

Die Absorptionsspektren einiger Alkali-Halogenid- Phosphore mit Tl- und Pb-Zusatz.

Von **Rudolf Hilsch** in Göttingen¹.

Mit 6 Abbildungen. (Eingegangen am 23. Juli 1927.)

Die Phosphore werden als Einkristalle aus dem Schmelzfluß hergestellt und ihre Absorptionsspektren mittels lichtelektrischer Photometrie ausgemessen. Die als „wirksame Metalle“ zugefügten Tl- und Pb-Ionen geben sehr scharfe, zur Phosphoreszenzerregung führende Absorptionsbanden, die sich in vielen Fällen von einem klar durchsichtigen Grund abheben.

§ 1. Aufgabe. Bei der Untersuchung der Phosphoreszenzvorgänge hat man naturgemäß die Lichtemission als den wesentlichsten Indikator benutzt. Demgegenüber haben Gudden und Pohl² einen andern Standpunkt geltend gemacht. Sie haben bei der Kristallphosphoreszenz die Vorgänge der Lichtabsorption in den Vordergrund gestellt, insbesondere diejenigen, die sich in Kristallen als lichtelektrische Primärströme beobachten lassen. Gudden und Pohl³ haben mehrfach die Ansicht ausgesprochen, die Lichtemission der Phosphoreszenz sei gewissermaßen eine Nebenerscheinung, die charakteristische, sehr weit verbreiteten Absorptionsvorgänge in Kristallen unter besonderen Zusatzbedingungen begleiten könne.

Für die Untersuchung der Lichtabsorption, sei es auf optischem, sei es auf elektrischem Wege, sind die bekanntesten Phosphore, die insbesondere von Becquerel und Lenard erforschten Sulfid-Phosphore, aus zwei Gründen wenig geeignet. Erstens liegen die Sulfid-Phosphore nur in Form mikrokristalliner oder gar nur gesinterter Pulver vor, und zweitens befinden sich die zur Erregung führenden Absorptionsgebiete der „wirksamen Metalle“ fast ausschließlich in den Spektralgebieten, in denen das Grundmaterial, das Metall-Sulfid, bereits eine erhebliche Eigenabsorption besitzt. Infolgedessen hebt sich höchstens das langwelligste Absorptions- bzw. Erregungsmaximum noch leidlich von dem Anstieg der kontinuierlichen ultravioletten Eigenabsorption des Grundmaterials ab. Man vergleiche beispielsweise die Absorptions-Spektrogramme von B. Walter⁴ in Hamburg, der als erster die Erregungsbanden der Sulfid-Phosphore mit selektiven optischen Absorptionsbanden identifiziert hat.

¹ Göttinger Dissertation.

² B. Gudden und R. Pohl, ZS. f. Phys. **21**, 1, 1924.

³ B. Gudden und R. Pohl, ebenda **35**, 243, § 7, 1925.

⁴ B. Walter, Phys. ZS. **13**, 6, 1912.

Noch besser erläutert man das Gesagte durch graphische Darstellung von Absorptionsmessungen, die Lenard an Sulfid-Phosphoren ausgeführt hat. Die Fig. 1 zeigt mit Kurve *A* nach Lenards Zahlen den Gang des direkt ausgemessenen Absorptionskoeffizienten eines ZnS₂Cu γ -Phosphors¹. Unter dies Absorptionsspektrum *A* sind dann, ebenfalls nach Lenards eigenen Angaben, die beiden Erregungsbanden *d*₂ und *d*₃ gezeichnet, wie man sie nicht durch Absorption, sondern durch Beobachtung der Phosphoreszenzemission ermittelt. Man sieht, daß sich an dem mikrokristallinen ZnS₂Cu γ -Phosphor Lenards nicht einmal eine Abtrennung des ersten optischen Absorptionsstreifens (*d*₂) erreichen ließ, weil das Grundmaterial, also das Zink-Sulfid, zwischen den beiden Absorptionsstreifen *d*₂ und *d*₃ viel zu stark absorbiert. Das gleiche gilt von den übrigen Phosphoren, an denen Lenard die Absorption auf direktem optischen Wege auszumessen versucht hat. Infolgedessen hat man sich bisher darauf beschränken müssen, für quantitative Untersuchungen die Absorptionsbanden eines Phosphors indirekt auf dem Umwege über die Phosphoreszenzemission zu ermitteln. Das hat Rupp² erfolgreich für eine Reihe von Sulfid- und Oxyd-Phosphoren durchgeführt. Doch ermittelt man auf diese Weise nur diejenigen Absorptionsbanden, die zur Phosphoreszenzemission führen, nicht aber die anderen, die nach Guddens und Pohls Ergebnissen ohne anschließende Emission verlaufen.

