

Lichtverstärkung der Röhre P 829 A
(English Electric Valve), sowie Ab-
bildungs- und Öffnungsverluste von
Objektiven

Light Intensification of the Tube P 829 A
(English Electric Valve) and Light Flux
Losses of the Objectives

H. Baumhacker; F. v. Woyna

IPP 4/48

Febr. 1966

I N S T I T U T F Ü R P L A S M A P H Y S I K

G A R C H I N G B E I M Ü N C H E N

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK

GARCHING BEI MÜNCHEN

Lichtverstärkung der Röhre P 829 A
(English Electric Valve), sowie Ab-
bildungs- und Öffnungsverluste von
Objektiven

Light Intensification of the Tube P 829 A
(English Electric Valve) and Light Flux
Losses of the Objectives

H. Baumhacker; F. v. Woyna

IPP 4/48

Febr. 1966

Die nachstehende Arbeit wurde im Rahmen des Vertrages zwischen dem Institut für Plasmaphysik GmbH und der Europäischen Atomgemeinschaft über die Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Plasmaphysik durchgeführt.

IPP 4/48 H. Baumhacker
F. v. Woyna

Light Intensification of
the Tube P 829 A (English
Electric Valve) and Light
Flux Losses of the Objectives

ABSTRACT

For an image converter with an English Electric Valve
P 829 A tube light gain data were measured.

The front lens was a lens $f/1.4$, focal length 100 mm by
Boyer/Paris. The relay camera was a Tektronix Oscilloscope
Camera type C 19 ($f/1.5$, 100 mm). The gain data were obtained
seperately for image tube and optics

Vergleicht man einen Bildverstärker mit einer üblichen lichtstarken Kamera, so interessiert besonders der Verstärkungsgewinn durch den Bildverstärker.

Die Messungen wurden an einer hier entwickelten und seit 1963 mit Erfolg arbeitenden Anlage durchgeführt.

I. Messung der Lichtverstärkung:

Die Verstärkung vom Experiment bis zur Filmebene wird bestimmt durch:

a) Eingangsoptik: Boyer-Objektiv $\frac{D}{F} = 1:1,4$; $f = 100$; mit einstellbarer Abbildung von 1:3 - 4:1

b) Bildverstärker P 829 A: Abbildung 1:1

c) Ausgangsoptik: Tektronix-Kamera C 19 mit Objektiv $\frac{D}{F} = 1:1,5$; $f = 80$; Abbildung 1:1

Für die Gesamtverstärkung V_0 gilt folgende Gleichung (s. Abb. 1)

$$V_0 = \frac{a \cdot v}{\psi_E \cdot \psi_A}$$

und für den Verstärkungsgewinn

$$v = \frac{B_A}{B_O} = \frac{a \cdot v}{\psi_E}$$

wobei $\psi_E: \psi_A$ die Dämpfung durch die Eingangs- bzw. Ausgangsoptik (s. Seite 8)

$B_O: B_A$ die Leuchtdichte des Objekts, bzw. der Anode,

a die relative spektrale Empfindlichkeit der Fotokatode (s. Seite 3)

und v die Verstärkung der Röhre sei.

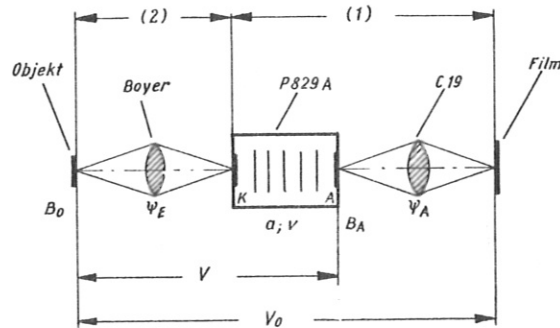


Abb. 1

Da sich die Bestimmung von V durch Messen der Leuchtdichten B_O und B_A mit einer Ulbricht'schen Kugel auf der Anodenseite des Bildverstärkers aus räumlichen Gründen nicht durchführen ließ, mußte die Verstärkung v der Röhre und die Dämpfung ψ_E der Eingangsoptik ermittelt werden.

Es wurde deshalb die Verstärkung bei jeweils gleicher Blendeneinstellung der Eingangs- und Ausgangsoptik getrennt für die Kombination

(1) Fotokatode des Bildverstärkers - C 19 Kamera - Filmebene, (Abb. 1)

(2) Objekt - Boyerobjektiv - Fotokatode bestimmt (Abb. 1) .

