

Bericht *Strahlungsmessungen am
Hesselmann-Motor mittels Photozelle
und Kathodenstrahl-Oszillograph.*

Technischer Prüfstand Op.

Nr. 366.

Verfasser *Dr. Ulrich
Dipl.-Ing. Witschatsowski.*

Fach 47

Tag *30. Dezember* 1938.

I-91

Gesehen von der Direktion

Zur Kenntnis an:

Empfänger	Ein- gang	Weiter	Unterschrift
28902			

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein
Techn. Prüfstand Op 200
Bericht Nr. 366

-0-

B e r i c h t

Über

**Strahlungsmessungen an Hesselman-Motor mittels Photozelle und
Kathodenstrahl-Oszillograph.**

28993

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung.	1
Zweck der Versuche.	2
Versuchsdurchführung.	2
1) Mit der rotempfindlichen Fotozelle.	5
2) Mit der rot- und blauempfindlichen Fotozelle.	5
3) Mit der rotempfindlichen Fotozelle und verschiedenfarbigen Glasfiltern.	5
4) Mit der rotempfindlichen Fotozelle und grauem Glasfilter.	5

B e r i c h t

über

Strahlungsmessungen am Hesselman-Motor mittels Photozelle und Kathodenstrahl-Oszillograph.

Zusammenfassung:

An einem als Hesselman-Motor umgebauten I.G.-Prüfdiesel wurde mittels Photozellen in Verbindung mit einem I.G.-Kathodenstrahl-Oszillographen der Strahlungsverlauf im Verbrennungsraum aufgezeichnet. Außerdem wurde auch der Druckverlauf mit dem Piezo-Quarzindikator aufgenommen. Dabei wurde beobachtet, daß der Einsatz der Strahlung in den überwiegenden Fällen später erfolgte als der erste meßbare Druckanstieg.

Ein Unterschied hinsichtlich des Beginns der Strahlung bei verschiedener Anordnung der Beobachtungsstelle im Verbrennungsraum konnte nicht festgestellt werden. Auch die Vorverlegung des Zündbeginns von 10° auf 35° n.o.T. oder eine Verdichtungserhöhung von 1:6,5 auf 1:10,2 ergab einen vorwiegend nachteiligen Strahlungseinsatz.

Aus den aufgenommenen Diagrammen ist ersichtlich, daß nicht der Druckverlauf, sondern auch der Verlauf der Strahlung verschiedener Arbeitsspiele sehr unterschiedlich ist; dies gilt sowohl für den Beginn als auch für den

Höchstwert.

Es wird schließlich der Versuch gemacht, die Flamm^{en}geschwindigkeit zu berechnen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß beim Hesselman-Motor durch die künstlich erzwungene Luftdrehbewegung die Flamme sehr stark verweht wird.

Zweck der Versuche:

Die Versuche hatten den Zweck, an einem Hesselman-Motor den Strahlungs- und Druckverlauf gleichzeitig aufzunehmen. Sie sollten weniger genauen Messungen der Strahlungsintensität dienen, als vielmehr richtungweisend sein für ausführliche Strahlungsuntersuchungen an Verbrennungsmotoren mit dem Photozellen-Indikator.

Versuchsdurchführung:

Für die Untersuchungen stand ein als Hesselman-Motor umgebafter I.G.-Prüfdiesel zur Verfügung. Die Abmessungen des Motors sind:

Hub	150 mm ,
Bohrung	95 mm ,
Hubvolumen	1063 ccm .

Der Motor ist mit Original-Hesselman-Einspritzdüse, mit Bosch-Einspritzpumpe Typ PE 1 B (7 mm Plunger) und Moris-Zündmagnet Typ E1 FH ausgerüstet. Der Einspritzbeginn war an der Einspritzpumpe mittels eines kleinen Zwischengetriebes einstellbar, blieb jedoch bei diesen Messungen unverändert auf etwa 90° v.o.T. Der Zündbeginn konnte auf den Schwungrad mittels Glimalämpchen genau ermittelt werden und betrug im Durchschnitt 24° v.o.T. Die Verdichtung ließ sich während des Betriebes in weiten Grenzen ändern. Die Motorleistung wurde mittels Pendeldynamo bestimmt. Die Messung der Abgastemperatur erfolgte durch Thermoelement. Als Kraftstoff diente ein Fliegerbenzin mit der Oktanzahl 87. Der Motor hatte Verdampfungskühlung.

Der Zylinderdeckel war mit einem Beobachtungsfenster aus Maxos-Glas für den Strahlungsdurchgang und mit einem Piezo-Quarz-Geber für den Druckverlauf (Bild 1) versehen. Die Anordnung des Beobachtungsfensters und des Piezo-Quarz-Gebers, der Einspritzdüse und der Zündkerze im Zylinderdeckel geht aus Bild 2 hervor. Für die gleichzeitige Aufzeichnung von Strahlung und Druckverlauf war der Versuchsmotor besonders gut geeignet, da der Zylinderkopf 2 Bohrungen hatte. Zudem war es möglich, das Beobachtungsfenster mit der Quarzdose zu vertauschen und so die Strahlung und den Druck an 2 verschiedenen Stellen des Verbrennungsraumes zu messen.

Für die Untersuchung des Verlaufs der Flammenausbreitung in Verbrennungsmotoren kommen nur Verfahren in Frage, die, wie die Strahlungsmessung mittels Photozelle, völlig trägheitsfrei arbeiten.