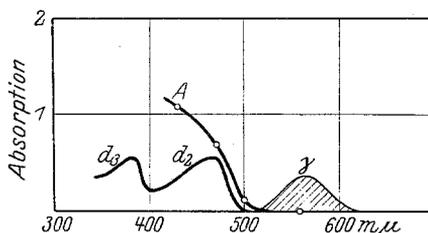


Fig. 1. ZnS₂Cu γ -Phosphor.

A Absorptionskoeffizient in willkürlichen Einheiten. γ Emissionsbande des Phosphors, schematisch. *d*₂ *d*₃ Erregungsverteilung des Phosphors, schematisch.

Die erstgenannte der beiden Schwierigkeiten, die mikrokristalline Form der Phosphore, vermeidet man mit Hilfe der Alkali-Halogenid-Phosphore. Pohl und Rupp³ haben kürzlich in dem Max Wien-Festheft der Annalen berichtet, daß sich Alkali-Halogenid-Phosphore mit hohem optischen Nutzeffekt in Form großer, klarer, einheitlicher Kristalle (z. B. in Würfeln bis zu einigen Zentimetern Kantenlänge) herstellen lassen. Es galt jedoch noch die zweite Aufgabe zu lösen: Die Ermittlung solcher

¹ P. Lenard, Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. 13. Okt. 1914, Seite 11. Als Ordinaten der Kurve *A* sind in Fig. 1 die Logarithmen der reziproken, von Lenard mitgeteilten Durchlässigkeitswerte J_a aufgetragen.

² E. Rupp, Ann. d. Phys. (4) **72**, 81, 1923.

³ R. Pohl und E. Rupp, ebenda (4) **81**, 1161, 1926.

Zusätze „wirksamer Metalle“, deren Absorptionsbanden erheblich langwelliger liegen, als die des Grundmaterials, also hier der Alkali-Halogenide.

Der Gesichtspunkt, unter dem hier zu suchen war, ist durch die enge, von Gudden und Pohl¹ gefundene Verknüpfung von Phosphoreszenz und lichtelektrischer Leitung gegeben: Es müssen solche Schwermetall-Kationen in das Alkali-Chlorid-Gitter eingebaut werden, die mit Halogen-Ionen zusammen zur lichtelektrischen Leitung führen. Es sind das nach dem bekannten Zusammenhang von lichtelektrischer Leitung und Brechungsindex insbesondere die Kationen von Pb und Tl.

Die starke Erhöhung des Brechungsindex von Gläsern durch Zusätze von Pb und Tl ist allgemein bekannt. Es darf vielleicht daran erinnert werden, daß nach der Dissertation von W. Heintze Pb sogar schon in Bindung mit dem CO_3 -Anion lichtelektrische Leitung ergibt². Demgemäß besteht die Aufgabe dieser Arbeit darin, das Absorptionsspektrum von Alkali-Halogenid-Phosphoren mit Tl und Pb als „wirksamen Metallen“ durch direkte optische Ausmessung zu ermitteln, um so zu großen, klaren, einheitlichen Kristallphosphoren zu gelangen, deren selektive Absorptionsbanden noch weitgehend von der ultravioletten Eigenabsorption des Grundmaterials, also hier der Alkali-Halogenide, abgehoben sind.

Die eingebürgerte Bezeichnungsweise „wirksame Metalle“ kann zu Mißverständnissen führen. Darum sei ausdrücklich bemerkt, daß überall, wo Tl und Pb als wirksame Metalle bezeichnet werden, positiv geladene Ionen des Tl und Pb gemeint sind. Über die Art ihres Einbaus ins Gitter ist noch nichts sicheres bekannt. Die einfachste Annahme ist wohl die, daß die Ionen in vereinzelt Stellen statt eines Alkalikations eingebaut werden. Dabei muß offen bleiben, ob das an jeder beliebigen Stelle des Gitters möglich ist, oder nur an Fehlstellen im Gitterbau, inneren submikroskopischen Sprüngen usw.

