

Über Edelgas-Quecksilberlampen.

Von W. Gerlach und K. Siebertz in München.

Mit 3 Abbildungen. (Eingegangen am 17. Juli 1934.)

Leuchtröhren mit positiver Säule und einer Füllung mit Neon und Quecksilber zeigen bei $\sim 12^\circ$ einen äußerst plötzlichen Farbumschlag; durch Zusatz von Argon wird die Temperatur des Farbumschlags auf weit unter 0° C herabgedrückt. Diese Beobachtungen werden auf Grund spektroskopischer Untersuchungen gedeutet.

Die für Reklamebeleuchtung dienenden Leuchtröhren mit blau leuchtender *positiver Säule* enthalten entweder eine *Neonfüllung* oder eine *Argonfüllung* von einigen Millimeter oder Zentimeter Druck und *Quecksilber* als *Bodenkörper*. Durch die Entladung wird das Quecksilber soweit erwärmt, daß genügend Quecksilberdampf vorhanden ist, um die ursprüngliche Farbe des Edelgasleuchtens zu unterdrücken, so daß das blaue Quecksilberlicht entsteht. Ein Hg-Dampfdruck von 0,001 mm Hg (erzeugt durch ein *seitliches* Hg-Gefäß) genügt hierzu, entgegen manchen Angaben in der Literatur, noch nicht.

Diese beiden Leuchtröhrentypen haben in mancher Beziehung auffällig verschiedene Eigenschaften. Diese Mitteilung behandelt dieselben in erster Linie bezüglich ihres Einflusses auf die technische Verwendung der Röhren. Über die physikalischen Ursachen, welche die im folgenden beschriebenen sowie einige andere spektrale Anomalien bedingen, werden wir später berichten.

a) *Die Röhren brennen in Luft bei Außentemperaturen von etwa 20° C.* Sie werden mit Wechselstrom bei einer Stromdichte von 25 mA/cm^2 betrieben. Hierbei nehmen die Röhrenwände nach einiger Zeit eine Temperatur von 30 bis 35° C an, das Neonrohr wird etwas wärmer als das Argonrohr. Das Spektrum besteht überwiegend aus dem Hg-Triplett $5461, 4358, 4047$, daneben erscheinen ziemlich stark die gelben Hg-Linien und 4078 . Neon und Argon fehlen. Im Neon-Hg-Rohr ist im Roten gut, wenn auch schwach gegen das Hg-Triplett, eine Anzahl Hg-Linien zu sehen, während das Neonpektrum nicht sichtbar ist und auch bei langer Expositionszeit nicht erscheint. Die im Roten auftretenden Linien sind vor allem die Hg-Serienlinien $2S - 4, 5, 6P, 2s - 4, 5P$ und die nicht eingeordnete Linie 6123 , ferner die höheren Glieder der $2s - mp_{1,2,3}$ Triplettserie.

Die Farbe des Rohres hat einen angenehm „warmen“ blauen Ton, im Gegensatz zu der Argon-Hg-Röhre, die ein greller Licht liefert.

Das Spektrum dieser Argon-Hg-Röhren unterscheidet sich zwar bezüglich des Hg-Tripletts fast nicht von der Neon-Hg-Lampe. Dagegen ist die Intensität der roten Hg-Linien ganz wesentlich geringer als im Neon-Hg-Rohr. Fig. 1 zeigt zwei Spektren, die mit zwei gleichartigen Röhren gleichzeitig mit einem großen Glasspektrographen (Dispersion bei 6000 \AA 31 \AA pro mm; Lichtstärke 1:30) in 17 stündiger Aufnahme gemacht wurden (Belastung 25 mA pro cm^2). Man erkennt an dem von einer fehlerhaften Stelle im Prisma herrührenden, absichtlich nicht abgeblendeten, *schwachen* Begleiter der gelben und grünen Hg-Linien, daß diese in beiden Röhren nahe gleiche Intensität haben (nach besonderen Aufnahmen ist