Die Frequenzabhängigkeit des Photostromes für Vakuum- und für gasgefüllte Photozellen zeigt Bild 4. Danach sind die Vakuum-Zellen vollkommen frequenzunabhängig, dagegen zeigen die gasgefüllten Photozellen je nach der Betriebsspannung eine mehr oder weniger starke Abhängigkeit von der Frequenz. Diese wird ebenfalls vernachlässigbar, wenn man genügend unterhalb der Zündspannung bleibt. Bei einer Betriebsspannung von 90 Volt beträgt für eine Frequenz von 10 000 Hz der Empfindlichkeitsrückgang erst etwa 15 %.

Weiter ist bei Photozellen darauf zu achten, daß der auffallende Lichtstrom mit Rücksicht auf die zwischen Photostrom und einfallender Lichtmenge erforderliche Proportionalität, eine bestimmte Grenze nicht überschreitet. Diese Grenze liegt etwa in der Größenordnung von 1 Lumen. Zu starker Lichtstrom wirkt ähnlich wie zu hohe Frequenz. Aus diesem Grunde wurde bei ~~irrigem~~ den Untersuchungen die Licht-Intensität durch Vorstecken von Glasfiltern in genügendem Maße herabgesetzt.

Da die Flammentemperatur in Verbrennungsmotoren im Maximum etwa 2000°C

beträgt, so liegt die Hauptstrahlung unter der Annahme, daß der Verbrennungsraum angenähert als schwarzer Hohlraum zu betrachten ist, im Roten und Ultraroten. Zur Strahlungsmessung wurde daher eine rotempfindliche Photozelle verwendet. Zur Vergleichsmessung wurde zeitweilig auch eine blauempfindliche Zelle eingebaut.

Die beiden Photozellen aus der "Serie Technik" mit der Bezeichnung T 31 T lieferte die Firma Preßler, Leipzig. Die spektrale Empfindlichkeit zeigt Bild 5. Danach werden mit den beiden Photozellen Spektralgebiete erfasst, die sich nicht überschneiden.

Die Schaltung der Photozelle geht aus Bild 3 hervor. R_1 und R_2 sind Widerstände von 2 M Ω bzw. 5 M Ω , die Spannung lag zwischen 40 und 100 Volt. Der durch den Photostrom gesteuerte Spannungsabfall an dem Widerstand R_2 wurde über einen Verstärker auf die Höhenablenkplatte der Braun'schen Röhre eines I.C.Kathodenstrahl-Oszillographen gegeben. Unter Verwendung einer um die vertikale Achse umlaufenden Filmtrommel erhält man so die Strahlung in Abhängigkeit von der Zeit. Gleichzeitig mit aufgenommen wurden der o.T. und Zeitmarken im Abstand von 1/50 sec, um die Filmaufnahmen auswerten zu können. Den schematischen Aufbau des Photozellen-Indikators zeigt das folgende Bild.



Durchgeführt wurden folgende Versuchsreihen:

1.) Mit der rotempfindlichen Photozelle.

Aufgenommen wurden der Strahlungs- und Druckverlauf bei veränderten Zündbeginn und bei verschieden hoher Verdichtung. (Tafel 1 und 2). Man sieht, daß der Strahlungsbeginn stets später einsetzt als der erste meßbare Druckerstieg. Die Änderung von Zündung und Verdichtung hat wenig Einfluß auf den Strahlungsbeginn. Dazu ist allerdings zu sagen, daß der Strahlungsbeginn sehr unregelmäßig erfolgte und damit eine genaue Bestimmung unmöglich wurde.

2.) Mit der rot- und blauempfindlichen Photozelle.

Der Versuch mit der blauempfindlichen Photozelle ergab trotz der gleichen Gesamtstrahlungsintensität nur geringe Photoströme. Der Anteil der blauen Strahlung an der Gesamtstrahlung ist mithin sehr gering. (Tafel 3 und 4). Gemessen wurde die Strahlung an zwei Stellen. Ein früher einsetzender Strahlungsbeginn an dem Beobachtungsfenster, zu dem die Flamme im Hinblick auf die im Hesselwan-Motor vorhandene Luftdrehbewegung zeitiger gelangen müsste, konnte nicht festgestellt werden. Hinzukommt allerdings, daß die beiden Beobachtungsfenster annähernd den gleichen Raum über dem Kolben bestrichen und danach meßbare Unterschiede im Strahlungsbeginn kaum ergeben konnten.

3.) Mit der rotempfindlichen Photozelle und verschiedenfarbigen Glasfiltern.

Wesentliche Unterschiede im Strahlungsverlauf wurden nicht beobachtet, (Tafel 5), was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, daß die Strahlungsabschwächung bei den der Photozelle vorgesteckten Glasfiltern wenig unterschiedlich war.

4.) Mit der rotempfindlichen Photozelle und grauem Glasfilter.

Untersucht wurde die Strahlung an beiden Beobachtungsstellen. Außerdem wurden möglichst viele Arbeitsspiele aufgenommen, um die Gleichmäßigkeit von

Strahlungs- und Druckverlauf festzustellen. Aus Tafel 6, insbesondere aus Tafel 7 ist ersichtlich, daß nicht nur der Druckverlauf, sondern auch der Strahlungsverlauf, d.h. also die Flammenausbreitung, sehr große Unterschiede zeigen. Die Strahlung setzt wiederum erst später ein als der Druckanstieg.

Die gleiche Beobachtung wurde übrigens auch von Bisang¹⁾ gemacht. Er unterscheidet 3 Fälle, Voreilen, Zusammenfallen und Nachhaken des Strahlungsverlaufes. Ferner stellte Dixon²⁾ die Tatsache fest, daß die Ausbreitung der Flamme nicht synchron mit der Erreichung der höchsten Temperaturen ist.

