

**Die Reflexion einiger Metalle  
(Cu, Zn, Ni, Ag, Hochheimsche Legierung)  
im Spektralbereich von 300 bis 186 m $\mu$ .**

Von **Franz Hlučka** in Brünn.

Mit 5 Abbildungen. (Eingegangen am 28. Juni 1935.)

Mit den vorliegenden (und noch weiterhin beabsichtigten) Reflexionsmessungen soll eine Lücke ausgefüllt werden, die im kurzwelligen Ultraviolett für die Metalle offen geblieben ist. Es konnte ein *anomaler* Verlauf des Reflexionsvermögens in dem betrachteten Spektralbereich festgestellt werden. Im Zusammenhang mit früheren lichtelektrischen Messungen konnte jetzt eine wegen der unzureichenden optischen Daten bei den Metallen bloß vermutete Gesetzmäßigkeit experimentell bestätigt werden.

Die über das Reflexionsvermögen der Metalle im Ultraviolett vorliegenden Messungen lassen eine Lücke offen, insofern als die Meßpunkte spektral zu weit auseinander liegen und daher nicht ausreichen, um den genauen Verlauf der Reflexionskurven zu erkennen. Außerdem erstrecken sich die Messungen zumeist nur bis zur Quecksilberlinie 254 m $\mu$ , so daß über das optische Verhalten im kurzwelligen Ultraviolett noch Unklarheit besteht<sup>1)</sup>. Der Grund für diese experimentellen Lücken liegt wohl in der fast ausschließlichen Benutzung der Quarzlampe, die zwar wegen ihres kräftigen Linienspektrums Vorteile bietet, aber in jenen Fällen nicht ausreichen kann, wo ein *kontinuierliches* Spektrum erforderlich ist. Dies ist der Fall bei Aufnahme der optischen Kurven, in denen innerhalb eines engen Spektralbereichs Anomalien auftreten können.

Die hier notwendige Ergänzung durchzuführen wurde mir ermöglicht durch Benutzung einer wasserstoffgefüllten Lauschen Röhre, die ein im kurzwelligen Ultraviolett kräftiges kontinuierliches Spektrum liefert und die mir bereits zur genauen Aufnahme lichtelektrischer Kurven in diesem Spektralgebiet gute Dienste geleistet hat. Im Zusammenhange mit diesen lichtelektrischen Messungen war mir die Kenntnis des genauen Verlaufs der Reflexionskurven erwünscht, um damit die nach Analogie zu anderen Resultaten vermutete Korrespondenz zwischen den lichtelektrischen selektiven Maxima und optischen Anomalien (bzw. Eigenschwingungen<sup>2)</sup>] auch in diesen Fällen experimentell zu bestätigen.

*Versuchsordnung.* Es wurden die bereits früher<sup>3)</sup> beschriebenen Apparate benutzt (Lausches Entladungsrohr bzw. Quarzlampe als Licht-

<sup>1)</sup> Es handelt sich um das Spektralgebiet von 250 bis 200 m $\mu$ , worüber noch keine genauen Messungen vorliegen. — <sup>2)</sup> Franz Hlučka, ZS. f. Phys. **81**, 66, 76, 521, 1933; **92**, 359, 1934. — <sup>3)</sup> Franz Hlučka, ebenda **81**, 66, 1933.

quelle, Monochromator /1:4,5 von Leiss, Photozelle, Gaede-Pumpe, Quadrantenelektrometer). Die Messung des einfallenden und reflektierten Lichtes erfolgte mittels einer selbstkonstruierten Photozelle mit Silberkathode, die während der ganzen Versuchsdauer evakuiert blieb. Der Austrittsspalt des Monochromators war auf 1 mm geöffnet und ließ einen Wellenbereich von etwa 5 m $\mu$  durch; er wurde mittels einer Quarzlinse auf die Kathode abgebildet. Das Elektrometer wurde in Quadrantschaltung verwendet bei einer Empfindlichkeit von  $4 \cdot 10^{-4}$  Volt/mm. Zur Messung der Reflexion wurde der Strahlenkegel unter spitzem Winkel durch den zu messenden Metallspiegel zurückgeworfen und der Austrittsspalt auf die entsprechend gestellte Zelle abgebildet (Fig. 1). Der Einfallswinkel betrug etwa  $6^\circ$ , der Öffnungswinkel des Strahlenkegels etwa  $2^{1/2}^\circ$ , so daß die maximale Abweichung von senkrechter Inzidenz bloß  $8^{1/2}^\circ$  erreichte. Bei dieser Anordnung waren keinerlei Korrekturen wegen irgendwelcher Lichtverluste bei der