§ 2. Herstellung der Kristallphosphore. Bevor an die Herstellung der Kristallphosphore gegangen werden konnte, mußte die Aufgabe gelöst werden, das Grundmaterial, also die Alkali-Halogenide, in dem Reinheitsgrad zu beschaffen, der die Kristalle bis praktisch an die Grenze ihrer konstitutionellen Eigenabsorption durchlässig macht. Diese Aufgabe ist vor kurzem von mir in einer besonderen Voruntersuchung behandelt worden, auf die ich hier zurückweisen darf³. Als Schmelzgut wurden stets die reinsten der dort beschriebenen Alkali-Ha-

¹ B. Gudden und R. Pohl, ZS. f. Phys. **16**, 42, 1923.

² W. Heintze, ebenda **15**, 339, 1926.

³ Rudolf Hilsch, ebenda **44**, 421, 1927.

logenid-Präparate benutzt. Es muß insbesondere betont werden, daß „de Haëns garantiert reine Reagenzien mit Analysenschein“ sich hier als außerordentlich wertvoll erwiesen haben. Die als Schmelzgut benutzten Alkali-Halogenide waren durchweg so rein, daß aus ihnen ohne Zusatz hergestellte Kristalle sowohl im Sichtbaren wie im Ultravioletten nur noch eine verschwindend kleine Phosphoreszenz aufwiesen, die in keiner Weise mehr störte.

Das „wirksame Metall“, also Tl oder Pb, wurde dem mikrokristallinen Schmelzgut entweder als Chlorid oder Nitrat zugesetzt. Wie zu erwarten, kam es auf die Natur des Anions nicht an, da ja die Zersetzung der zugefügten Schwermetallsalze schon vor der Schmelztemperatur eintrat.

Die Herstellung der Kristalle aus dem Schmelzfluß erfolgte nach dem Verfahren, das Dr. Kyropoulos¹ für diesen Zweck im hiesigen Institut ausgearbeitet hat. Die Güte der Kristalle wurde durch den Zusatz der „wirksamen Metalle“ nicht merklich beeinflusst. Allerdings handelt es sich auch nur um winzige Beimengungen dieses Zusatzes. Es wurden nur einige Hundertstel Gramm des „wirksamen Metalls“ auf etwa 100 g des Alkali-Halogenides hinzugefügt. Die Konzentration des „wirksamen Metalls“ im Schmelzfluß zählte also nur nach Zehntel Promillen.

§ 3. Optische Versuchsanordnung. Die Absorptionsspektren wurden mit lichtelektrischer Photometrie ausgemessen. Das erforderliche monochromatische Licht wurde mittels eines Doppelmonochromators gewonnen. Als Lichtquelle dienten sowohl die Quecksilberbogenlampe, wie Funken zwischen verschiedenen Metallen. Ein Teil des monochromatischen Lichtes fiel durch die plattenförmig geschnittenen und polierten Kristallphosphore in eine Natrium-Photozelle nach Elster und Geitel. Ein seitlich abgezweigter Teil des Lichtes fiel in eine gleich gebaute Vergleichszelle. Die jede der beiden Photometerzellen durchfließenden Elektrizitätsmengen wurden mit je einem 1-Fadenvoltmeter bestimmt. Dabei mußten natürlich Störungen der Elektrometer und der Zuleitungen durch elektrische Schwingungen von Seiten der Funkenstrecke sorgfältig ausgeschaltet werden. Sieb- und Irisblenden erlaubten in jedem Falle die Einstellung bequemer Lichtintensitäten.

Die Reflexionsverluste an Vorder- und Rückseite der plattenförmigen Kristallphosphore wurden in bekannter Weise stets dadurch eliminiert, daß zwei aus dem gleichen Kristall geschnittene Platten mittels einer

¹ Sp. Kyropoulos, ZS. f. anorg. Chem. **154**, 308, 1926.

Schlittenführung abwechselnd in den Strahlengang gebracht wurden, oder daß eine Vergleichsmessung gegen einen bis 186 m μ völlig durchsichtigen Kristall aus natürlichem Steinsalz ausgeführt wurde. Die Tabelle 1 gibt das vollständige Beispiel einer Meßreihe.

Tabelle 1. Thallium in KBr.

(Konzentration: 0,04 %.)

Messung 78. Kristall 61. Kristalldicke 0,6 mm.

Vergleichskristall: Natürliches Steinsalz ohne Absorption.

