchlorür . . . . .	1 "	
Uranylnitrat . . . . .	620 g/l	
" . . . . .	394 g/l	

Die Gläser wurden nicht gegen Kompensationsscheiben gemessen, sondern die Reflexionsverluste beim Zeichnen der Kurven berücksichtigt. Der geringe Fehler, der dadurch entsteht, daß die Reflexionsverluste durchweg mit 10 Proz. angenommen wurden, fällt nicht so sehr ins Gewicht, da bei der vorliegenden Arbeit der Hauptwert auf die Lage und Form der Maxima gelegt wurde.

Zur Messung der Lösungen wurden Tröge von 10, 5 und 2 mm Schichtdicke benutzt. In dem Gebiet, wo Wasser stark absorbiert, wurde mit einer Schichtdicke von 0,9 mm gearbeitet, die durch Einlegen

von 1,1 mm dicken Glasplatten in die 2 mm dicken Tröge hergestellt wurde. Die molaren Kupfersulfat- und Kupferchloridlösungen wurden in einem Trog von 0,72 mm gemessen. Bei der Messung wurden stets (außer beim Kupfersulfat und Kupferchlorid) zwei gleichdicke Tröge benutzt, von denen der eine die Lösung und der andere das Lösungsmittel enthielt. Tröge und Farbgläser befanden sich in einem beweglichen Halter, so daß es möglich war, sie bei derselben Teilkreisstellung abwechselnd vor den Spalt zu bringen.

Bei dem meist gebräuchlichen Verfahren, den Verlauf der Absorptionskurven nach Absorptionsprozenten aufzutragen, werden die stärkeren Banden am oberen Rande der Figur zwischen 80 und 100 Proz. zusammengedrängt, so daß man kein genaues Bild über ihre relativen Intensitäten bekommt. Deshalb wurden in der vorliegenden Arbeit als Ordinaten die nach der Gleichung

$$k = \log J_0 - \log J$$

berechneten dekadischen Absorptionskoeffizienten für die unter der Figur angegebenen Schichtdicken aufgetragen.

Die Spaltbreite betrug je nach der Stärke der Absorption 0,1 mm (= 1') bis 0,14 mm, nur in wenigen Ausnahmefällen wurde in den Absorptionsmaximis mit breiterem Spalt gearbeitet. Der Abstand der Meßpunkte betrug 1 Minute.

### Ergebnisse der Messungen.

Eisenoxydulsalze. Zunächst wurde das Eisenoxydulglas Nr. 1 durchgemessen. Bereits Sonnefeld<sup>1)</sup> hatte ein Eisenoxydulglas auf seine Eignung als Schutzglas gegen Wärmestrahlen untersucht. Da in dem vorliegenden Falle des anderen Gesichtspunktes halber mit größerer Auflösung und mit einer weit größeren Anzahl Meßpunkte gearbeitet wurde, ergab sich die in derartigen Fällen zu erwartende Änderung der Kurve: (Deutlicheres Hervortreten der Struktur der Kurve, Verlagerung des Maximums nach der Seite des steileren Anstiegs, Zunahme der Absorption im Maximum, Abnahme im Minimum). Die Eisenoxydulbande hatte ihr Maximum bei  $1,07 \mu$ , was mit dem von Coblenz<sup>2)</sup> bei einigen Gläsern gefundenen Wert  $1,1 \mu$  gut übereinstimmt. Das Absorptionsmaximum scheint feinere Struktur zu besitzen, vor allem zeigte sich ein schwächeres Nebenmaximum bei  $0,95 \mu$  (Fig. 1). Mit steigenden Wellen-

<sup>1)</sup> A. Sonnefeld, Zentral-Ztg. f. Opt. u. Mech. 44, 187, 1923.

<sup>2)</sup> W. W. Coblenz, Scient. Pap. Bur. Stand. Nr. 325, 1918.

längen nimmt die Absorption des Eisenoxyduls fortwährend ab, bis bei  $2,6 \mu$  die weitere Abnahme durch den Beginn der Absorption des Grundglases verdeckt wird.