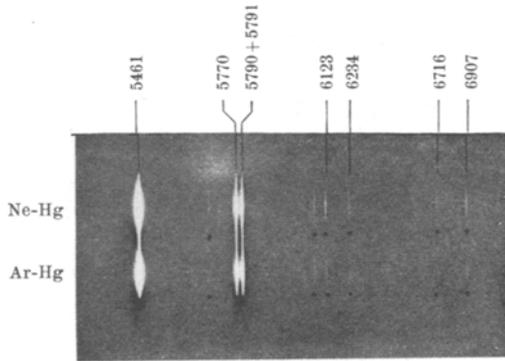


Fig. 1.

auch die Intensität des Tripletts im Argon- ein wenig schwächer als im Neonrohr), während die roten Hg-Linien in der Neon-Hg-Röhre wesentlich stärker sind als in der Argon-Hg-Röhre.

Es ist möglich, daß für den Unterschied im blauen „Ton“ der Neon-Hg- und Argon-Hg-Röhren — wie in der Patentliteratur angegeben — die verschiedene Intensität der roten Linien verantwortlich ist. Es ist aber ein Irrtum, daß es, wie üblich angenommen wird, rote Neonlinien seien. Es sind vielmehr die in obiger Tabelle angegebenen Hg-Serien, die in Gegenwart von Neon stärker und vor allem relativ zu den Tripletlinien stärker auftreten als im Argon-Hg-Gemisch.

Noch ein weiterer Unterschied zwischen dem Neon-Hg- und dem Argon-Hg-Rohr ist bemerkenswert; er betrifft die Linien 4916 ($2 P - 3 S$) und 4108 ($2 P - 4 S$). Beide sind im Neon wesentlich stärker als im Argon. 4916 dürfte mitbestimmend für den wärmeren Farbton der Neon-Hg-Lampen sein.

Brennt man die Röhren in einem *Wasserbad* von 20° C, so bleiben die erwähnten Unterschiede qualitativ bestehen. Im Neonrohr fehlen auch jetzt die Neonlinien, dagegen treten im Argon-Hg-Rohr schwach einige blaue Linien des roten Argonspektrums auf. Röhren, welche ein Gemisch von 75 bis 85% Neon und 25 bis 15% Argon enthalten, zeigen bezüglich der roten Hg-Linien merklich dasselbe Verhalten wie die mit reinem Neon gefüllten Röhren, dagegen zeigen sie im Wasserbad auch die Argonlinien.

Röhren mit einem Querschnitt von 1 und 2 cm² unterscheiden sich nicht.

b) *Die Röhren befinden sich in einem Bad von tiefer Temperatur.* Wird die Temperatur einer Neon-Hg-Röhre nur so weit erniedrigt, daß der Partialdruck des Quecksilbers $\frac{1}{1000}$ mm oder weniger wird, so kommt auffallend stark die sichtbare rote Neonstrahlung zur Geltung. Das hat zur Folge, daß Reklamelampen mit Neon-Hg-Füllung im Winter von blau nach rot umschlagen, wenn die Entladungsenergie nicht ausreicht, den genügend hohen Quecksilberdruck aufrechtzuerhalten.

Dagegen zeigt das Argon-Hg-Rohr einen Farb-,umschlag“ auch dann nicht, wenn man es in ein Bad von 0° C bringt. Röhren mit dem oben angegebenen Mischungsverhältnis von Argon-Neon gefüllt, benehmen sich *in dieser Beziehung* genau so wie Röhren mit reinem Argon!

Bemerkenswert ist noch, daß der Umschlag der Neon-Hg-Röhren von blau nach rot zuerst in dem zentralen Teil der positiven Säule erfolgt, so daß ein solches Rohr einen roten Kern mit einem blau leuchtenden Mantel zeigt; daß der Umschlag *sehr plötzlich* in einem Temperaturintervall von 13 bis 11° erfolgt und daß die Umschlagstemperatur mit steigender Stromdichte zu etwas höherer Temperatur sich verschiebt. Dieses verschiedene Verhalten der Argon-Hg- und Neon-Hg-Röhren ist merkwürdig; denn man sollte erwarten, daß das Argon mit seiner niedrigeren Anregungsspannung gerade stärker neben Quecksilber herauskommen sollte als das Neon.