Elektrometerausschlag in Skalenteilen.

λ in m μ	J_1 nat. Na Cl	J_2 K Br + Tl	J_1 nat. Na Cl	J_2 K Br + Tl	J_1 nat. Na Cl	$\log \frac{J_1}{J_2}$	K mm ⁻¹ = $\frac{1}{d} \ln \frac{J_1}{J_2}$		
Funken von	Al 186	undurchlässig							
	Al 193	undurchlässig							
	Al 199	27,5	1,2	27,5	0,8	27,5	1,44	5,53	
	Zn 203	30,0	8,5	30,0	8,5	30,0	0,548	2,11	
	Zn 206	30,0	1,8	30,2	2,0	20,8	1,20	4,60	
	Zn 210	34,5	1,6	35,5	1,8	34,6	1,34	5,14	
	Cd 214	35,5	2,0	36,0	1,6	36,2	1,30	5,00	
	Cd 219	30,0	12,0	29,0	11,5	29,0	0,400	1,54	
Quarz- lampe	Cd 226	33,0	23,5	33,0	23,5	32,0	0,138	0,529	
	Cd 232	34,0	31,0	34,0	32,5	37,0	0,042	0,161	
	Hg 238	32,5	30,0	31,8	30,0	32,6	0,032	0,123	
	Hg 248	31,0	29,5	32,0	29,8	30,5	0,022	0,084	
	Hg 254	30,0	26,5	30,0	26,0	30,0	0,059	0,226	
	Funke	Cd 257	28,0	10,0	27,5	10,0	27,5	0,042	1,70
		Hg 265	31,0	11,7	31,0	11,8	32,0	0,426	1,64
	Quarz- lampe	Hg 270	34,5	26,5	34,0	25,5	33,5	0,116	0,400
Hg 275		34,0	32,0	35,0	33,2	35,5	0,029	0,111	
Hg 280		27,5	26,5	27,0	26,0	27,0	0,015	0,057	
Hg 289		31,5	30,8	32,0	30,8	31,7	0,013	0,050	
Hg 302		29,0	28,8	29,0	28,5	28,9	0,005	0,019	
Hg 313		29,2	28,9	29,1	29,2	28,8	0,000	0,000	

Sehr wesentlich für die gute Reproduzierbarkeit der Messungen war natürlich die gute Politur der Kristalle. Die technischen Einzelheiten sind bereits in der erwähnten Voruntersuchung beschrieben¹. Die polierte Oberfläche ließ sich durch einen einfachen Kunstgriff über viele Tage in einwandfreiem Zustand erhalten: Der Kristallträger und der ihn führende Schlitten wurden durch ein unwickeltes Widerstandsband elektrisch dauernd etwa 10⁰ über Zimmertemperatur erwärmt gehalten.

§ 4. Die Meßergebnisse. Die Meßergebnisse sind in fünf Bildern graphisch dargestellt. Die angegebenen Konzentrationen sind obere Grenz-

¹ Rud. Hilsch, ZS. f. Phys. 44, 421, 1927.

werte. Sie stellen die Konzentration des Schwermetallzusatzes im Schmelzfluß dar. Die in das Kristallgitter mit eingebaute Menge des Schwermetalls ist sicher geringer. Nach vorläufigen Analysen ist sie noch mindestens 50 mal kleiner.