(1) Bildverstärker - C 19 Kamera - Filmebene

a) Prinzip:

Die Lichtverstärkung V_1 ist definiert durch $V_1 = \frac{E_F}{E_K}$,

E_F und E_K sind die Beleuchtungsstärken auf der Filmebene bzw. auf der Fotokatode.

Wird die Beleuchtungsstärke E mit einem Fotomultiplier gemessen, dessen Ausgangsspannung $U = K \cdot E$ ist, so erhält man für die Lichtverstärkung

$$V_1 = \frac{U_F}{U_K},$$

mit $U_F = K \cdot E_F$ und $U_K = K \cdot E_K$.

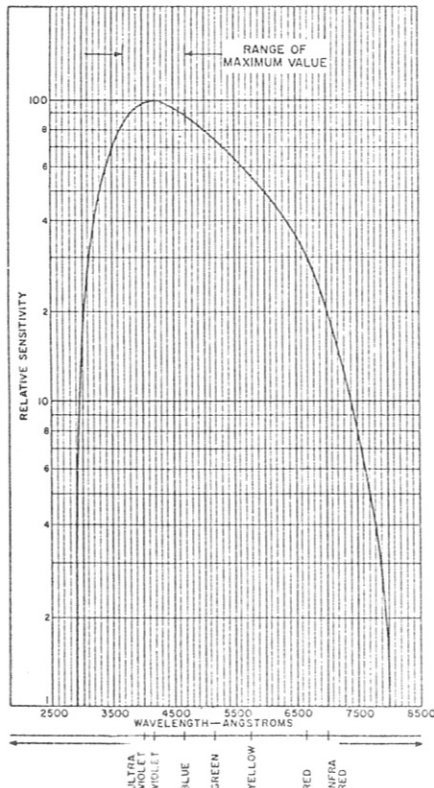
Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Multiplier über den gesamten Bereich der zu messenden Beleuchtungsstärke proportional arbeitet.

Man erhält V_1 auch, wenn man U_F durch Filter soweit abschwächt, bis $U_F = U_K$ wird. Die Abschwächung ist dann V_1 . Auf diese Weise wird der Fehler, bedingt durch die Nichtlinearität der Multiplieranlage eliminiert. Die Genauigkeit der Messung wird hier durch die Filtertoleranzen (+ 20%) begrenzt.

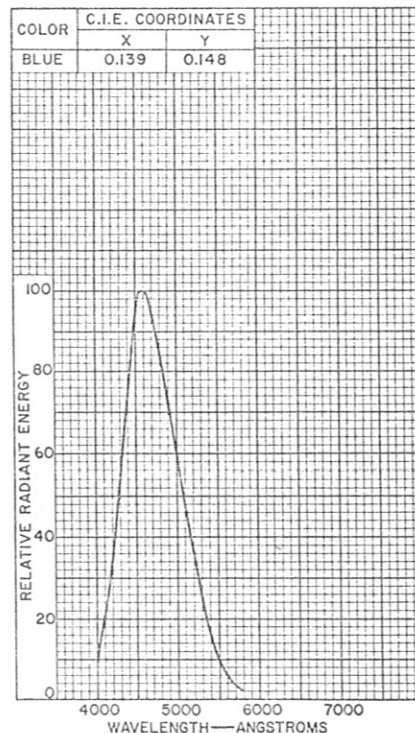
b) Meßaufbau:

Die Katode der P 829 A (D = 25 mm) wurde mit geringer Intensität gleichmäßig beleuchtet, um auf der Anodenseite eine Lichtübersteuerung zu vermeiden. Als Lichtquelle diente die RCA-Bildwandler-Anode (P₁₁-Belag = 4600 Å), deren Spektralbereich annähernd mit dem der Fotokatode der P 829 A (S 20 = 4200 Å) übereinstimmt. Die relative Spektralempfindlichkeit der Fotokatode nimmt bei 4600 Å um 10% ab (s. Spektralkurven). Die Beleuchtungsstärke E wurde von einem Multiplier an einem μ V-Röhrenvoltmeter angezeigt. Ein Wandel und Goltermann - Stabilisator hielt die Netzspannung konstant. Über ein Luxmeter ließ sich die Helligkeit der RCA-Anode ständig kontrollieren.