Eine weitere Begründung dafür dürfte sein, daß einmenschwerter Photostrom erst dann zu erwarten ist, wenn die Flammenfront soweit vorgedrungen ist, daß die Strahlung direkt auf die Photozelle fallen kann. Schließlich pflanzt sich unter normalen Verhältnissen die Druckwelle mit viel größerer Geschwindigkeit fort als die Flammenfront.

Zum Schluß soll noch auf die Möglichkeit hingewiesen werden, aus den Strahlungs- und Druckdiagrammen die Flammengeschwindigkeit im Verbrennungsraum zu ermitteln.

Unter Zugrundelegung der Werte aus Tafel 1, oben, erhalten wir: $\epsilon = 6,5$
 $n = 1200/\text{min}$, der Zündbeginn betrug 25°v.o.T. , der entsprechende Strahlungsbeginn setzte erst $15,6^\circ \text{n.o.T.}$ ein. Danach brauchte die Flamme, um von der Zündkerze bis zu der Beobachtungsstelle zu gelangen, etwa $0,0056 \text{ sec.}$ Bei einem für den kleinsten Abstand Zündkerze-Beobachtungsfenster geschätzten Wert von 65 mm erhalten wir somit eine mittlere Flammengeschwindigkeit von $11,6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

Mit Berücksichtigung der im Hesselman-Motor vorhandenen Flammenverwehungen dürfte sich für den Weg von der Zündkerze bis zum Beobachtungspunkt ein größerer Wert ergeben. Das würde bedeuten, daß für diesen Fall die Flammenge-

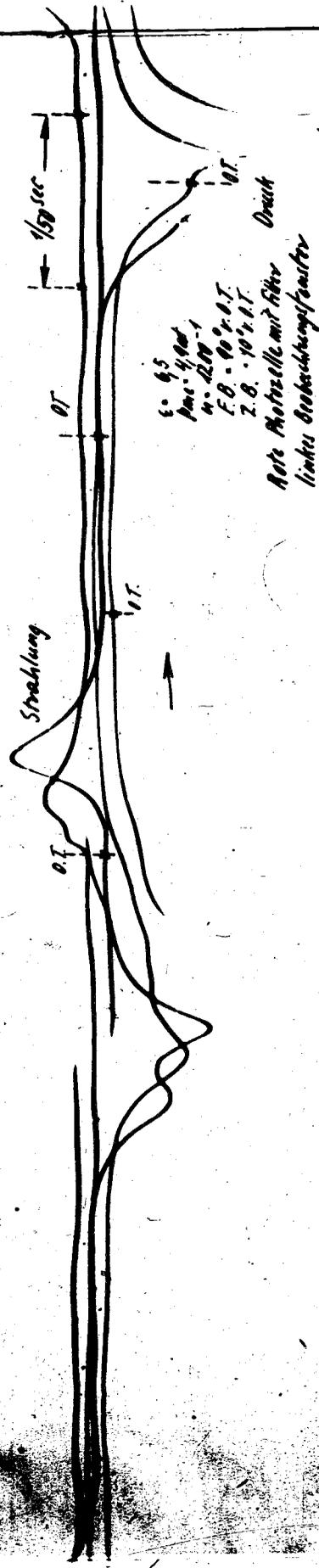
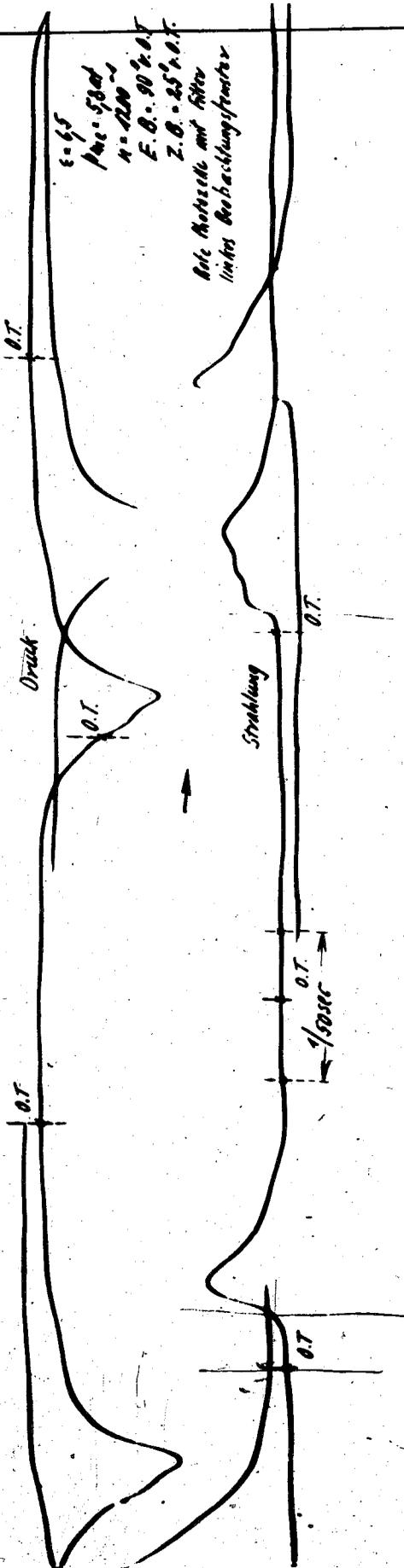
1) Aus "Deutsche Kraftfahrzeugforschung" Heft 4, S.42.
2) "Berichte dtsh.chem.Ges. Bd.38,(1905), S.2419.

schwindigkeit noch größer wäre. Der für die Flammgeschwindigkeit errechnete Wert liegt in dem Bereich, der von Bisang an einem Otto-Motor bei Spätzündung gemessenen . Aus anderen an Otto-Motoren genommenen Strahlungsdiagrammen erhält B. Werte für die Flammgeschwindigkeit von 40-60 m/sec.