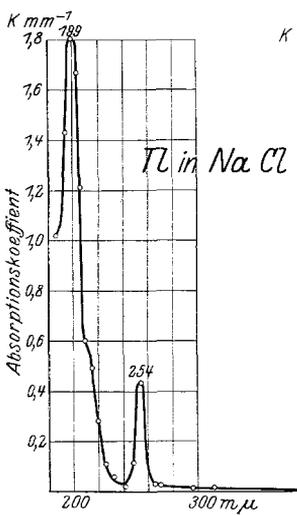


Fig. 2a.
Konzentration 0,1 ‰
Schichtdicke 1,5 mm
Kristallnummer 57

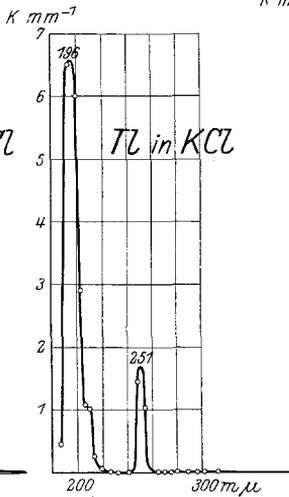


Fig. 2b.
0,04 ‰
0,4 mm
42

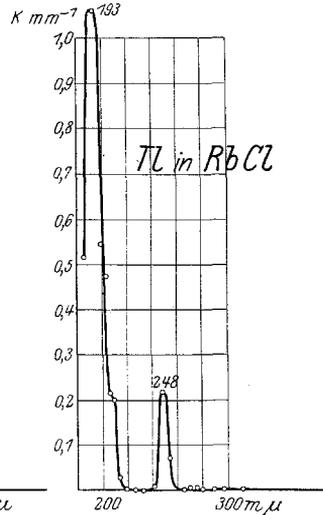


Fig. 2c.
0,01 ‰
1,05 mm
53

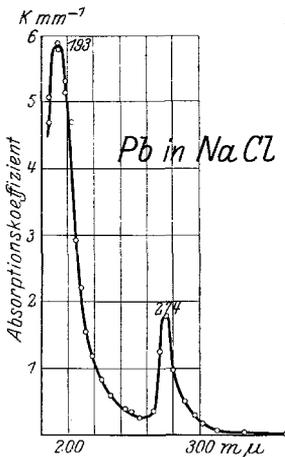


Fig. 3a.
Konzentration 0,04 ‰
Schichtdicke 0,45 mm
Kristallnummer 56

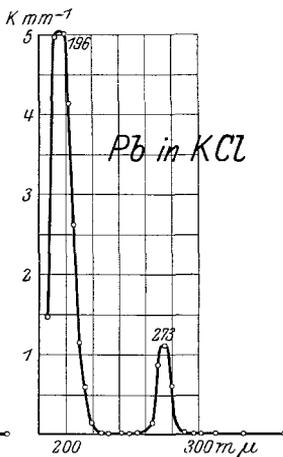


Fig. 3b.
0,03 ‰
0,45 und 2,4 mm
54

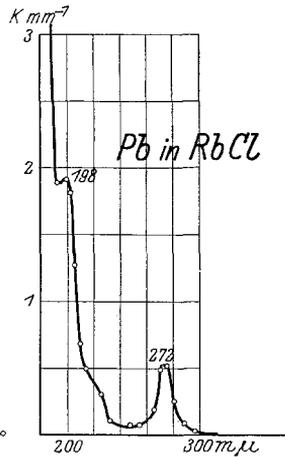
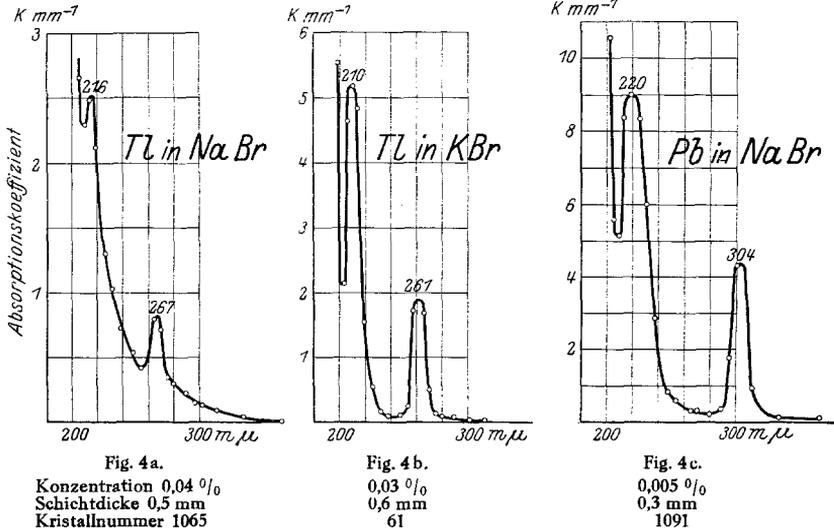


Fig. 3c.
0,02 ‰
0,5 mm
90

Den hier mitgeteilten Messungen entnehmen wir folgendes:

1. Nach Fig. 2 und 3 liegt bei den Chloriden das Absorptionsspektrum der „wirksamen Metalle“ erheblich langwelliger als die Eigenabsorption des Grundmaterials. Denn die Eigenabsorption von NaCl beginnt erst bei $172\text{ m}\mu$, die des KCl bei $181\text{ m}\mu$ und die des RbCl bei etwa $190\text{ m}\mu$ ¹. Gleiches gilt auch für Tl und Pb in KBr; denn die Eigenabsorption des KBr setzt erst etwa bei $206\text{ m}\mu$ ein. (Dabei