Weiter wurden noch fünf Farbgläser untersucht. Nähere Angaben über dieselben siehe in Tabelle 1. Alle zeigten bis  $2,6 \mu$  einen völlig gleichartigen Verlauf der Absorption, nur die Stärke der Absorption war verschieden. Hieraus ließ sich unschwer erkennen, daß auch diese fünf Gläser Eisenoxydul als färbende Substanz enthielten. Nur zwei der Gläser hatten die durch das Eisenoxydul hervorgerufene grüne Farbe, die ja auch Nr. 1 aufwies, die anderen drei dagegen waren grauviolett. Es ist also anzunehmen, daß die letzteren durch Zusatz einer im Sichtbaren absorbierenden, aber im Ultraroten durchlässigen Substanz umgefärbt waren. Um festzustellen, ob das Eisenoxydul oder die zweite Substanz bei längeren Wellen absorbiere, wurden alle sechs Gläser bis  $4,1 \mu$  durchgemessen. Hierbei zeigte sich, daß der Verlauf der Absorption bei allen diesen Gläsern der gleiche war, die Kurven fielen sogar teilweise zusammen, sonst war die Stärke der Absorption etwas verschieden, indem die Gläser mit geringerem Eisenoxydulgehalt schwächer absorbierten und indem die Graugläser die entsprechenden grünen an Undurchlässigkeit übertrafen, trotzdem, der Bande bei  $1,1 \mu$  nach zu schließen, bei ihnen der Eisenoxydulgehalt geringer war. Man kann deshalb annehmen, daß die Verschiedenheiten, die hier auftreten, durch geringe Abweichungen in der Zusammensetzung des Grundglases hervorgerufen wurden.

Weiterhin wurden zwei Eisenoxydulsalze in wässriger Lösung untersucht, nämlich Ferrosulfat und Ferroammoniumsulfat (Mohrsches Salz). Die Konzentrationen gehen aus Tabelle 2 hervor. Die Lösungen waren blaßgrün. Während Ferroammoniumsulfat beständig war, mußte

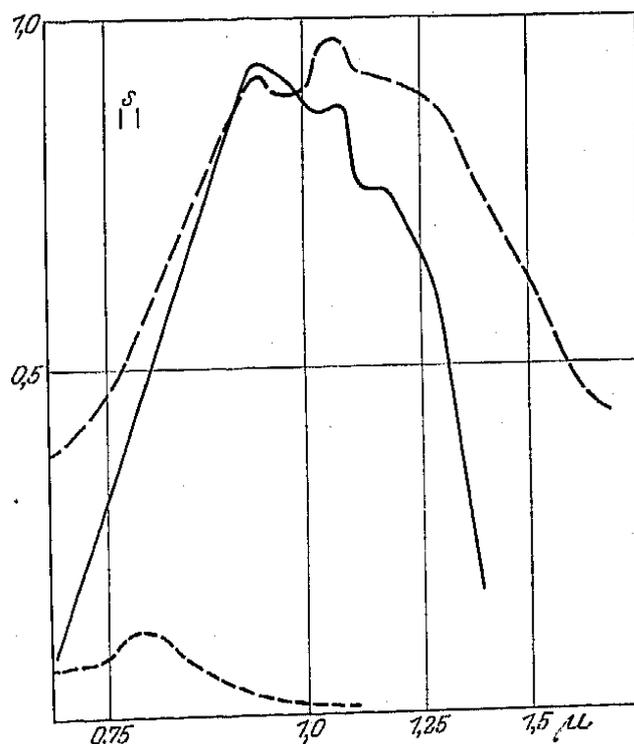


Fig. 1. Eisensalze.

- Eisenoxydulglas Nr. 1.
- FeSO<sub>4</sub> 5 mm, 1 mol.
- - - FeCl<sub>3</sub> 10 mm, konz.
- s = Spaltbreite.

die Ferrosulfatlösung unmittelbar nach der Herstellung durchgemessen werden, da sie sehr rasch trübe wurde. Die Banden lagen in beiden Lösungen gleich. Was die Intensität anbetrifft, so absorbiert das Ferrosulfat (bei gleicher Schichtdicke und gleicher Anzahl der im Lichtweg befindlichen Eisenatome) etwa 10 bis 20 Proz. mehr als das Ferroammoniumsulfat. Ebenso wie bei den Gläsern zeigten sich auch hier Andeutungen einer feineren Struktur, nur daß hier das bei  $0,95 \mu$  liegende Maximum das bei weitem stärkere war und das Maximum bei  $1,07 \mu$  nur sehr schwach auftrat. Durch den Übergang von der wässerigen Lösung zum Glas, tritt also ein Vertauschen der Intensität der beiden Maxima ein.