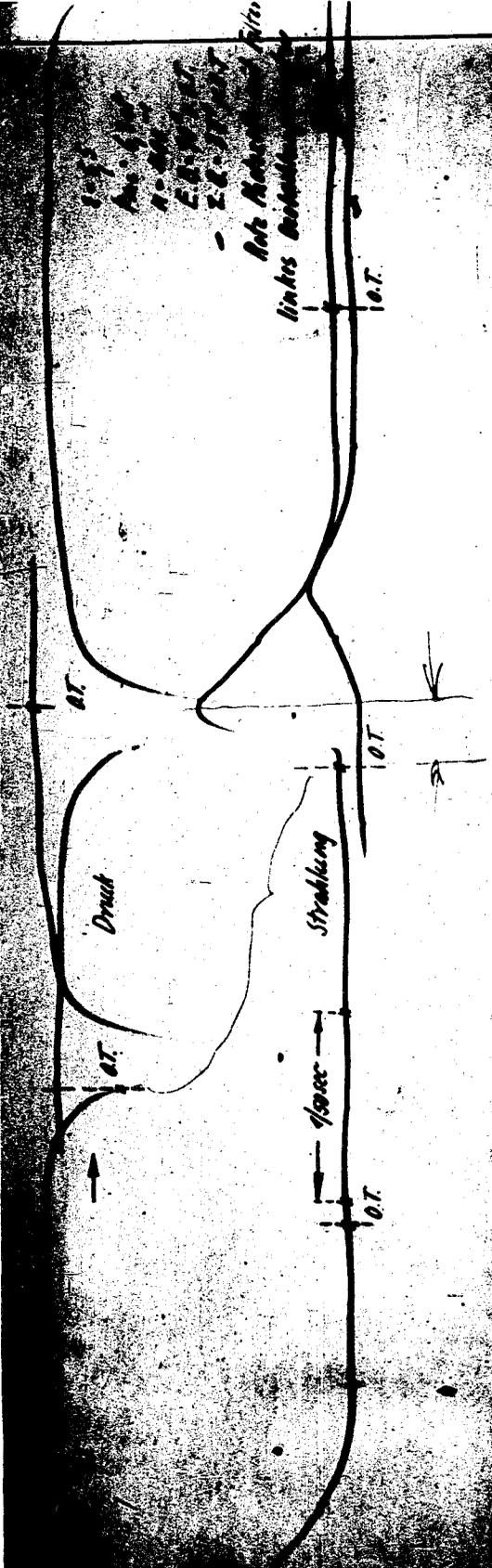
Mit Hilfe der Tafel 1 läßt sich auch der sogenannte Druckversag (Pressure lag) bestimmen. Da die Zündung 10° v.o.T. erfolgte und der erste meßbare Druckanstieg erst in o.T. einsetzte, ergibt sich für $n = 1200/\text{min}$ ein Druckversag von 0,214 sec.

Anlagen: 7 Diagrammtafeln
2 Blatt m. 5 Bildern.

P. H. H.
W. H. H.

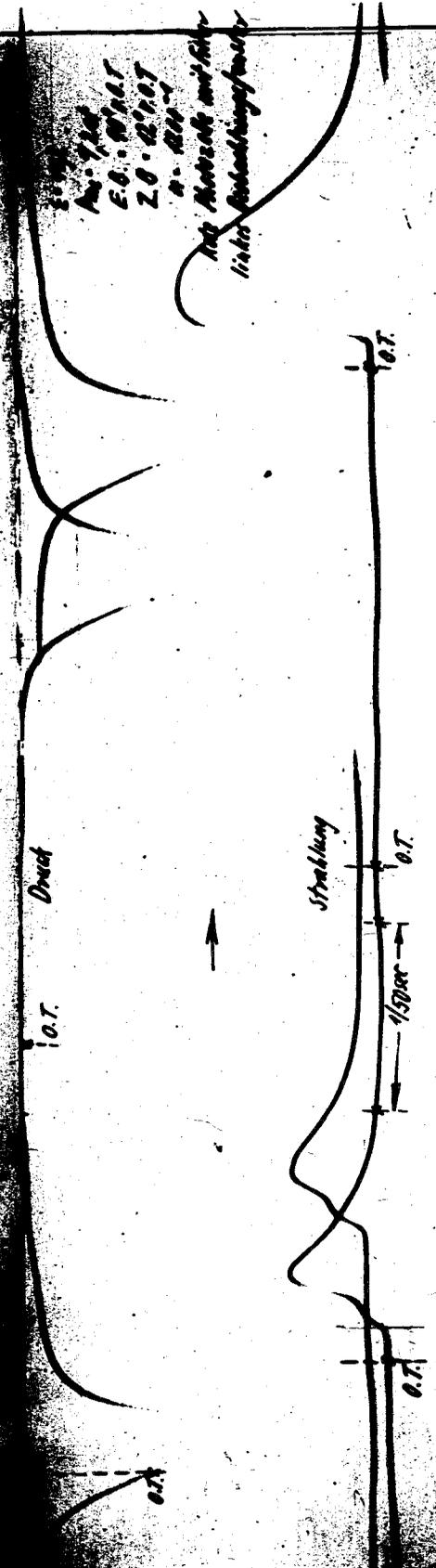


TAFEL 1.