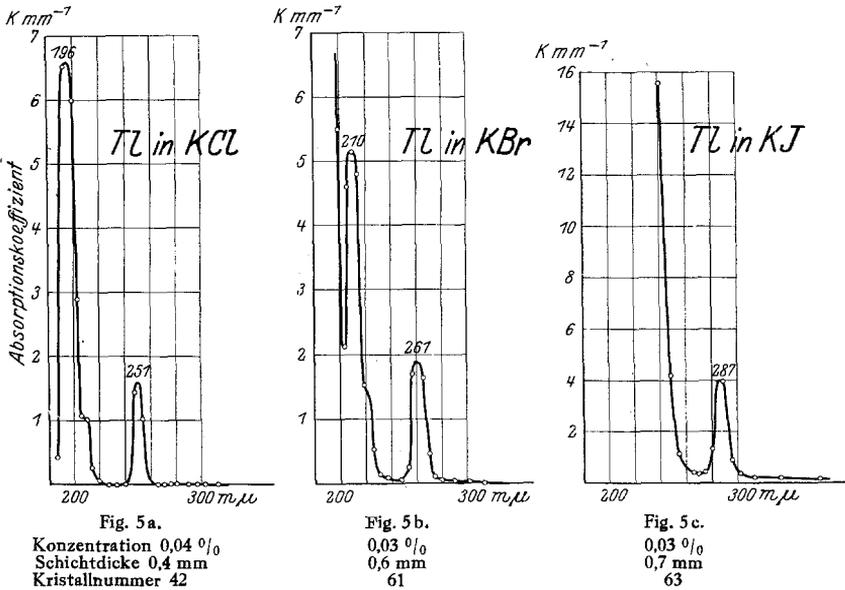
sprechen wir vom Beginn der Eigenabsorption etwa bei der Wellenlänge, an der der Absorptionskoeffizient α , der asymptotisch nach längeren Wellen ausläuft, die Größenordnung $0,1\text{ mm}^{-1}$ erreicht.)

2. Der Einbau der Tl- und Pb-Kationen erfolgt nicht in allen Alkali-Halogenid-Gittern gleich gut. So geht anscheinend Pb nur noch schlecht in das RbCl-Gitter herein (Fig. 3c), und dabei wird gleichzeitig das RbCl-Gitter selbst derartig gestört, daß seine asymptotisch auslaufende Eigenabsorption ähnlich wie durch Temperatursteigerungen in Richtung längerer Wellen verlagert wird. Gleiches gilt wahrscheinlich auch für Tl und Pb in NaBr (vgl. Fig. 4a mit 4c). Für Pb und Tl verhält sich das KJ-Gitter verschieden. Während Tl in KJ bei üblicher Konzentration eine hohe Absorptionsbande hervorruft, ist es nicht gelungen, selbst durch hohe Pb-Zusätze eine ausgesprochene Bande zu erhalten.

¹ Rud. Hilsch, ZS. f. Phys. 44, 421, 1927.

3. Die beobachteten Absorptionsspektren bestehen in den untersuchten Spektralbereichen bei den Chloriden und Bromiden sowohl beim Tl wie beim Pb praktisch aus zwei scharfen Banden, die durch einen völlig durchsichtigen Zwischenraum voneinander getrennt sind.

Bei den Chloriden und Bromiden in Fig. 2, 3, 5 und 6 hebt sich auch das kurzwellige Absorptionsmaximum noch überall klar von der Eigenabsorption des Grundmaterials ab. Erst bei dem Jodid des Kaliums



in Fig. 5c ist die Eigenabsorption des KJ so weit vorgerückt, daß sie das kurzwellige Maximum nicht mehr erkennen läßt¹.