Ferroammoniumsulfat ist schon früher von Houstoun und Logie<sup>1)</sup> spektral untersucht worden, doch geben die beiden Verfasser keine Absorptionskurven, sondern betonen nur die Brauchbarkeit des Salzes als Filter zum Abblenden der Wärmestrahlen.

Eisenoxydsalze. Die Absorption von Ferrochlorid zeigt ein völlig anderes Aussehen als die der Eisenoxydulsalze (Fig. 1). Es trat nur eine schwache Bande auf, deren Maximum bei  $0,83 \mu$  lag. Von da ab fiel die Absorptionskurve andauernd, und bis  $1,3 \mu$  war keine neue Bande festzustellen. Auch quantitativ war die Absorption weit schwächer als die des Ferrosulfats. Im Maximum der Eisenchloridbande absorbierte ein Eisenmolekül noch nicht den zehnten Teil der Energie, die es im Maximum der Ferrosulfatbande absorbierte.

Bei Coblentz<sup>2)</sup>, der ebenfalls ein Eisenoxydsalz „Ammonium-Eisenaun“  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_7$  untersuchte, fiel bei einer hochkonzentrierten Lösung von etwa  $1,05 \mu$  ab die Absorption mit der des Wassers zusammen, bei einer gesättigten Lösung zeigte sich noch darüber hinaus eine mit zunehmender Wellenlänge abnehmende Absorption. Coblentz fand eine Bande bei  $0,85 \mu$ . Die geringe Verschiebung nach längeren Wellen ist darauf zurückzuführen, daß Coblentz nicht gegen Wasser mißt, sondern die Durchlässigkeitskurven von Wasser und Salzlösung auf dasselbe Blatt zeichnet.

Ein Eisenoxydglas wurde nicht untersucht.

Didymsalze. Die Durchmusterung des Spektrums einer Anzahl didymhaltiger Gläser ergab neben Andeutungen von Banden bei kürzeren Wellenlängen zwei Banden bei rund  $1,49 \mu$  und  $1,9 \mu$ . Beide Banden

<sup>1)</sup> R. A. Houstoun und J. Logie, Phys. ZS. 11, 672, 1910.

<sup>2)</sup> W. W. Coblentz, Bull. Bur. Stand. 7, 656, 1911.

waren bisher noch unbekannt. Da bei Didym ein sehr reichhaltiges Glasmaterial vorlag, wurde die Untersuchung desselben einer besonderen Arbeit vorbehalten, die auch der verschiedenartigen Zusammensetzung des Grundglases Rechnung trug. Diese Arbeit wurde im hiesigen Institut durch Herrn Dr. Lueg ausgeführt<sup>1)</sup>. Er fand in den Didymgläsern Banden bei  $0,744 \mu$ ,  $0,792 \mu$ ,  $0,863 \mu$  und  $1,4508$  bis  $1,4948 \mu$ , die gut mit den von ihm im Didymchlorid gefundenen Banden übereinstimmten. Weiter fand er eine Bande bei rund  $1,84 \mu$ . Eine Untersuchung von Neodym- und Praseodymchlorid ergab, daß für die Absorption unter  $1 \mu$  der Neodymgehalt und für die Absorption bei  $1,5 \mu$  der Praseodymgehalt von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Kupfersalze. Schon vor längerer Zeit wurden vom Verfasser Kupfersulfat und Kupferchlorid in verschiedenen Konzentrationen mit Quarzprisma untersucht<sup>2)</sup>. Hierbei fand sich bei beiden ein Maximum bei  $0,82 \mu$ . Coblenz<sup>3)</sup> maß Kupferchlorid, Kupferkaliumchlorid und Kupferacetat gegen Luft. Auch hier zeigte sich ein Absorptionsmaximum zwischen  $0,8$  und  $0,9 \mu$ .