1.5.1907
 An. 1.10.
 n. 100.
 E.B. 1.10.
 - 2.8. 1.10.

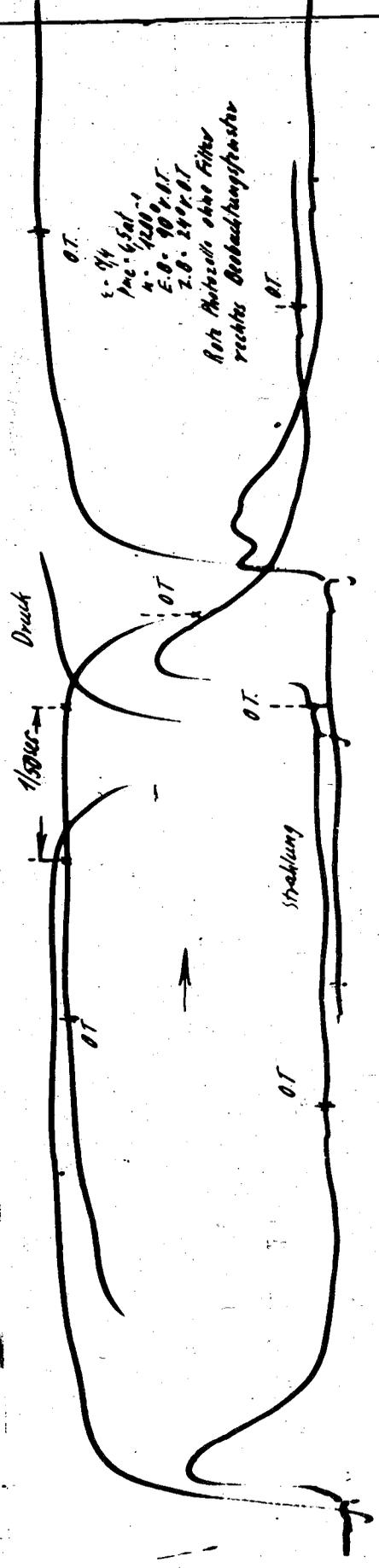
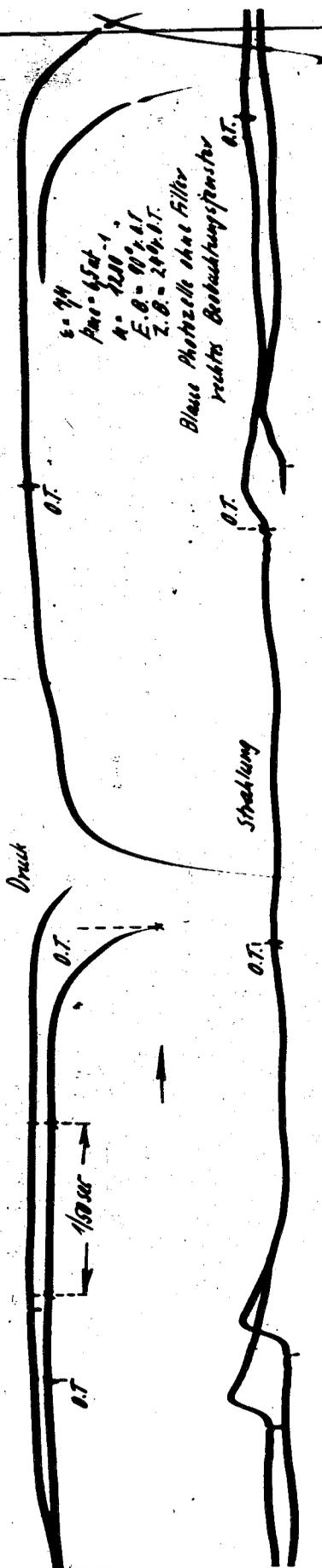
Rechts Anstrich mit Silber
 linkes Beschichtungsfarbe