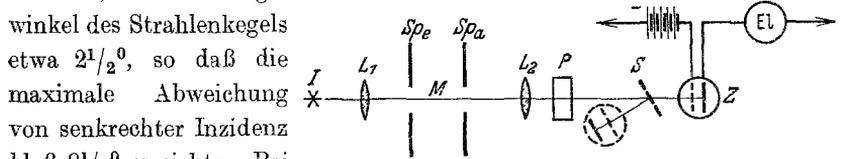


Fig. 1.  
 I = Lichtquelle.  $L_{1,2}$  = Quarzlinse.  $Sp_e, a$  = Spalte des Monochromators  $M$ .  $P$  = Foucaultsches Prisma.  $S$  = Metallspiegel.  $Z$  = Photozelle.  $El$  = Quadrantenelektrometer.

Messung des reflektierten Lichtes erforderlich, da die Spaltabbildung in ganz gleicher Weise erfolgte wie bei der Messung des einfallenden Lichtes. Das einfallende Licht wurde vor und nach jeder Meßreihe gemessen, um eine eventuelle Änderung der Empfindlichkeit der Photozelle entsprechend berücksichtigen zu können.

*Ergebnis.* Der Messung wurden dieselben Metalle unterworfen, deren lichtelektrisches Verhalten bereits in früheren Arbeiten bestimmt worden war <sup>1)</sup> (Cu, Zn, Ni, Ag), ferner ein Spiegel aus Hochheimscher Legierung, den mir Herr Professor Dr. Schaefer in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt hatte. Auf die Messung von Pt und Au wurde verzichtet, da sich die zur Verfügung stehenden dünnen Bleche nicht als Spiegel einschleifen ließen. Die früher durchgeführten lichtelektrischen Messungen hatten das Resultat ergeben, daß jedes selektive Maximum auf eine optische Anomalie (Eigenschwingung) hindeutet, welche nahezu die gleiche spektrale Lage hat. Wie aus den Kurven Fig. 2 ersichtlich, zeigen die Reflexionskurven in der Umgebung von 200 m $\mu$  tatsächlich die erwartete Erhebung, die den dort

<sup>1)</sup> Franz Hlučka, ZS. f. Phys. **81**, 76, 1933; **84**, 364, 1933; **92**, 359, 1934. Zeitschrift für Physik. Bd. 96. 16

beobachteten lichtelektrischen selektiven Maxima korrespondiert. Und zwar scheint es, daß auch in den Reflexionskurven (wenigstens in diesem Spektralbereich) die zwei nahe einander gelegenen Maxima auftreten, die in den lichtelektrischen Kurven zum Ausdruck kommen<sup>1)</sup>. Diese Erscheinung trifft

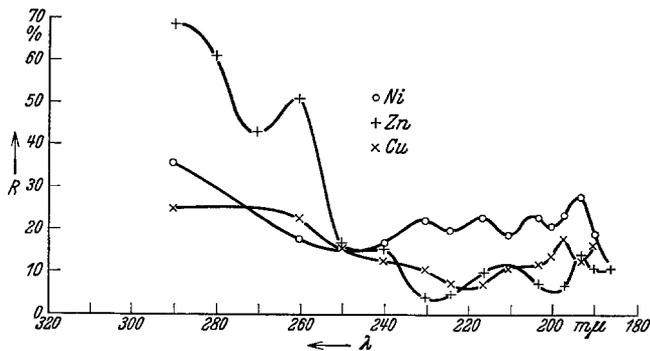


Fig. 2.

auch zu bei den längerwelligen Maxima von Nickel, die bei 215 und 230 mμ einander sehr gut korrespondieren; ferner bei Zink im Bereich von 250 bis 270 mμ, und bei Silber im Bereich um 300 mμ. Für Silber ist ein Reflexionsmaximum für  $\lambda < 200$  mμ angedeutet; der Verlauf der Reflexionskurve in der Umgebung von 300 mμ wird weiter unten erörtert werden, da erst die

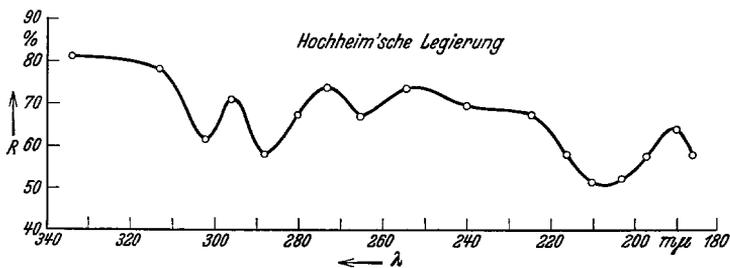


Fig. 3.