SEMI-LOGARITHMIC PRESENTATION OF S-20 RESPONSE



SPECTRAL-ENERGY EMISSION CHARACTERISTIC OF PHOSPHOR No. 11



Unter gleichen optischen Bedingungen wurde die Katode des Multipliers, dessen wirksame Fläche ebenfalls einen Durchmesser von 25 mm hatte, in die Ebene der Bildverstärker-Katode gelegt und die Spannung $U_K = K \cdot E_K$ gemessen (Abb.2)

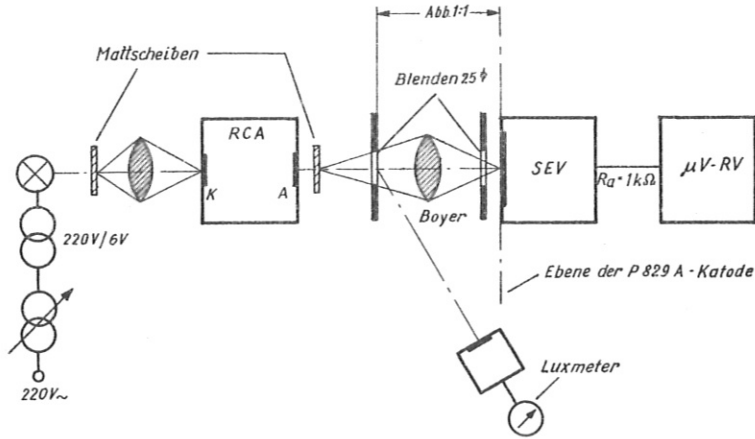


Abb. 2

Anschließend wurde die Fotokatode des Multipliers unter Zwischenschaltung des Bildverstärkers und eines Graufilters in die Filmebene der Tektronix-Kamera C 19 gelegt und die Spannung $U_F = K \cdot T \cdot E_F$ gemessen (Abb.3.).
T ist die Transparenz des Filters.

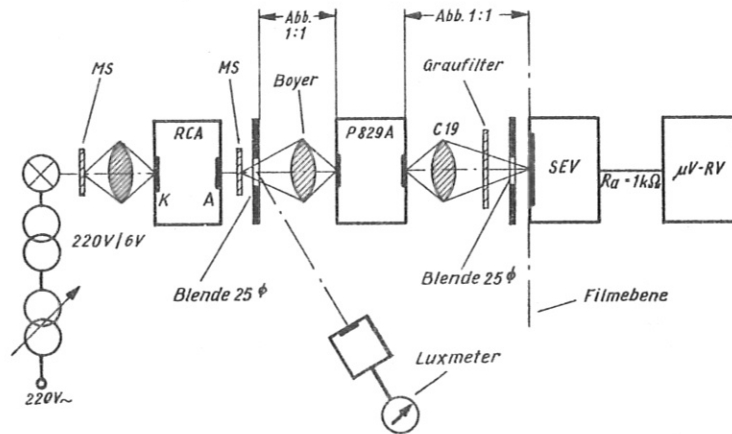


Abb. 3

Für eine Betriebsspannung der P 829 A von 36 kV ergaben sich folgende Multiplier-spannungen:

$$U_K = K \cdot E_K = 170 \mu V$$

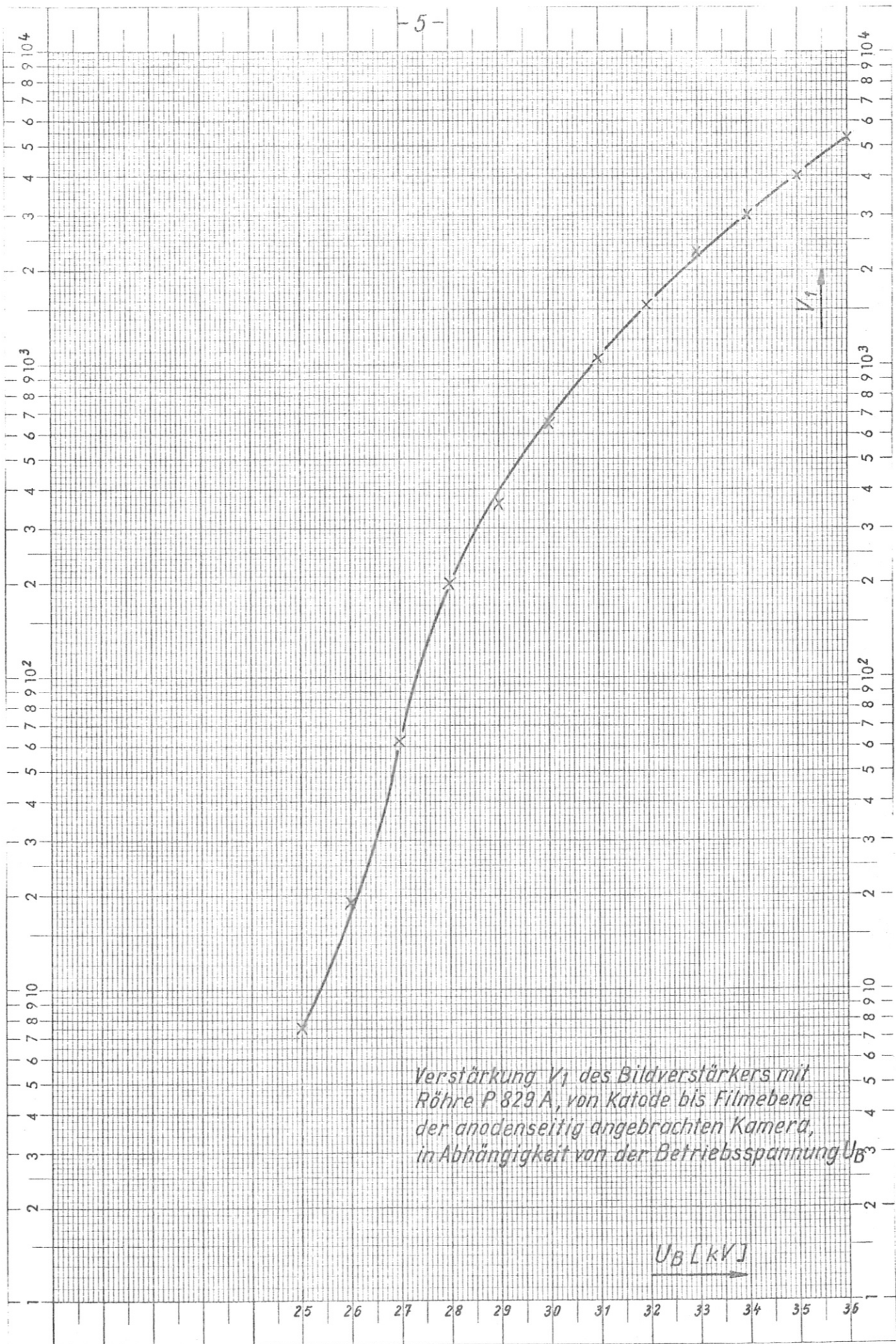
$$U_F = K \cdot T \cdot E_F = 230 \mu V$$

$$\text{Transparenz des Filters: } T = 2,5 \cdot 10^{-4}$$

Für die Verstärkung V_1 über Katode - Filmebene ergibt sich:

$$V_1 = \frac{E_F}{E_K} = \frac{U_F}{U_K} \cdot \frac{1}{T} = \frac{230}{170} \cdot \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-4}} = \frac{5420}{\text{=====}}$$

Die Abhängigkeit der Verstärkung V_1 von der Betriebsspannung U_B wird auf Seite 5 gezeigt.



Verstärkung V_1 des Bildverstärkers mit Röhre P 829 A, von Katode bis Filmebene der anodenseitig angebrachten Kamera, in Abhängigkeit von der Betriebsspannung U_B

U_B [kV]

2. Objekt - Boyerobjektiv - Fotokatode

- a) Berechnung der Dämpfung ψ , verursacht durch das Eingangsobjektiv als Funktion des Abbildungsmaßstabes und der Blendenzahl K.

Die Beleuchtungsstärke E des Bildes ergibt sich bei Vernachlässigung der Pupillenlage aus

$$E = \frac{\pi \cdot \tau \cdot B}{4K^2(1-\beta')^2}$$

mit τ = Verluste durch Absorption und Reflexion (Bei vergüteten Objektiven $\tau = 0,9$),

B = Leuchtdichte des Senders,

K = Blendenzahl

und $-\beta'$ = Vergrößerung.