1.5.1907
 An. 1.10.
 E.B. 1.10.
 Z.B. 1.10.
 n. 100.

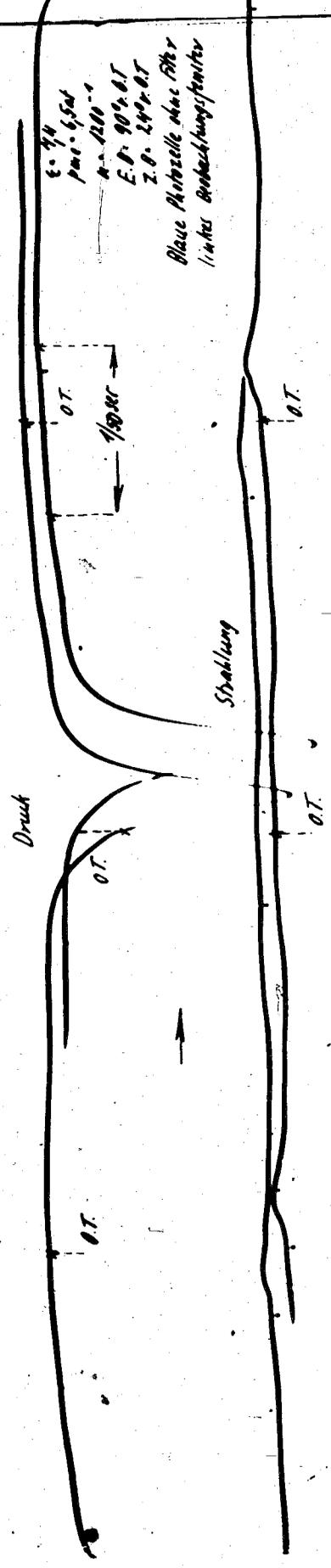
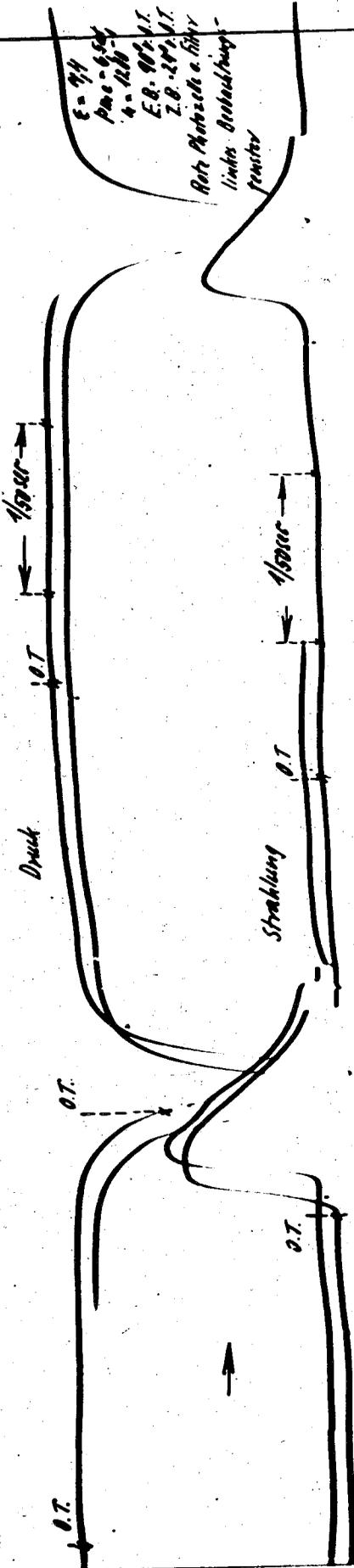
Rechts Anstrich mit Silber
 linkes Beschichtungsfarbe

TAFEL 3

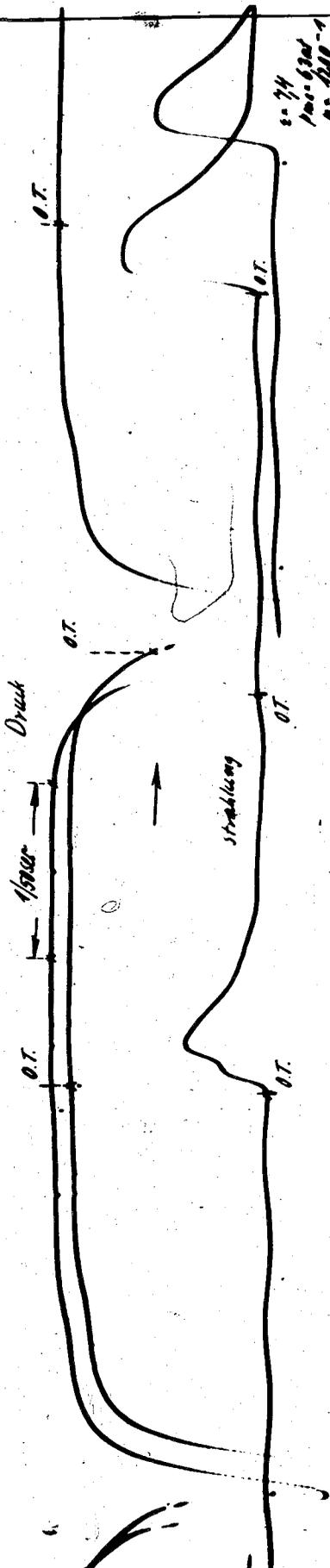


TAFEL 3

29004

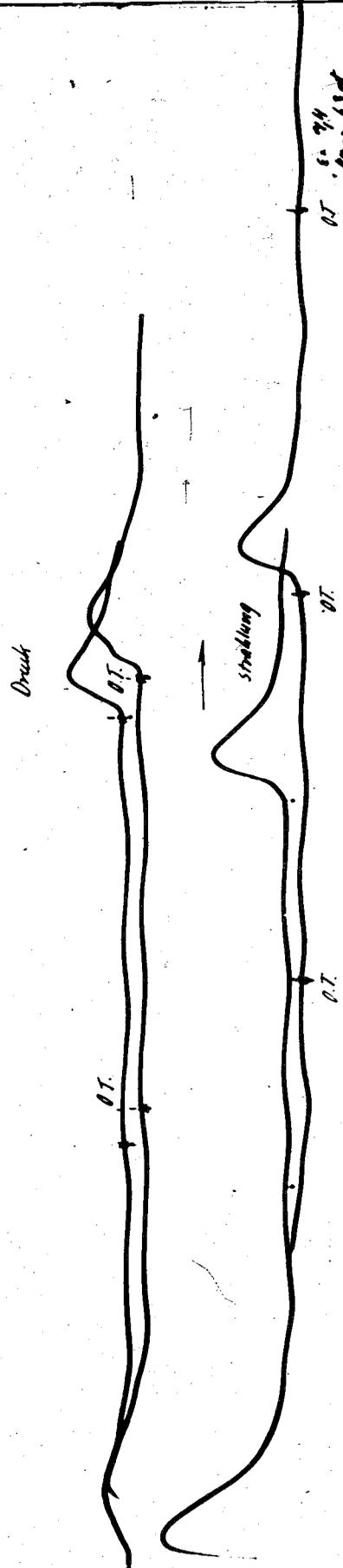


TAFEL 4



$s = 74$
 $p_{max} = 6300 \text{ - } 1$
 $n = 1200 \text{ - } 1$
 $E.B. = 90^\circ \text{ O.T.}$
 $Z.B. = 23^\circ \text{ O.T.}$