Untersucht man diese Erscheinungen spektral, so stellt man folgendes fest: *Die Intensität der Hg-Triplettlinien* ist auch jetzt in erster Näherung unabhängig von der Edelgasfüllung, ob dieselbe aus Helium, Neon, Argon oder Neon + Argon besteht. Sie nimmt mit abnehmender Temperatur in erster Näherung proportional zum Hg-Dampfdruck ab. *Das Umschlagen der Leuchtfarbe kann also nicht an dem Quecksilber liegen.* Die Intensität des gelbroten Neonspektrums überwiegt unterhalb von ungefähr 11,5° C weit die der Hg-Linien; auch die Argonlinien im Argon-Hg-Rohr sind z. B. bei 0° C ziemlich stark, jedoch lange nicht so stark wie die Neonlinien.

Sie treten immer noch stark zurück gegen das Hg-Triplett. Ihre Intensität nimmt bei Abnahme der Temperatur des Rohres etwa in der gleichen Weise zu, wie die der Hg-Linien abnimmt. Der überraschende Effekt ist die enorme

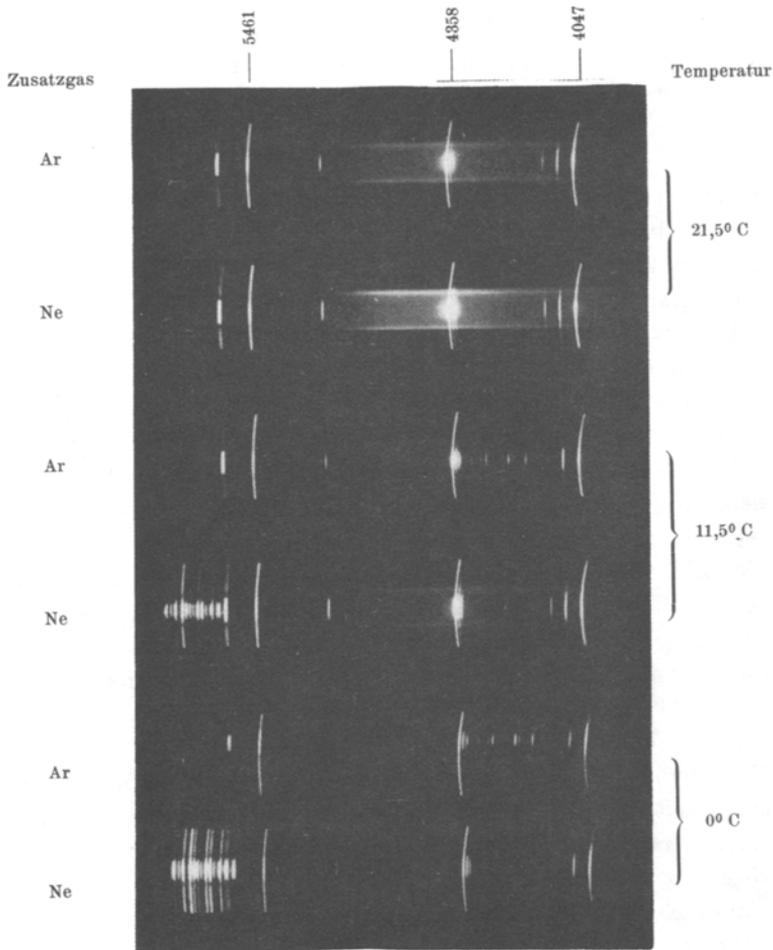


Fig. 2.

Zunahme der Intensität der Neonlinien in der Mischung Neon-Hg. Die Mischung Neon-Argon-Hg benimmt sich hierbei ganz genau so wie reines Argon-Hg, obwohl in ihr etwa viermal mehr Neon als Argon enthalten ist.

Fig. 2 bringt das Spektrum einer Argon-Hg- und einer Neon-Hg-Röhre bei 21, 11,5 und 0° C. Sie zeigt deutlich das eben besprochene Verhalten. Man sieht, daß die Intensität der Hg-Tripletlinien bei jeder Temperatur unabhängig von der Gasfüllung ist und daß die Neonlinien mit Temperaturabnahme enorm stark, die Argonlinien nur wenig zunehmen. Überraschend ist der *enge* Temperaturbereich, in welchem das überwiegende Auftreten der Neonlinien erfolgt; so war im Versuch der Fig. 2 bei $13 \pm 0,5^\circ$ das Neonspektrum so schwach vorhanden, daß das Rohr noch gleichmäßig blau leuchtete; bei $11,5 \pm 0,5^\circ$ überwog bereits die Neonstrahlung, während die Hg-Strahlung fast ungeändert war.