Lit.: "Die wissenschaftliche und angewandte Fotografie" Bd. I S. 143

Die Dämpfung ψ des optischen Systems ist

$$\psi = \frac{B}{E} = \frac{4 K^2 (1 - \beta')^2}{\pi \cdot \tau}$$

sie wird auf Seite 8 dargestellt.

- b) Experimentelle Bestimmung der Dämpfung ψ unter gleichen Bedingungen wie in a)

- b 1) Prinzip: Die Dämpfung ψ ist definiert durch

$$\psi = \frac{B}{E},$$

wobei B die Leuchtdichte des Senders und E die Beleuchtungsstärke des Empfängers sei.

Die Messung erfolgt mit einer Ulbricht'schen Kugel, deren Ausgangsöffnung die Beleuchtung der Fotokatode eines Multipliers gestattet.

Am Multiplier entstehen die Spannungen $U_1 = K \cdot B$, wenn der Raumwinkel 180° beträgt (Kugel am Sender) und $U_2 = K \cdot E$, wenn die Blende der Ulbricht'schen Kugel in der Bildebene liegt.

Somit ist auch

$$\psi = \frac{U_1}{U_2}.$$

- b 2) Meßaufbau

Als Strahlerfläche diente eine Mattscheibe mit 26 mm Durchmesser, die von einer Glühlampe beleuchtet wurde. Die Eintrittsöffnung der Ulbricht'schen Kugel verringerten wir auf 8 mm Durchmesser, da sie kleiner als die kleinste Abbildung sein mußte.

Die Leuchtdichte der Mattscheibe wurde wieder mit einem Luxmeter kontrolliert und die Netzspannung mit einem Wandel & Goltermann-Stabilisator konstant gehalten.

Zur Bestimmung der Leuchtdichte des Senders wurde die Ulbricht'sche Kugel direkt an die Mattscheibe herangeschoben und die Spannung $U_1 = K \cdot B$ am Multiplier gemessen (Abb. 4).

Entsprechend erhielten wir, unter Zwischenschaltung der Eingangsoptik die Beleuchtungsstärke auf der Empfängerseite, mit den Spannungswerten $U_2 = K \cdot E$ (Abb. 5). Durch Verstellen der Blendenzahl K gewann man eine Reihe von Meß-

werten, die dem eingestellten Abbildungsmaßstab β' zugeordnet wurden (Seite 8)