Weiter wurden zwei Kupfergläser, untersucht (Fig. 2), das grüne Glas 431<sup>III</sup> und das hellblaue Glas O 2742 („blau wie Kupfersulfat“). Bei beiden verlief die Absorptionskurve sehr ähnlich, nur war die Absorption des hellblauen Glases erheblich stärker. Von  $1,75 \mu$  ab stieg die Absorption mit abnehmender Wellenlänge sehr rasch an. Das Glas

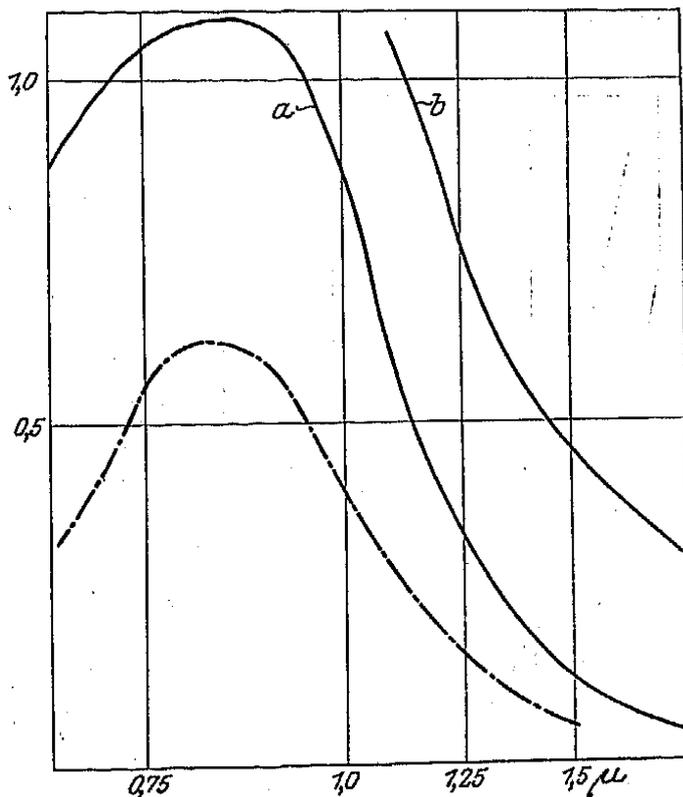


Fig. 2. Kupfersalze  
 a Glas 431<sup>III</sup> (grün). b Glas O 2742 (blau).  
 - - - - -  $\text{CuSO}_4$ ,  $\frac{1}{2}$  mol,  $0,72 \text{ mm}$ .

<sup>1)</sup> P. Lueg, ZS. f. Phys. 39, 391, 1926.

<sup>2)</sup> Siehe R. Mecke und H. Ley, ZS. f. phys. Chem. 111, 385, 1924.

<sup>3)</sup> W. W. Coblenz, Bull. Bur. Stand. 7, 658, 1911.

431<sup>III</sup> wurde auch von Coblenz gemessen<sup>1)</sup>, doch war es ihm wegen der sehr starken Absorption nicht möglich, die Wellenlänge des Maximums festzulegen. Seine Kurve bricht bei  $0,9 \mu$  ab. In der vorliegenden Arbeit gelang es, auch im Maximum der Bande zu messen, wobei sich für das Maximum als Wellenlänge etwa  $0,85 \mu$  ergab. Da das blaue Glas noch stärker absorbierte als das grüne, wurde bei demselben unter  $1,1 \mu$  nicht gemessen.

Chromsalze (Fig. 3). Eine Messung von Chromsulfat ergab anfangs (bei  $0,65 \mu$ ) sehr starke Absorption, die bis  $0,75 \mu$  abfiel, um

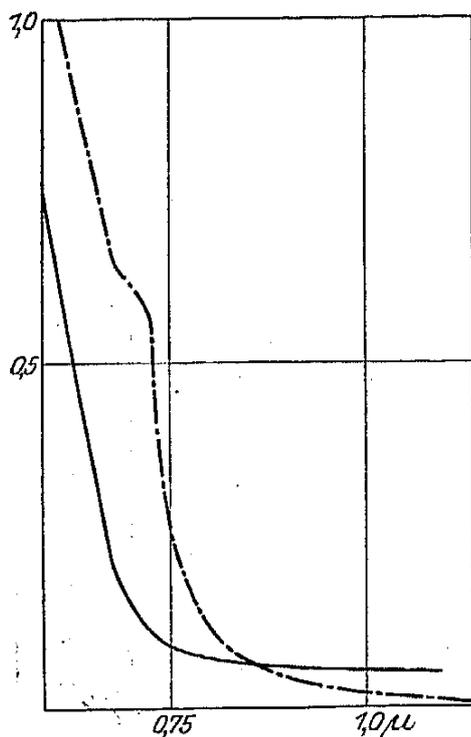


Fig. 3. Chromsalze.