Fig. 3 zeigt, wie stark dieser Effekt sich optisch bemerkbar macht, so daß trotz Gleichheit des Quecksilberlichtes in beiden Röhren doch das

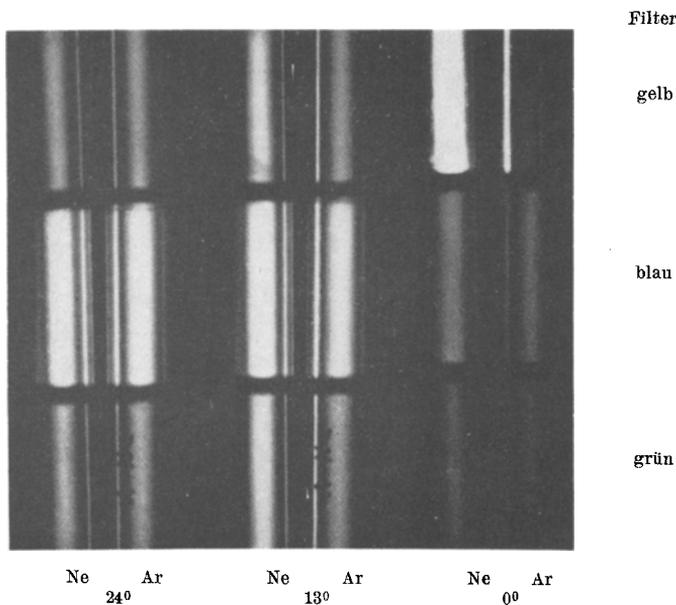


Fig. 3.

Neonrohr bei tieferer Temperatur gelbrot leuchtet. Es wurden zwei in einem Wasserbad nebeneinandergestellte, in Serie geschaltete Leuchtröhren (Argon-Hg, Neon-Hg) durch die drei Hg-Lichtfilter von Wratten photographiert¹⁾. Befinden sich die Röhre auf 24° C, so besteht kein großer Unterschied zwischen ihnen. Bei 13° — bei welcher Temperatur das Neonrohr gerade noch dieselbe Farbe hat wie das Argonrohr — überwiegt der

¹⁾ Aufnahmen mit Perutz Perchomo B-Platten.

gelbe Bestandteil des Leuchtens schon etwas. Bei 0°C — das Neonrohr leuchtet jetzt mit dickem gelbrotten Kern und schmalem blauen Mantel — überwiegt das Licht durch das Gelbfilter ganz stark, während durch das Blaufilter, welches wesentlich nur das Quecksilberlicht hindurchläßt (daneben die schwachen Argonlinien und eine Spur der roten Neonlinien), kein Unterschied zwischen Neon- und Argonrohr besteht.

Die Erklärung für das auffällige Verhalten solcher Röhren, daß nämlich Neon-Hg bei Quecksilberdrucken schon rot leuchtet, bei welchen Argon-Hg noch seine alte Farbe hat, besteht also darin, daß das Neon vorwiegend unmittelbar zu sichtbarer Strahlung angeregt wird, während im Argon offenbar die ultraviolette Resonanzstrahlung weit überwiegt. Dieser physikalische Effekt hat eine besonders starke physiologische Auswirkung, indem die Neonlinien dicht gedrängt in einem Spektralbereich liegen, für welchen das Auge noch recht empfindlich ist, während die Argonlinien sich über einen großen und besonders wenig Farbwirkung gebenden blauvioletten Spektralbereich verteilen.

Der in Fig. 3 dargestellte Versuch eignet sich unter Verwendung eines Rot- und Blaugases besonders schön als Vorlesungsexperiment, um die Täuschungen zu zeigen, welchen das Auge bei der Betrachtung von Lampen mit diskontinuierlichem Spektrum unterworfen sein kann.

München, Physikalisches Institut der Universität, Juli 1934.