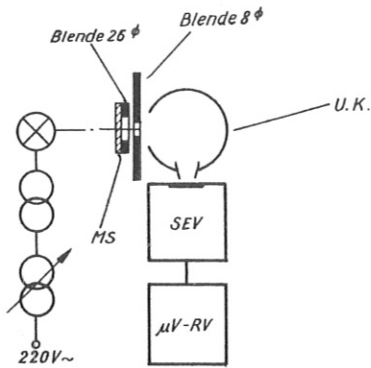


Abb. 4

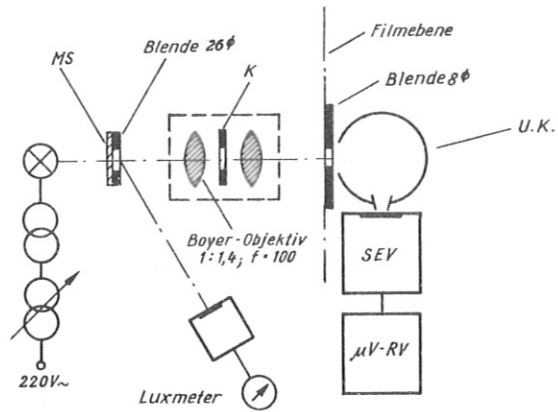
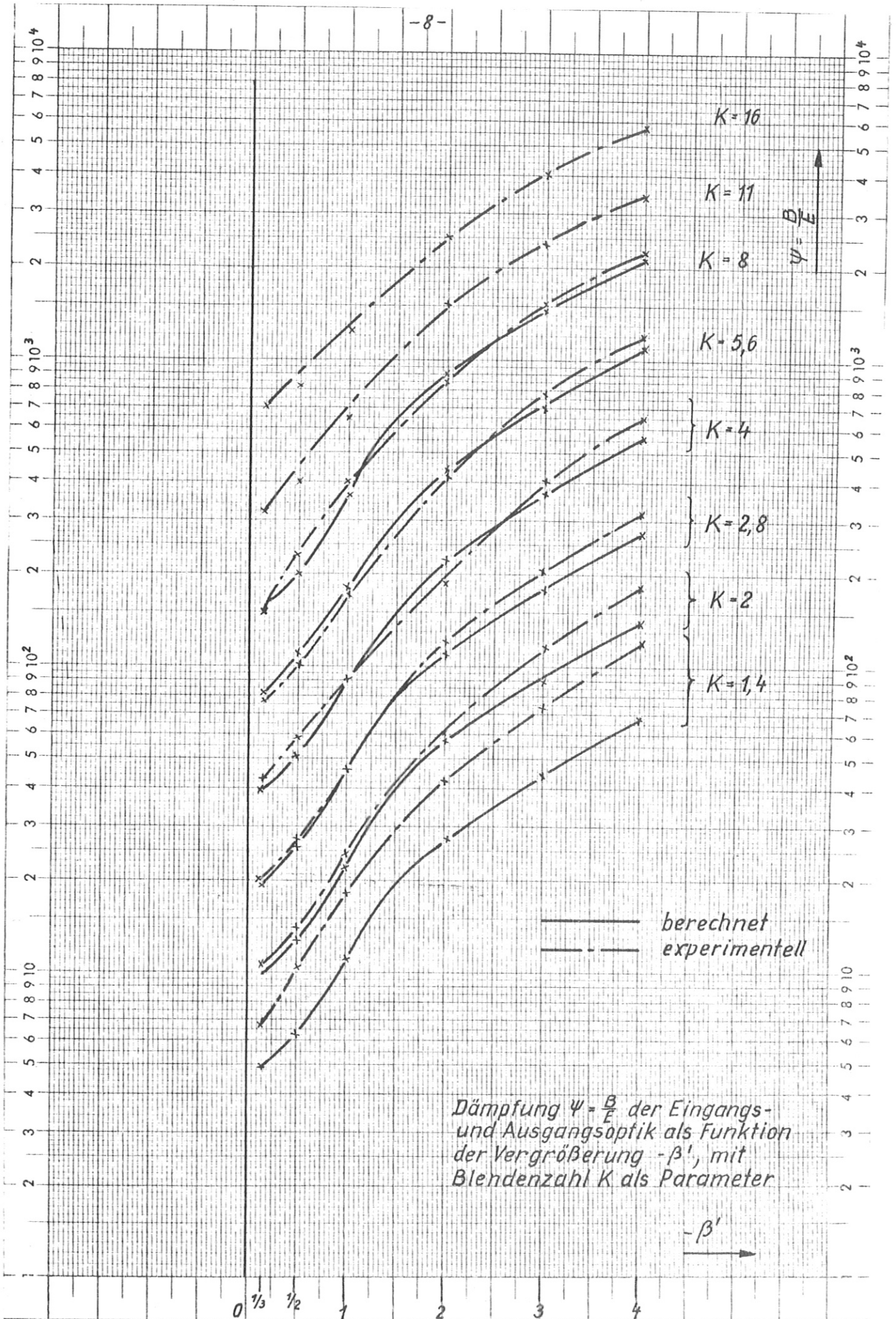


Abb. 5

b 3) Ergebnis:

- 1) Mit kleiner werdender Öffnung ist die Abweichung der rechnerischen Werte von den experimentell gefundenen vernachlässigbar, da der Neigungswinkel der Randstrahlen zur optischen Achse (Öffnungswinkel) immer geringer wird und damit die Reflexionen abnehmen.
- 2) $\psi_E \approx \psi_A = 18$ (bei Abb. 1 : 1 und $\frac{D}{f} = 1 : 1,4$)



Dämpfung $\psi = \frac{B}{E}$ der Eingangs- und Ausgangsoptik als Funktion der Vergrößerung $-\beta'$, mit Blendenzahl K als Parameter

— berechnet
- - - experimentell

$-\beta'$

3. Zusammenfassung:

a) Die Verstärkung v der Röhre P 829 A erhält man aus der Gleichung

$$V_1 = \frac{a}{\psi_A} \cdot v$$
$$v = \frac{\psi_A}{a} \cdot V_1 = \frac{18}{0,9} \cdot 5420 = 108\,400$$
$$v \approx 10^5$$