—  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ , 10 mm.  
- - - Chromglas.

weiterhin bis  $1,3 \mu$ , wo die Messung abgebrochen wurde, sehr gering zu bleiben. Nach den Messungen von Coblenz, der Chromsulfat und Kaliumchromalaun untersuchte, tritt auch weiter bis  $1,5 \mu$  keine neue Absorption auf. Zsigmondy<sup>2)</sup> findet mit einem Spektralphotometer in Chromglas das Maximum der Absorption bei  $0,62$  bis  $0,65 \mu$ . In der vorliegenden Arbeit wurde das gelbgrüne Chromglas O 3108 untersucht. Die erhaltene Kurve stimmt mit der für Chromsulfat gefundenen gut überein, nur daß sie etwas (um etwa  $0,07 \mu$ ) nach längeren Wellen verschoben ist. Auch hier trat bis  $2 \mu$  keine nennenswerte Absorption mehr auf.

Kobaltsalze. Kobaltchlorür in wässriger Lösung absorbiert im Ultraroten nur sehr wenig. Das Maximum der flachen Kurve liegt bei  $1,25 \mu$  (Fig. 4). Früher war Kobaltchlorür von Houstoun<sup>3)</sup>, Jones und Guy<sup>4)</sup> und Coblenz untersucht worden. Jones und Guy maßen aber nur bis etwa  $1,2 \mu$  und Coblenz<sup>5)</sup> maß nicht gegen Wasser. Doch stehen die von ihnen gefundenen Messungen

1) W. W. Coblenz, Scient. Pap. Bur. Stand. Nr. 325, 657, 1918.

2) R. Zsigmondy, Ann. d. Phys. (4) 4, 60, 1901.

3) R. A. Houstoun, Phys. ZS. 14, 424, 1913; Proc. Roy. Soc. Edinburgh 31, 521, 1911.

4) H. C. Jones und J. S. Guy, Ann. d. Phys. 43, 594, 1914.

5) W. W. Coblenz, Scient. Pap. Bur. Stand. Nr. 325, 1918.

im Einklang mit meinen Ergebnissen. Houstoun maß bis  $1,27 \mu$  und vermutete das Maximum bei  $1,3 \mu$ .

Färbt man eine Kobaltchlorürlösung durch Zusatz von Salzsäure blau, so ändert sich die Absorption erheblich. Die Bande verschiebt sich nach längeren Wellen und wird erheblich stärker. Bei gleicher