Der hier mit den Alkali-Halogenid-Phosphoren erzielte Fortschritt in der direkten optischen Ausmessung des Absorptionsspektrums zeigt sich am besten durch einen Vergleich etwa der Kurve A in Fig. 1, die nach Lenards Messungen an Sulfid-Phosphoren gezeichnet war. Was den Wert der mitgeteilten Absorptionskoeffizienten anlangt, so stellen die Zahlen keineswegs die erreichten Höchstwerte dar. So gab beispiels-

¹) Beim KJ kann man also schon die zweite Absorptionsbande des gelösten Tl nicht mehr durch eine Absorptionsmessung ermitteln, weil sich ihr die Eigenabsorption des Grundmaterials, also des KJ, überlagert. Hier muß man wieder zu dem Ausweg greifen, die Absorption rückwärts aus der Phosphoreszenz zu schließen, und man findet in der Tat auf diese Weise den Absorptionsstreifen zwischen 219 mμ und 248 mμ, also in dem Bereich, in dem er nach Analogie der Fig. 5a und b zu erwarten ist.

weise eine Messung an einem NaBr-Kristall mit 0,04% Pb-Zusatz schon in seinem langwelligen Absorptionsstreifen bei $304\text{ m}\mu$ einen Wert $\alpha = 8,3\text{ mm}^{-1}$. Eine spätere Arbeit wird auf die erreichbaren Höchstwerte näher eingehen.

4. Das Kation des Grundmaterials ist auf Gestalt und Lage der Absorptionsstreifen von nur ganz untergeordnetem Einfluß. Man vergleiche die Absorptionsstreifen des Tl für die Chloride von Na, K und Rb in Fig. 2a bis c, oder die Bromide von Na und K in Figur 4a und b. In

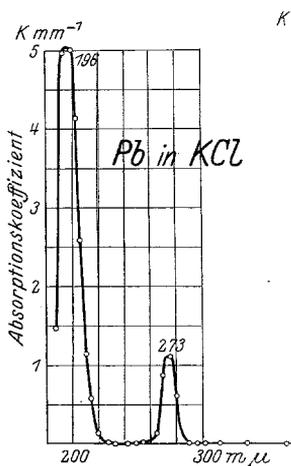


Fig. 6a.

Konzentration 0,03 %
Schichtdicke 0,45 und 2,4 mm
Kristallnummer 54

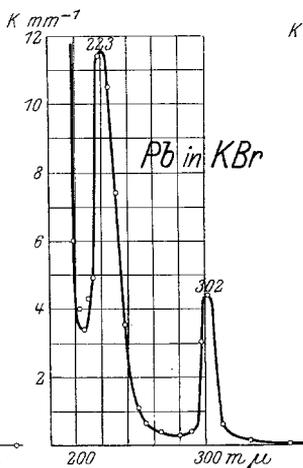


Fig. 6b.

0,03 %
0,6 mm
62

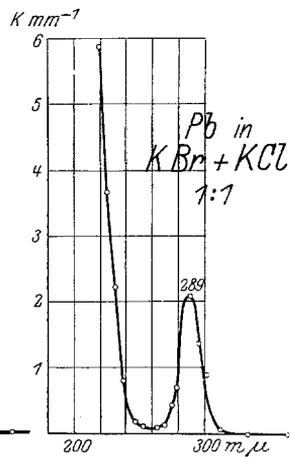


Fig. 6c.

0,03 %
0,4 mm
1029

gleicher Weise zeigt sich der sehr geringe Einfluß des Kations des Grundmaterials für Pb in den Chloriden des Na, K und Rb in Fig. 3a bis c oder in den Bromiden bei einem Vergleich der Fig. 4c mit 6b. Es wird die nächste Aufgabe sein, zu untersuchen, ob der kleine noch vorhandene Einfluß des Grundmaterialkations verschwindet, sobald man den Brechungsindex bzw. die Dispersion der verschiedenen Alkali-Halogenide berücksichtigt.

5. Ein Wechsel des Anions im Grundmaterial verschiebt das Absorptionsspektrum systematisch, und zwar verschiebt es sich beim Übergang Chlor-Brom-Jod in Richtung längerer Wellen. Man vergleiche Fig. 5a bis c und 6a bis c. Dabei gibt überraschender Weise ein Phosphor, dessen Grundmaterial Chlor- und Brom-Ionen in gleicher Anzahl enthält, einen Absorptionsstreifen, der zwischen dem in reinem Bromid und reinem

Chlorid beobachteteten liegt. Ist auch in dem Mischkristall das Absorptionsmaximum bei $289\text{ m}\mu$ merklich breiter, als bei den entsprechenden Kristallen nur einer Anionenart, so kann man trotzdem das Maximum im Mischkristall nicht als eine einfache Überlagerung der beiden Einzelmaxima deuten.

