

# Lichtdetektoren der Vakuumspektroskopie

Von E. LÜSCHER \*

## A. Photographische Methoden

Prinzipiell können zwei Verfahren angewandt werden:

1. Schumann-Emulsionen
2. Imprägnierte Emulsionen.

Es ist eine große Erleichterung, daß heute gute Schumann-Emulsionen im Handel erhältlich sind, so daß auf eine eigene Herstellung verzichtet werden kann. Diese Emulsionen sind sowohl auf Platten als auch auf Filmen lieferbar.

Hersteller	Bezeichnung
Eastman Kodak . . . . .	SWR
Ilford . . . . .	Q-1, Q-2
Hilger . . . . .	Schumannplatte

Bei den imprägnierten Emulsionen wird eine Fluoreszenz an der Oberfläche der Emulsion durch das einfallende Licht erzeugt. HARRISON<sup>1</sup> versah die Emulsionsoberfläche mit einem Ölfilm. ROMAND und Fräulein BALLOFFET<sup>2</sup> sensibilisierten ihre Platten mit Natriumsalicylat, welches die Autoren aus einer größeren Anzahl<sup>3</sup> fluoreszierender Substanzen als die empfindlichste gefunden hatten.

Unangenehm bei dieser Technik der imprägnierten Emulsionen ist, daß vor dem Entwickeln die fluoreszierende Substanz herausgelöst werden muß.

## B. Photoelektrische Methoden

Die großen Fortschritte der letzten zwanzig Jahre in der Entwicklung von Photomultipliern fanden ihren Niederschlag auch in der Vakuumspektroskopie<sup>4</sup>. Die große Schwierigkeit liegt in der Transparenz für extrem ultraviolette Strahlen des Quarzkolbens der Multiplier.

DUNKELMAN und LOCK<sup>5</sup> ersetzten den Glaskolben eines RCA-1P28-Photomultipliers durch einen solchen aus Quarz, dadurch konnte dieser bis 1550 Å verwendet werden. Einzelne ausgesuchte EMI-Multiplier Type 6094 können nach neueren Messungen bis gegen 1750 Å benutzt werden.

Am häufigsten wird heute das Ultraviolett mittels Fluoreszenzschirmen in Sichtbares konvertiert. Die ersten Anwendungen von derart sensibilisierten Multipliern für das Schumann-Gebiet gehen auf WATANABE und Mitarbeiter<sup>6</sup> zurück.

Damit eine möglichst gute Geometrie erreicht wird, trägt man die fluoreszierende Schicht direkt auf den Glaskolben auf. WATANABE<sup>6</sup> erzielte mit Natriumsalicylat die höchste Quantenausbeute im Intervall 900 bis 2000 Å. Andere Autoren geben den Vorzug Calciumwolframat für das Schumann-Gebiet<sup>7</sup> und Lyman-Gebiet<sup>8</sup>. Die Fluoreszenzschicht muß ziemlich häufig erneuert werden, da sie wegen des hohen Dampfdruckes der Bindemittel nicht fest klebt. Für Messungen im Schumann-Gebiet allein kann diese Schicht mit einem Fluoritfenster geschützt werden nach Abb. 1.

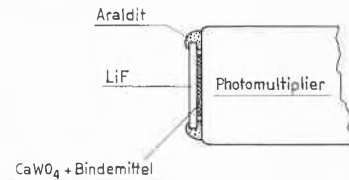


Abb. 1

Die Kathode der Multiplier ist sehr empfindlich auf Verunreinigungen. Alle Versuche, ein transparentes Fenster auf den Glaskolben eines Photomultipliers zu kleben, blieben bis heute erfolglos. Neuerdings werden Messungen<sup>9</sup> mit einem AfIF-Multiplier im Gebiet zwischen 1500 und 2000 Å durchgeführt, der ein angeschmolzenes Saphirfenster<sup>10</sup> auf der Stirnseite besitzt, wie in Abbildung 2 ersichtlich ist.

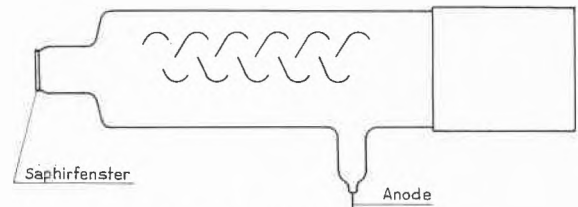


Abb. 2. AfIF-Photomultiplier

Die elektronische Meßanordnung ist in Abb. 3 aufskizziert.

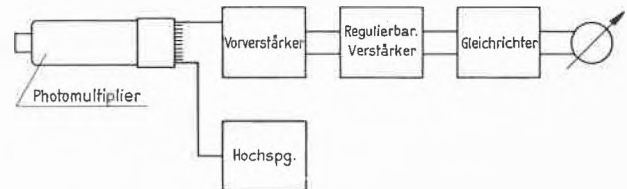


Abb. 3

Das Licht wird mit einer Chopper-Frequenz von 11 Hertz zerhackt, damit eine Wechselstromverstärkung angewandt werden kann<sup>11</sup>. Die Frequenz wurde so niedrig gewählt, daß die Verstärkeranordnung auch zusammen mit Thermoelementen

\* Technische Hochschule, Lausanne.