Rote Holzzeile mit Glas
 Filter rechts Beobachtungs-
 gerät



$s = 74$
 $p_{max} = 6300 \text{ - } 1$
 $n = 1200 \text{ - } 1$
 $E.B. = 90^\circ \text{ O.T.}$
 $Z.B. = 23^\circ \text{ O.T.}$

Rote Holzzeile, rochtes
 Beobachtungsgerät, mit Grün-
 und Rotfilter

TAFEL 5

Technischer Projektentwurf

29006

5. 74
fmc. 6. Kat
4. 1200⁻¹
E.B. - 90° O.T.
Z.B. - 23° O.T.

Rote Photocelle
mit Graufilter
links Beobachtungs-
fenster

Druck →

O.T. ↓

O.T. ↓

5. 74
fmc. 6. Kat
4. 1200⁻¹
E.B. - 90° O.T.
Z.B. - 23° O.T.

Rote Photocelle
mit Graufilter
rechts Beobachtungsfenster

Strahlung →

O.T. →

TAFEL 6

Technischer Prüfstand

Strahlung

0.T.

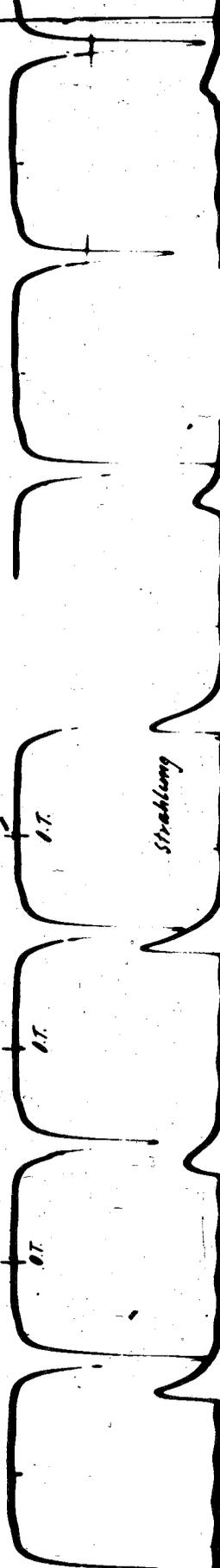


2. 74
 pnc-64at-1
 n. 1200
 E.O. - 99% O.T.
 Z.B. - 20% O.T.

Rote Photozelle mit Graufilter
 rechts Beobachtungsfenster



Druck



Strahlung

2. 74
 pnc-64at-1
 n. 1200
 E.O. - 99% O.T.
 Z.B. - 20% O.T.