Zum Schluß werden die wichtigsten Zahlen in Tabelle 2 noch einmal zusammengestellt:

Tabelle 2.

	Thallium		Blei	
	Absorptionsbande		Absorptionsbande:	
	a	b	a	b
NaCl	λ in $\text{m}\mu$ 254	199	274	193
	Volt 4,87	6,20	4,50	6,40
	Differenz	1,33	1,90	
KCl	λ in $\text{m}\mu$ 251	196	273	196
	Volt 4,92	6,30	4,52	6,30
	Differenz	1,38	1,78	
RbCl	λ in $\text{m}\mu$ 248	193	272	198
	Volt 4,98	6,40	4,54	6,23
	Differenz	1,42	1,69	
Na.Br	λ in $\text{m}\mu$ 267	216	304	220
	Volt 4,63	5,72	4,06	5,60
	Differenz	1,09	1,54	
K.Br	λ in $\text{m}\mu$ 261	210	302	223
	Volt 4,73	5,88	4,09	5,54
	Differenz	1,15	1,45	
K.J	λ in $\text{m}\mu$ 287	} nicht meßbar	} nicht herstellbar	
	Volt 4,30			

Es ist bisher noch nicht gelungen, die auf diese Weise in Absorption optisch nachgewiesenen Energiestufen einwandfrei mit irgendwelchen chemischen Energiestufen in Zusammenhang zu bringen. Diese Arbeit beschränkt sich absichtlich auf eine Mitteilung der gesicherten Tatsachen.

§ 5. Die Absorptionsbanden als Erregungsgebiete der Alkali-Halogenid-Phosphore. Es ist bisher immer nur von den Absorptionsbanden der untersuchten Alkali-Halogenid-Phosphore mit Tl- und Pb-Zusatz die Rede gewesen, ohne daß die Lichtemission dieser Phosphore erwähnt worden ist, abgesehen von einer Anmerkung auf S. 867 Das ist absichtlich geschehen. Denn, wie eingangs erwähnt, ist die Lichtemission ein Begleitvorgang, der den für die Phosphoreszenz charakteristischen Absorptionsvorgang begleiten kann, aber nicht muß. — Es ist jedoch zu bemerken, daß alle in dieser Arbeit erwähnten Phosphore

auch eine Lichtemission zeigen, die sich bei geeigneter Konzentration durchaus mit der lichtstarker Sulfid-Phosphore messen kann. Die Erregung dieser Lichtemission erfolgt ausschließlich in den Banden, die in Fig. 2 bis 6 verzeichnet sind.

Die spektrale Ausmessung der Emission bildet den Gegenstand noch nicht abgeschlossener Untersuchungen der Herren Witte und Fesefeldt. Dabei wird gleichzeitig die Zahl der beteiligten „Dispersionselektronen“ untersucht, die Herr Bredig durch Beobachtung der anomalen Dispersion der Alkali-Halogenid-Phosphore im Gebiet der Absorptionsbanden ermittelt.

Zusammenfassung. Bei den bekannten Sulfid-Phosphoren überlagert die Absorption des Grundmaterials sich den selektiven Absorptionsbanden, die von den im Grundmaterial eingesprengten „wirksamen Schwermetallen“ herrühren. Bei den Alkali-Halogenid-Phosphoren mit Zusatz von Thallium- und Bleiionen (Konzentration im Schmelzfluß etwa 10^{-4}) fällt dieser Übelstand fort, man findet Absorptionsbanden des „wirksamen Metalls“ erheblich langwelliger als die Eigenabsorption des Grundmaterials, die sich scharf zwischen völlig durchsichtigen Spektralgebieten abheben. Dadurch wird die Untersuchung der zur Phosphoreszenz führenden Lichtabsorption erheblich vereinfacht, zumal die Alkali-Halogenid-Phosphore im Gegensatz zu den Sulfid-Phosphoren in Form großer, einheitlicher Kristalle hergestellt werden können.

Es ist mir wieder eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Pohl für die Anregung und Unterstützung dieser Arbeit meinen herzlichen Dank auszusprechen, ferner danke ich Herrn Dr. Rupp und Herrn Dr. Flechsig für stetes Interesse an dem Fortgang der Arbeit.

Göttingen, Erstes physikalisches Institut der Universität, Juni 1927.