<sup>1</sup> G. R. HARRISON, *J. Opt. Soc. Amer.* 11 (1925) 113.

<sup>2</sup> J. ROMAND und G. BALLOFFET, *C. R. Group. Avanc. Meth. Spectr.* 18 (1955) 191.

<sup>3</sup> J. ROMAND, private Mitteilung.

<sup>4</sup> E. P. LITTLE, *J. Opt. Soc. Amer.* 36 (1946) 168.

<sup>5</sup> L. DUNKELMAN und C. LOCK, *J. Opt. Soc. Amer.* 41 (1951) 802.

<sup>6</sup> F. S. JOHNSON, K. WATANABE und R. TOUSEY, *J. Opt. Soc. Amer.* 41 (1951) 702.

<sup>7</sup> E. LÜSCHER, *Proceedings of the Colloquium Spectroscopicum Internationale VI*, Amsterdam 1956, S. 71.

<sup>8</sup> D. H. THURNAN, *J. Opt. Soc. Amer.* 46 (1956) 346.

<sup>9</sup> Noch unveröffentlichte Messungen.

<sup>10</sup> Dieser Multiplier wurde von Herr Dr. BAUMGARTNER am Institut für technische Physik der ETH entwickelt.

<sup>11</sup> J. DURAND, R. DESSOULAVY und E. LÜSCHER, *Z. angew. Math. Physik* 9 (1958) 296.

verwendet werden kann. Wegen der Trägheit dieser Elemente soll nicht höher als mit etwa 15 Hz Wechsellicht gearbeitet werden.

HINTEREGGER und WATANABE<sup>12</sup> benutzten mit Erfolg eine offene, direkt im Vakuum montierte Photozelle (ohne Dynodensystem), wobei sie als Kathodenmaterial Ni, Pt und W verwendeten. Kann bei genügend hohem Vakuum gearbeitet werden ( $10^{-7}$  Torr), besteht die Möglichkeit, ein offenes Elektronenvervielfachersystem anzuwenden, analog den Ionennachweismethoden<sup>13</sup> in der Massenspektroskopie. Es ist dabei notwendig, die Dynoden durch Glühen im Vakuum jedesmal neu zu aktivieren, wenn das System längere Zeit an der Luft steht.

Geiger-Müller-Zählrohre wurden bereits sehr früh auch als Lichtzähler gebaut<sup>14</sup>. Man kann solche Zählrohre mit einem Fluoritfenster versehen und auf der Innenseite eine Cadmiumschicht zur Erhöhung des Photoeffektes aufdampfen<sup>15</sup>. Die

<sup>12</sup> H. E. HINTEREGGER und K. WATANABE, *J. Opt. Soc. Amer.* 43 (1953) 604.

<sup>13</sup> J. S. ALLEN, *Physic. Rev.* 55 (1939) 966. A. A. COHEN, *Physic. Rev.* 63 (1943) 219. W. T. LELAND, *Physic. Rev.* 77 (1950) 634. J. S. ALLEN, *Proc. I.R.E.* 38 (1950) 346. D. W. TURNER, *Nature* 179 (1957) 1022.

<sup>14</sup> H. NEUERT, *Arch. Tech. Messen*, Lieferung 120, J. 076-1 (1941). B. RAJEWSKY, *Ann. Physik* 20 (1934) 13.

<sup>15</sup> Siehe 7.

Lebensdauer solcher Zählrohre ist nicht sehr groß, da wahrscheinlich während des Betriebes Dämpfe aus dem Klebemittel (Araldit, Glyptal) entweichen.

### C. Thermoelemente<sup>17</sup>

Präzisionsintensitätsmessungen müssen mit Thermoelementen ausgeführt werden. Wohl findet man Thermoelemente naturgemäß in der Infrarotspektroskopie; zur Aufnahme von genauen Intensitätsstandards werden jedoch auch im Vakuumgebiet solche angewandt.

PACKER und LOCK<sup>16</sup> benutzten ein Thermoelement im Bereich 2600 bis 900 Å zur Bestimmung von Linienintensitäten. Die Empfindlichkeit wird mit  $1,6 \mu\text{V}/\mu\text{W}$  angegeben. Versuche, auch pneumatische Strahlungsempfänger<sup>18</sup> im Vakuumultraviolett anzuwenden, sind bis heute unterblieben, trotz der sehr hohen Empfindlichkeit. Die nachweisbare Grenzleistung wird mit besser als  $6 \cdot 10^{-11}$  Watt angegeben.

<sup>16</sup> D. M. PACKER und C. LOCK, *J. Opt. Soc. Amer.* 41 (1951) 699.

<sup>17</sup> Es sei auf den zusammenfassenden Aufsatz von L. GEILING, *Z. angew. Physik* 3 (1951) 467, hingewiesen.

<sup>18</sup> M. J. E. GOLEY, *Rev. Sci. Instr.* 20 (1949) 816.