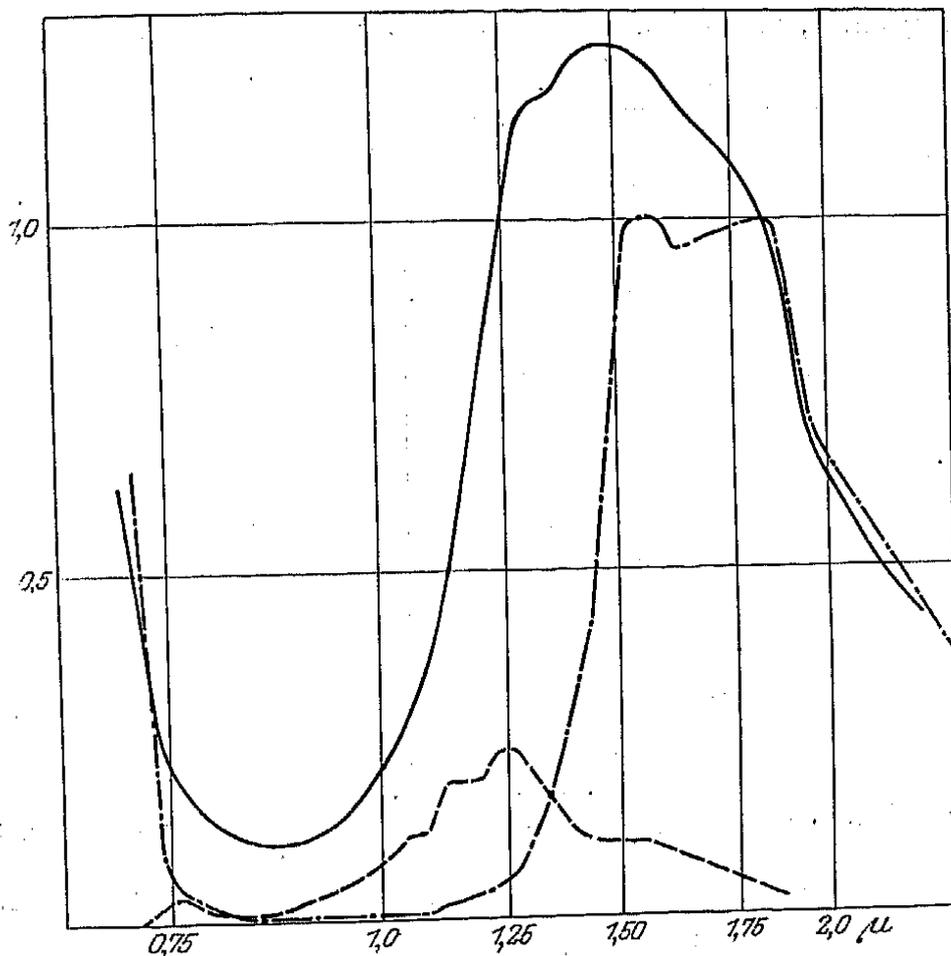


Fig. 4. Kobaltsalze.

— Kobaltglas. — — — Co Cl<sub>2</sub> in Salzsäure gelöst, 0,9 mm, 0,5 mol.  
- · - · - Co Cl<sub>2</sub> in Wasser gelöst, 0,9 mm, 1 mol.

Schichtdicke absorbiert im Maximum eine halbmolare Lösung viermal soviel wie eine molare Lösung ohne Salzsäurezusatz in ihrem Maximum. Das sehr breite Maximum erstreckt sich von  $1,55$  bis  $1,9 \mu$ .

Die Untersuchung des Kobaltglases 424<sup>III</sup> ergab einen ähnlichen Verlauf der Kurve (Fig. 4), nur daß das Maximum seinen höchsten Punkt bei  $1,5 \mu$  hat und die Bande erheblich breiter ist als bei der Lösung. Eine ähnliche Verschiebung stellen Hill und Howell<sup>1)</sup> auch im Sichtbaren fest, wo Kobaltchlorür in Salzsäure sein Maximum bei viel

<sup>1)</sup> R. Hill und R. O. Howell, Phil. Mag. (6) 48, 882, 1924.

längeren Wellen hat als Kobaltorthosilikat und die anderen blauen Kobaltverbindungen. Weiter finden Hill und Howell, daß sich die Kobaltsalze nach ihrer sichtbaren Absorption in zwei Gruppen teilen lassen, je nachdem es sich um rote oder um blaue Verbindungen handelt. Die Absorptionskurven für die einzelnen Verbindungen in jeder Gruppe stimmen gut überein. Hill und Howell sehen die Ursache für diese Zweiteilung darin, daß bei den blauen Verbindungen das Kobaltatom mit

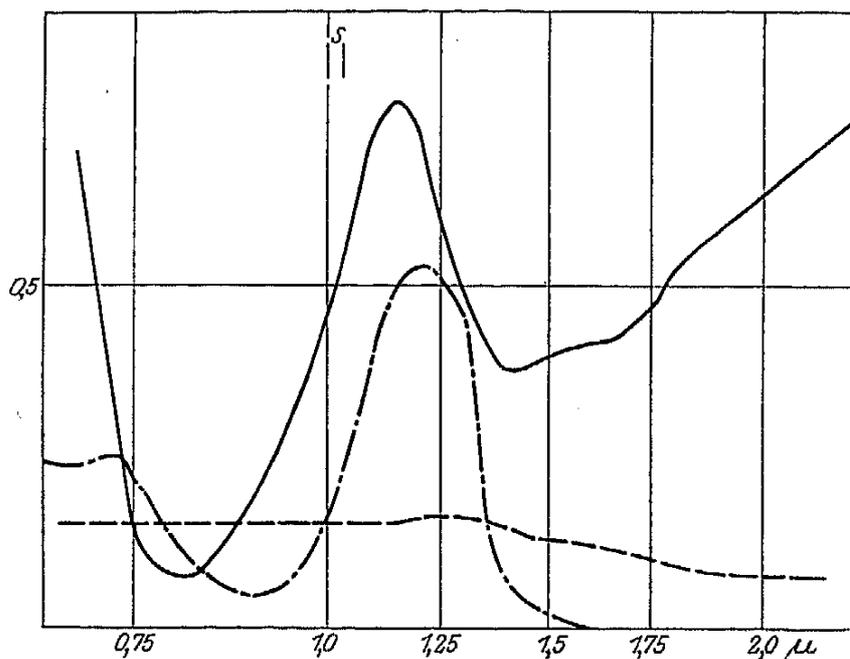


Fig. 5. Nickelsalze.