Messungen im *polarisierten* Licht hierüber näheren Aufschluß geben. Nachdem in dem letztgenannten Spektralgebiet die Empfindlichkeit der Apparatur noch hinreichte, um Messungen mit *polarisiertem* Licht durchzuführen, wurden für Zink und Silber die Reflexionskurven aufgenommen, worüber weiter unten berichtet wird.

<sup>1)</sup> Franz Hlučka, ZS. f. Phys. 92, 359, 1934.

Die Werte des berechneten Reflexionsvermögens sind in Tabelle 1 eingetragen. Soweit Messungen anderer Autoren vorliegen, zeigt sich guter Anschluß, wobei zu berücksichtigen ist, daß hier wegen der Empfindlichkeit der Metalloberflächen keine völlige Übereinstimmung erwartet werden kann. Der maximale Meßfehler (im Bereich der kleinsten Ausschläge des Elektrometers) wurde auf etwa 10% geschätzt. Das Hauptinteresse dieser Arbeit liegt jedoch auf dem *relativen* Verlauf des Reflexionsvermögens in dem betrachteten Spektralgebiet.

Die Reflexionsmessung an dem Hochheimschen Metallspiegel<sup>1)</sup> ergab ein erstaunlich hohes Reflexionsvermögen im kurzwelligen Ultraviolett, das jenes aller anderen Metalle weit übertrifft (Fig. 3). Dieser Spiegel wird daher dem Bedürfnis nach einem guten Reflektor für ultraviolettes Licht vollauf Rechnung tragen.

Tabelle 1.

Wellenlänge $\lambda$	186	190	193	197	200	203	210	216	224	230 m $\mu$
Kupfer . . . . .		16	12,5	17,5	13,5	11,5	10,5	7	7	10
Zink . . . . .	10,5	10,5	13,5	6,5		7		9,5	4	3,5
Nickel . . . . .	12	19	28	23	21	23	18,5	22,5	20	22
Hochheimsche Legierung . . . . .	58	64		57		52	51	58	67	
Silber . . . . .		21,2	15,6	8,3	8	5,5	6,3	4,7		6,4

Wellenlänge $\lambda$	240	250	254	260	265	270	273	280	288	290	313 m $\mu$
Kupfer . . . . .	12,5	15,5		22,5							25
Zink . . . . .	15	16		51		43		61			68
Nickel . . . . .	16,5			17,5							36
Hochheimsche Legierung . . . . .	69,5		73,5		66,9		74	67,3	58,2		77,8
Silber . . . . .	15,5			30,5		34				22	

*Messungen im polarisierten Licht.* Bei diesen Messungen wurde dem Metallspiegel ein Foucaultsches Prisma vorgeschaltet. Der Einfallswinkel betrug 50°. Mit Benutzung der Quarzlampe war die Intensität des einfallenden Lichtes soweit hinreichend, um die Reflexion im Bereich von 313 bis 254 m $\mu$  messen zu können. Das Ergebnis ist sehr bemerkenswert: es zeigt sich deutlich, daß in dem steilen Abfall der Reflexionskurve bei Zink und

<sup>1)</sup> Die Reflexion des Hochheimschen Spiegels wurde bereits von C. v. Fragstein (Ann. d. Phys. 17, 1, 1933) untersucht, doch liegen dort die Meßpunkte weiter auseinander und reichen nicht soweit ins kurzwellige Ultraviolett hinein. Daher kommen in der Reflexionskurve die Details nicht zum Ausdruck, die in der vorliegenden Messung ermittelt werden konnten.

Silber in der Nähe von  $300\text{ m}\mu$  noch zwei Maxima eingelagert sind, und zwar für beide Metalle ungefähr bei  $280$  und  $250\text{ m}\mu$  (Tabelle 2, Fig. 4, 5). Der Verlauf der Reflexionskurven zeigt dort große Ähnlichkeit mit jenem der entsprechenden lichtelektrischen Stromkurven<sup>1)</sup>. Daher dürfte wohl der

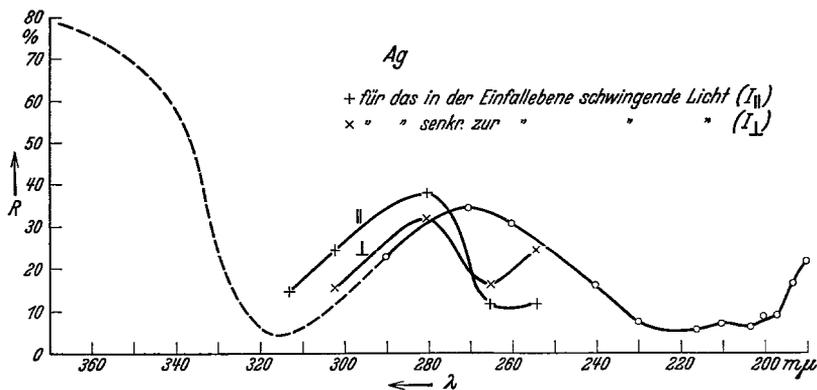


Fig. 4.