=====

b) Mit dem Bildverstärker P 829 A läßt sich gegenüber einer Kamera mit gleicher Öffnung und gleichem Abbildungsmaßstab (Abb. 1:1; $\frac{D}{f} = 1,4$) ein Verstärkungsgewinn von

$$V = 5400$$

=====

erzielen.

c) Die Gesamtverstärkung V_o vom Experiment - Röhre - Filmebene bei einer Abbildung von 1 : 1 ist

$$V_o = \frac{a}{\psi_E \cdot \psi_A} \cdot v = \frac{0,9 \cdot 108\,400}{18^2} = 300$$
$$V_o = 300$$

=====

II. Messung des elektrischen Schließfaktors:

a) Prinzip: Der Schließfaktor S wird durch das Verhältnis

$$S = \frac{E_{AO}}{E_{Ag}}$$

angegeben, in welchem E_{AO} und E_{Ag} die Beleuchtungsstärken auf der Anodenseite bei geöffneter, bzw. geschlossener Röhre sind, wobei die Beleuchtungsstärke auf der Fotokatode des Bildverstärkers konstant gehalten wird.

Die Ausgangsspannung am Multiplier ist wieder $U_A = K \cdot E_A$. Damit erhält man für den Schließfaktor

$$S = \frac{U_{AO}}{U_{Ag}}$$

mit $U_{AO} = K \cdot E_{AO}$ und $U_{Ag} = K \cdot E_{Ag}$.

Auch hier muß, ebenso wie bei der Verstärkungsmessung die Meßmethode geändert werden:

Die Beleuchtungsstärke auf der Fotokatode wird soweit erhöht, so daß die Beleuchtungsstärke am Ausgang des Bildverstärkers bei geschlossener Röhre die gleiche ist wie bei offener. Die Erhöhung der Eingangs-Beleuchtungsstärke ergibt den Schließfaktor.

b) Meßaufbau:

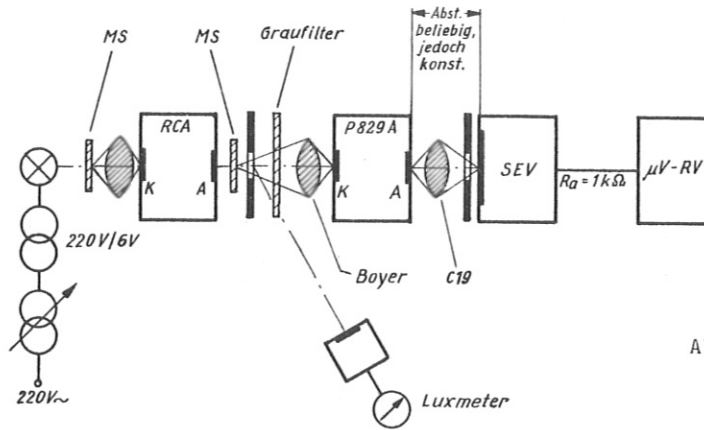


Abb. 6

Mit einem Multiplier, dessen Abstand zum Anodenschirm konstant blieb, wurden zwei Spannungen gemessen (Abb. 6):

b 1) Bei geöffneter Röhre: $U_{AO} = K \cdot T \cdot E_A$

Die Eingangsbeleuchtungsstärke wurde mit einem Graufilter $T = 10^{-4}$ abgeschwächt.

b 2) Bei geschlossener Röhre: $U_{Ag} = K \cdot S' \cdot E_A$

Das Graufilter wurde entfernt ($T = 1$)

Bei einer Betriebsspannung von 36 kV ergaben sich folgende Multiplierspannungen:

b 1) $U_{AO} = K \cdot T \cdot E_A = 250 \mu V$
 $T = 10^{-4} = \text{Transparenz des Filters}$

b 2) $U_{Ag} = K \cdot S' \cdot E_A = 10 \mu V$
 $S' = \text{Transparenz der geschlossenen Röhre}$

Aus $\frac{U_{AO}}{T \cdot E_A} = \frac{U_{Ag}}{S' \cdot E_A}$ erhält man $S' = \frac{U_{Ag}}{U_{AO}} \cdot T$

$$S = \frac{1}{S'} = \frac{U_{AO}}{U_{Ag}} \cdot \frac{1}{T} = \frac{250}{10} \cdot \frac{1}{10^{-4}} = 2,5 \cdot 10^5$$

$$S = 2,5 \cdot 10^5$$

=====