———— Nickelglas, violett. — — — Nickelglas, gelb. — · — · —  $\text{NiCl}_2$ , 2 mm, 1 mol.

vier anderen Atomen oder Gruppen zusammenträte, bei den roten Verbindungen dagegen mit sechs.

Nickelsalze. Die Absorptionskurve für Nickelchlorür (Fig. 5) zeigt eine Bande bei  $0,72 \mu$ , starke Durchlässigkeit bei  $0,9 \mu$  und dann eine starke Bande bei  $1,2 \mu$ . Zwischen  $1,4$  und  $1,9 \mu$  war keine Absorption mehr nachweisbar. Jones und Guy<sup>1)</sup> fanden bei Nickelchlorür, Nickelsulfat und Nickelnitrat eine Bande bei  $0,7 \mu$  und starke Durchlässigkeit bei  $0,9 \mu$  und brachen in der Bande bei  $1,1 \mu$  wegen der starken Wasserabsorption ihre Messungen ab. Houston fand für das Sulfat, Nitrat, Fluorid, Chlorid, Bromid und Jodid des Nickels dasselbe, nur daß er die Wellenlänge des Maximums mit  $1,21 \mu$  angibt. Auch Coblentz<sup>2)</sup> fand im Sulfat, Nitrat und Acetat die Bande bei  $0,7 \mu$ .

<sup>1)</sup> H. C. Jones und J. S. Guy, Ann. d. Phys. **43**, 594, 1914.

<sup>2)</sup> W. W. Coblentz, Scient. Pap. Bur. Stand. Nr. 325, 1918.

Aus allen drei Arbeiten ergibt sich eine sehr große Ähnlichkeit des Absorptionsverlaufs der verschiedenen Nickelsalze, sowohl der Lage, als auch der Stärke der Absorption nach.

Die Untersuchung des violetten Nickelglases 450<sup>III</sup> (Fig. 5) ergab starke Absorption bei kurzen Wellenlängen (vor  $0,7 \mu$ ), die früher aufhörte als bei der Nickelchlorürlösung, so daß das Absorptionsminimum bereits bei  $0,77 \mu$  lag. Dies stimmt gut mit der Beobachtung von Zsigmondy überein, der bei der Untersuchung zweier violetten Kaligläser mit Nickelzusatz im Sichtbaren eine Bande bei  $0,64 \mu$  fand. Weiter fand ich ein Maximum bei  $1,2 \mu$ , das der Lage und Form nach

genau mit dem bei Nickelchlorür gefundenen übereinstimmte. Dagegen hörte bei dem Glas die Absorption bei  $1,3 \mu$  nicht auf, sondern stieg mit zunehmender Wellenlänge wieder an. Auch bei  $2,2 \mu$ , wo die Messung abgebrochen wurde, dauerte dieser Anstieg noch an. Das gelbe Nickelglas 440<sup>III</sup> (wahrscheinlich borsäurehaltig) verhielt sich

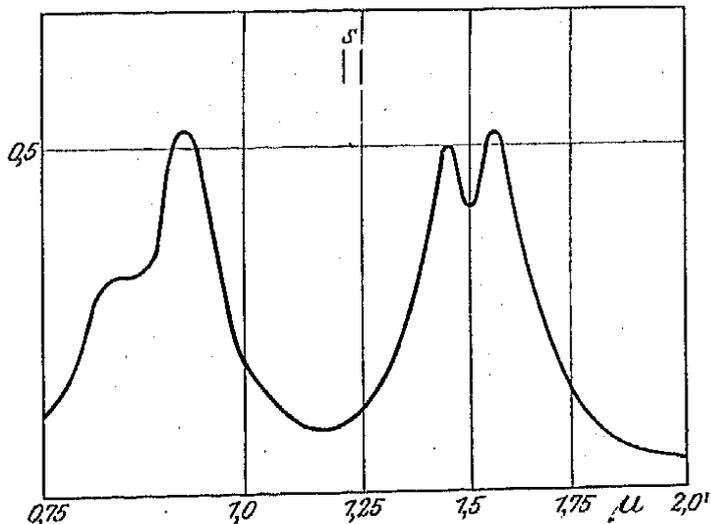


Fig. 6. Uranglas.