Schluß berechtigt sein, daß die in diesen Kurven auftretenden selektiven Maxima (deren je eines als der Parallel- bzw. der Normalkomponente des Lichtvektors zugehörig erkannt wurde) diesen Reflexionsmaxima zuzuordnen sind. Der Vergleich mit den Reflexionskurven bei *nicht*polarisiertem Licht läßt erkennen, daß für Silber das Reflexionsmaximum bei  $270\text{ m}\mu$  in 2 Maxima

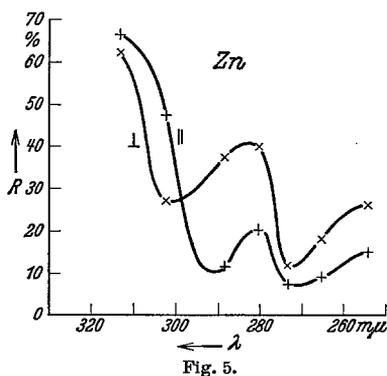


Fig. 5.

bei  $280$  und  $250\text{ m}\mu$  zerlegt erscheint, so daß also die (bei  $330$  bzw.  $320\text{ m}\mu$  liegenden) selektiven lichtelektrischen Maxima gegenüber den Reflexionsmaxima beträchtlich langwelliger sind, als es vergleichsweise in anderen Fällen festgestellt werden konnte<sup>2)</sup>. Silber zeigt aber ein eigenartiges optisches Verhalten, das darin zum Ausdruck kommt, daß das Reflexionsvermögen noch sehr hohe Werte hat, während (von der langwelligen Seite

her) der Brechungsindex  $n$ , der dort ebenfalls einen Abfall aufweisen sollte, bereits sehr niedrig ist. Bei Zink hingegen entspricht die Lage der Reflexionsmaxima (bei  $280$  und  $250\text{ m}\mu$ ) ziemlich genau jener der selektiven Maxima

<sup>1)</sup> Siehe Franz Hlučka, ZS. f. Phys. **92**, 359, 1934. — <sup>2)</sup> Siehe ebenda **81**, 66, 1933.

(bei 270 und 250 m $\mu$ ). Ferner zeigen beide Maxima gegenüber den ihnen entsprechenden in der Reflexionskurve für *nicht*polarisiertes Licht eine Verschiebung nach der längerwelligen Seite. Im Unterschied zum lichtelektrischen Verhalten sind in den Reflexionskurven *beide* Maxima ausgeprägt, während in den lichtelektrischen Stromkurven abweichend nur die Maxima auftreten, die den jeweils wirksamen Lichtvektorkomponenten entsprechen. Immerhin ist der in den lichtelektrischen Stromkurven für die beiden Polarisationsrichtungen zum Ausdruck kommende Unterschied auch in den Reflexionskurven insofern angedeutet, als in jener für  $J_{\parallel}$  das *länger*wellige Maximum relativ stärker zum Ausdruck kommt, dem in der entsprechenden Stromkurve die selektive Überhöhung entspricht. Ein gemeinsames Verhalten beider Kurvenpaare kommt darin zum Ausdruck, daß bei längeren Wellen eine Erhöhung, bei kürzeren eine Erniedrigung in der Kurve für  $J_{\parallel}$  gegenüber jener für  $J_{\perp}$  zu beobachten ist. Diese Feststellungen müssen vorläufig genügen, bis es möglich sein wird, die Reflexionskurven in dem ganzen in Betracht kommenden Spektralbereich genau durchzumessen. Dann wird auch über das optische Verhalten im polarisierten Licht und den Zusammenhang mit dem selektiven lichtelektrischen Effekt ein vollständiges Urteil abgegeben werden können.

Tab elle 2.

Wellenlänge $\lambda$	254	265	273	280	288	296	302	313 m $\mu$
Silber $J_{\parallel}$ . . . . .	11,2	10,6		37,5			23,8	14,2
Silber $J_{\perp}$ . . . . .	23,8	15,4		31,3			15	
Zink $J_{\parallel}$ . . . . .	15	8,9	7,2	20	11,3		47,6	66,6
Zink $J_{\perp}$ . . . . .	26,6	17,9	11,3	39,8	37,3		27	62,3

Herrn Institutsvorstand Professor Dr. E. Lohr danke ich herzlichst für die stets bereitwillig gewährte Unterstützung durch Bereitstellung von Hilfsmitteln und persönliche Beratung.

Brünn, Physikal. Institut d. Deutsch. Techn. Hochschule, Juni 1935.