Rote Photozelle mit Graufilter
 rechts Beobachtungsfenster



TAFEL 7

29008

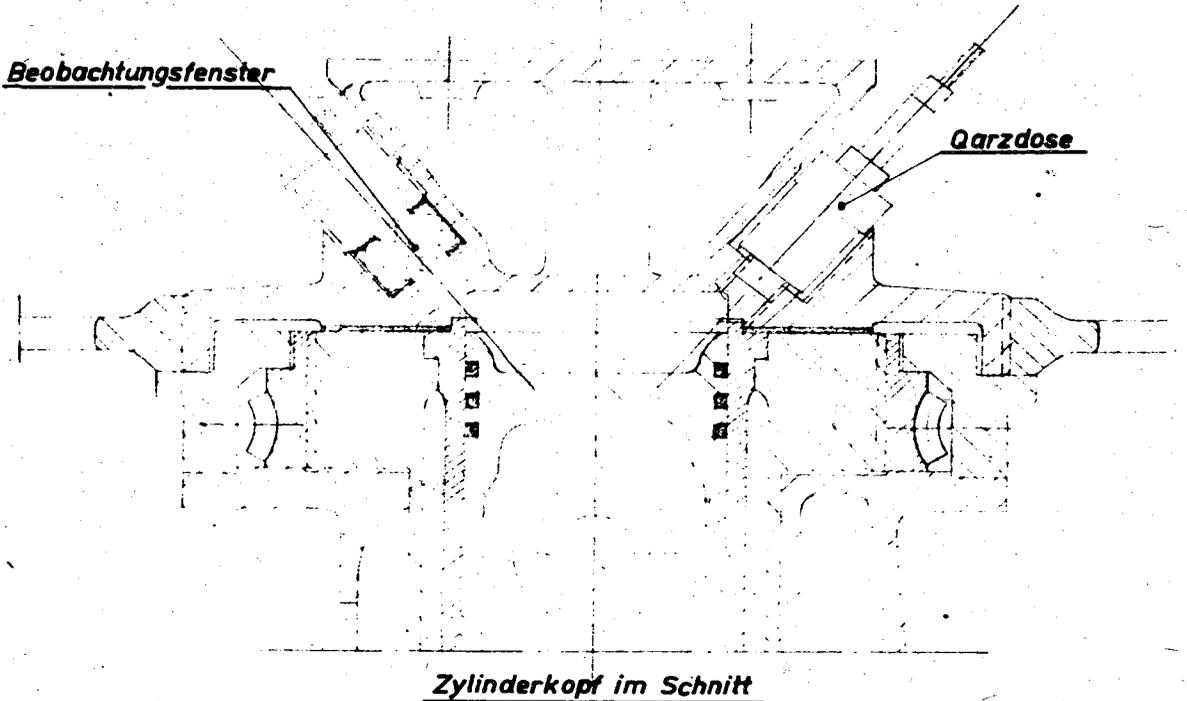


Bild 1

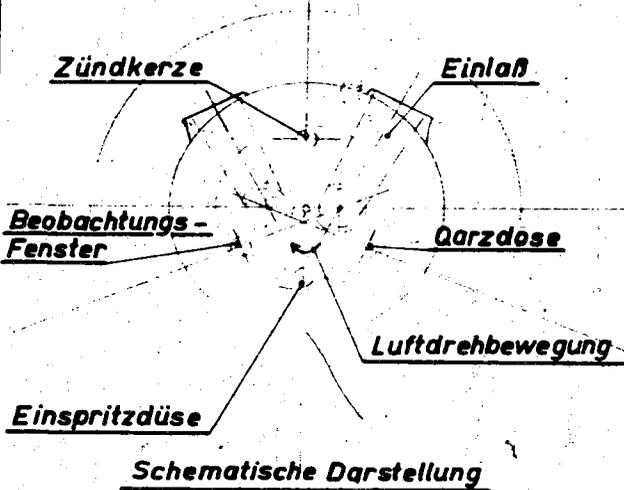
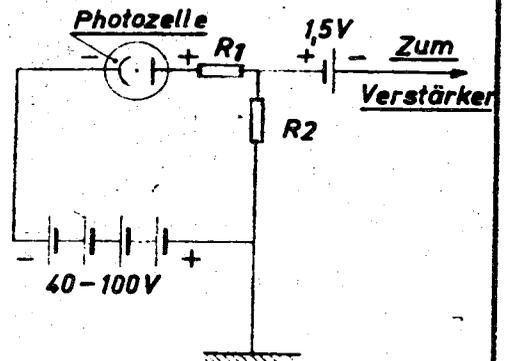


Bild 2

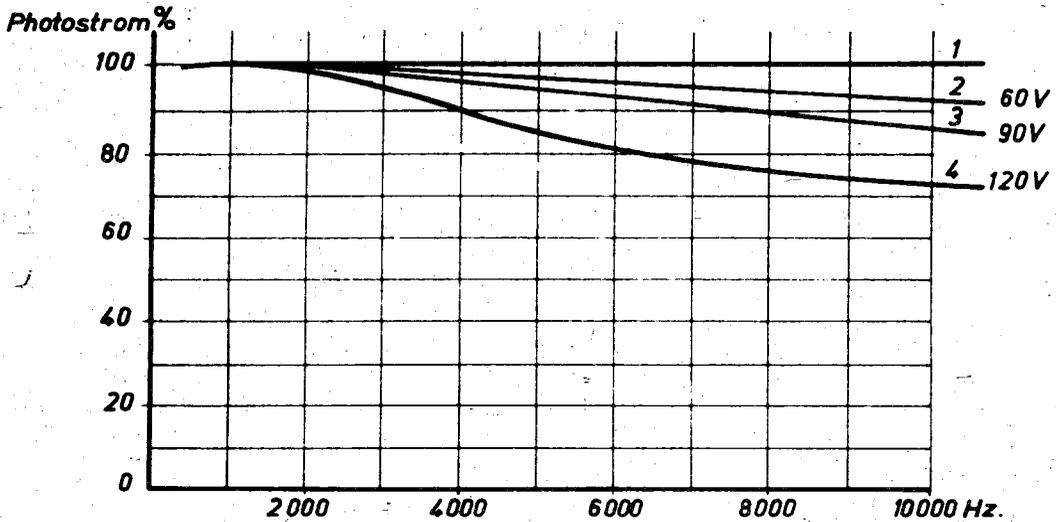


Schaltbild

29009

Bild 3

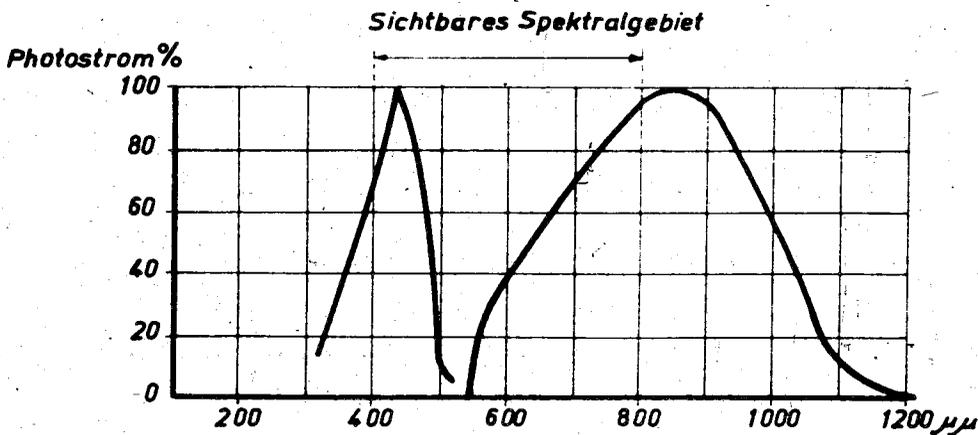
TPrS 287



1 - Vakuumpzellen
2-4 - Gasgefüllte Photozellen

Photostrom als Funktion der Intensitätswechsel/sek. des auffallenden Lichtes.

Bild 4



Photostrom als Funktion der Wellenlänge des auffallenden Lichtes.

Bild 5

29010

TPrS 283