völlig anders. Bei ihm trat nur eine kontinuierliche Absorption auf, die zwischen  $1,3 \mu$  und  $2,1 \mu$  abnahm.

Uransalze. Bei der Untersuchung des Uranglases 454<sup>III</sup> gelang es, die von Coblenz in Urangläsern bei  $0,92$  und  $1,55 \mu$  gefundenen Banden weiter aufzulösen. Vor der auch in der vorliegenden Arbeit bei  $0,92 \mu$  gefundenen Bande trat noch eine schwächere Bande bei  $0,82 \mu$  auf, und die zweite starke Bande spaltete sich in eine sehr schmale Bande bei  $1,44 \mu$  und eine etwas breitere Bande bei  $1,55 \mu$  (Fig. 6).

In Uranyl nitrat in wässriger Lösung waren bei  $0,5 \text{ mm}$  Schichtdicke bis  $1,5 \mu$  keine Banden nachweisbar. Auch die Untersuchung mit 96 proz. Alkohol als Lösungsmittel und  $2 \text{ mm}$  Schichtdicke bis  $2 \mu$  war erfolglos. Schließlich wurde eine gesättigte Lösung von Natriumdiuranat in normaler Schwefelsäure in  $1 \text{ cm}$  Schichtdicke bis  $1,2 \mu$  untersucht, ohne daß Absorption auftrat.

Es ist deshalb anzunehmen, daß sich in den Urangläsern, die ja durch Zusatz von Natriumdiuranat zur Schmelze hergestellt werden,

neben oder statt Uranylsalzen ein Komplex bildet, der anders absorbiert als diese. Falls das Natriumdiuranat als solches in der Schmelze bestehen bleibt, könnte man die Banden des Uranglases als (anionische) Eigenfrequenzen der Uransäuren auffassen.

### Schluß.

Da die Absorptionskurven der Gläser und der Lösungen desselben Metallsalzes einen sehr ähnlichen Verlauf zeigen, kann man annehmen, daß in den Gläsern die Metallatome mit anderen Atomen zu Komplexen zusammentreten, die den in den Lösungen vorhandenen Komplexen spektral gleichwertig sind. Ausnahmen dieser Regel treten natürlich dann ein, wenn man durch Zusätze zur Schmelze die Bildung des gleichwertigen Komplexes stört. So geben beispielsweise Nickelgläser ein verschiedenes Spektrum, je nachdem das Grundglas Natrium oder Kalium enthält, beim Erhitzen von Eisenoxydglas über  $1300^{\circ}$  dissoziiert das Eisenoxyd und es bildet sich Eisenoxydul, was eine Farbänderung des Glases zur Folge hat<sup>1)</sup>. Kobaltorthosilikat mit Zinkzusatz ist blau, enthält es aber Magnesiumoxyd, so ist es rot<sup>2)</sup>, reine Borsäure wird von Kobaltoxyd nur schwach rosenrot gefärbt<sup>3)</sup>. Vermutungen über die Art der absorbierenden Komplexe aufzustellen, soll vermieden werden, da dies den Rahmen dieser mehr spektroskopisch eingestellten Arbeit überschreiten würde. Zusammenfassend ließe sich folgendes sagen:

1. Metallsalze in Flüssigkeiten und in Gläsern gelöst, haben im allgemeinen gleichartige Absorption.

2. Es ist möglich, aus der ultraroten Absorption Rückschlüsse auf das zur Färbung des Glases benutzte Metallsalz zu ziehen.

<sup>1)</sup> J. C. Hostetter und H. S. Roberts, Journ. Amer. Cer. Soc. 4, 927, 1921.

<sup>2)</sup> R. Hill und O. R. Howell, Phil. Mag. (6) 48, 832, 1924.

<sup>3)</sup> R. Zsigmondy, Ann. d. Phys. (4) 4, 60, 1901.